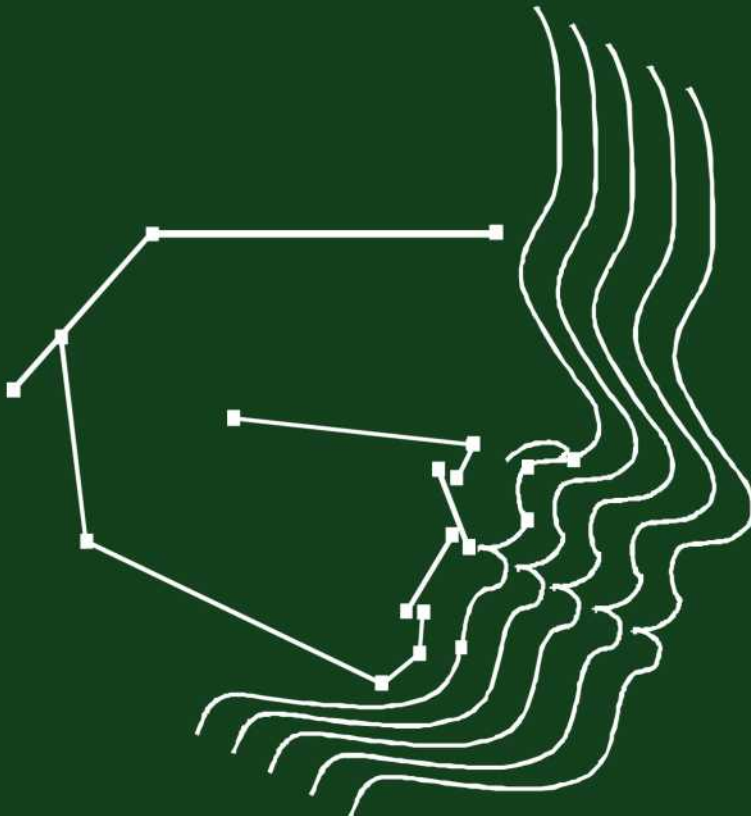


**Dietmar Segner
Asbjørn Hasund**

Individualisierte Kephalometrie

4. Auflage



DIETMAR SEGNER
ASBJØRN HASUND

Individualisierte Kephhalometrie

Hamburg

2003

Individualisierte Kephalmetrie

4., unveränderte Auflage

Copyright ©2003 Dietmar Segner, Verlag und Vertrieb,
Herwigredder 110c, D-22559 Hamburg
info@segner-online.de

Druck:

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten.
Reproduktion durch Fotokopie oder ein anderes Verfahren -auch auszugsweise- ist ohne Erlaubnis der
Herausgeber nicht statthaft.

ISBN 3-9802709-4-7

INHALTSVERZEICHNIS

A. Einleitung	5
B. Technischer Teil	7
1. Röntgenaufnahmetechnik	7
2. Verwendete Referenzpunkte	13
3. Referenzlinien	25
4. Durchzeichentechnik	28
5. Manuelle Messung der Strecken und Winkel	33
6. Computerunterstützte Messung	39
7. Kontrolle von Meßfehlern	42
C. Klinische Aussage der Variablen	47
D. Der Begriff „Norm“	67
1. Beurteilung von Meßgrößen	67
2. Harmoniebegriff	68
3. Gesichtstyp und Harmonie	72
4. Das Harmonieschema	82
5. Basale kephalometrische Normen	84
6. Dentale kephalometrische Normen	90
7. Weichteil-Normen	96
E. Wachstum	98
1. Zeitpunkt	98
2. Richtung	104
3. Überlagerung von Fernröntgenaufnahmen	108
4. Prognose der Veränderung von kephalometrischen Werten	109
F. Klinische Relevanz der Analyse	112
1. Klassifikation des Gesichtstyps	112
2. Basaler Trend der Anomalie	113
3. Einfluß des Wachstums	118
4. Kephalmetrie der Weichteile	121
5. Kephalmetrie der Zahnstellung	123
G. Klinische Beispiele, Behandlungsansätze und -ergebnisse	126
1. Angle-Klasse II ₁	126
2. Angle-Klasse II ₂	133
3. Angle-Klasse I, erwachsener Patient	139
4. Angle-Klasse III	144
H. Literatur	151
I. Index	153

A. Einleitung

Kephalometrische Analysen gibt es sehr viele, man könnte fast sagen „wie Sand am Meer“. Jede hat ihre Eigenarten, auch wenn es bei der großen Zahl von Analysen selbstverständlich ist, daß viele Analysen in Teilen deckungsgleich sind. Der großen Zahl der beschriebenen Analysen steht nur eine begrenzte Anzahl von am Fernröntgenbild sinnvoll meßbaren Strecken gegenüber.

Ziel dieses Buches kann deshalb nicht sein, eine völlig neue, völlig andere Analyse zu beschreiben. Es wird auch nicht der Anspruch erhoben, daß sie die einzig richtige oder gar die beste sei. Derartige Aussagen wären unangemessen, da eine Analyse nur ein Hilfsmittel für den Behandler darstellt. Es hängt viel davon ab, daß der jeweilige Behandler mit einer Analyse vertraut ist und weiß, was er von ihr erwarten kann - und was nicht. Mit entsprechend großer klinischer Erfahrung kann ein Behandler vermutlich auch mit einem Minimum an Meßwerten und einer wenig leistungsfähigen Analyse gute Behandlungsplanungen und -ergebnisse erzielen. Im folgenden wird eine Analyse beschrieben, die aufgrund der Betonung der Individualität gewisse Vorteile gegenüber vielen anderen Analysen bietet.

Wichtiger erscheint in diesem Zusammenhang, daß der kieferorthopädische Behandler besonders in den ersten Jahren seiner Tätigkeit ein Werkzeug in die Hand bekommt, das ihm erlaubt, die im Fernröntgenbild enthaltenen Informationen möglichst optimal und effizient zu nutzen. Erst recht wird auch der erfahrene Behandler nicht auf dieses Werkzeug verzichten; vielmehr wird er es als Basis für seine -der Grundanalyse gegenüber- in Details verfeinerte Behandlungsplanung nutzen.

Weiter erscheint wichtig, daß die kephalometrische Analyse die Möglichkeiten und Grenzen der kieferorthopädischen Therapie deutlich macht. Diese Einschränkungen ergeben sich einerseits im Grenzbereich zur orthognathischen Chirurgie, andererseits in der Abgrenzung, ob ein Fall von einem nur teilweise kieferorthopädisch tätigen Behandler begonnen werden sollte oder besser an den Spezialisten überwiesen werden muß. Diese Grenzen ergeben sich vor allem durch die Morphologie des Gesichtsschädels und können folglich nur durch eine entsprechende kephalometrische Analyse erkannt werden.

Auch dem nicht kieferorthopädisch tätigen Zahnarzt können die dargestellten Prinzipien der kephalometrischen Analyse nicht nur bei seiner Aufgabe als „Ersterkenner“ einer Anomalie, sondern auch bei seiner rein zahnärztlichen Tätigkeit helfen. Dies gilt sowohl bei größeren Veränderungen der Okklusalfächen als auch beim totalen Zahnersatz. Zunehmend wird von Seiten der Prothetik neben der gelenkbezüglichen Registrierung der Unterkieferbewegungen auch auf das Fernröntgenbild als diagnostische Grundlage zurückgegriffen.

Die vorliegende kephalometrische Analyse unterscheidet sich von vielen anderen dadurch, daß sie der Individualität jedes Patienten einen besonderen Stellenwert einräumt. Bewußt wird von Bevölkerungsmittelwerten Abstand genommen, denn es kann nicht Ziel einer kieferorthopädischen Therapie sein, jeden Patienten auf einen Durchschnitts-“Norm“-menschen hin zu behandeln.

Entsprechende Gedankengänge wurden schon von A. M. Schwarz in seinem Lehrgang der Gebißregelung geäußert. Er unterschied deutlich zwischen dem „Durchschnitts-(Mittel-)Wert“ und dem „Norm“-Wert. Er schreibt auch: „An oberster Stelle

steht hier das Gebot, die Besonderheiten der Entstellung nach der Richtung möglichster Unauffälligkeit abzuschwächen. Das erreicht man häufig - aber bei weitem nicht immer! - durch Annäherung der verbildeten Kiefer an ihre Durchschnittslagerung.“ Daraus geht hervor, daß er bereits vor über 50 Jahren erkannte, daß man spezielle Normen für den jeweiligen Einzelfall anwenden muß. Leider hat es sich als nicht ganz einfach herausgestellt, diese Normen für den Einzelfall aufzustellen. Es wurde deshalb -auch im Zusammenhang mit einer Fülle von Mittelwertstudien- meist nur ein Vergleich mit den Bevölkerungsdurchschnittswerten durchgeführt.

Das vorliegende Buch zeigt jedoch, wie sich durch Anwendung einfacher mathematisch-statistischer Verfahren sowohl diagnostische Aussagen treffen als auch Behandlungsplanungen erstellen lassen, die trotz -oder gerade wegen- Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten des Patienten deutliche Aussagen machen können. Die Wichtigkeit der Individualisierung von kephalometrischen Normen wird von uns so hoch eingeschätzt, daß wir dieser Tatsache bei der Wahl des Titels deutlich Ausdruck verliehen haben.

Ein weiteres Merkmal der vorgestellten Analyse ist die Einfachheit und Nachvollziehbarkeit der Variablen und Methoden. Es werden nur gängige und leicht meßbare Variablen verwendet, deren Aussage und Bedeutung auf Anhieb erkennbar sind. Auf

komplizierte Konstruktionen bei der Definition von Referenzpunkten sowie auf unstabile Referenzlinien wurde bewußt verzichtet. Die Analyse hat sich damit in der Praxis sowohl bei computerunterstützter Anwendung, als auch bei rein manueller Anwendung als klar und einfach durchzuführendes Verfahren erwiesen, dessen Ergebnisse klinisch verwertbare Aussagen liefert.

Alle Aussagen und individualisierte Behandlungsnormen basieren auf wissenschaftlichen Untersuchungen an Mittel- und Nordeuropäern. Dabei ist Grundprinzip, zunächst zu beobachten, wie es der Natur ohne Zutun eines Kieferorthopäden gelingt, trotz individueller Variationen in der Gesichtsmorphologie gute und sogar perfekte Okklusionen einzustellen. Aus den Prinzipien, die dabei zu Tage treten, werden dann diagnostische Normen und Konzepte für die Behandlungsplanung abgeleitet.

Nach einem Überblick über die technischen Gegebenheiten bei der Erstellung von Fernröntgenbildern werden zunächst die verwendeten Referenzpunkte definiert und beschrieben. Es folgt die Beschreibung der Variablen, wie sie gemessen werden und welche klinische Aussage sie haben. Schließlich werden die Beurteilung der gemessenen Werte und die Individualisierung von Normen ausführlich diskutiert. Das Wachstum -soweit es für die kephalometrische Analyse wichtig ist- wird abgehandelt. Zuletzt werden die dargestellten Prinzipien anhand einiger Beispiele aus der Klinik erörtert.

B. Technischer Teil

1. Röntgenaufnahmetechnik

Grundlage jeder kephalometrischen Analyse ist ein Fernröntgenseitenbild. Da die Röntgenbilder metrisch ausgewertet werden und die gemessenen Werte direkt die Art der Behandlung beeinflussen werden, müssen Aufnahmen für kephalometrische Analysen neben den üblichen Qualitätsanforderungen wie unter anderem gute Erkennbarkeit der Strukturen nur minimale geometrische Abbildungsfehler und gute Wiederholgenauigkeit aufweisen. Eine Behandlungsplanung auf der Grundlage eines Fernröntgenseitenbildes läßt sich nur durchführen, wenn eine zweite, zum selben Zeitpunkt erstellte Aufnahme zur gleichen Diagnose und damit zum gleichen Therapiekonzept führen würde.

Aufbau

Eine Fernröntgenanlage besteht aus dem eigentlichen Röntgenapparat, der Kopf-



Abb. 1 Kopf- und Filmhalterung einer Fernröntgenanlage

halterung und der Filmhalterung (siehe auch Abb. 1). Diese drei Teile sind fest miteinander verbunden, damit bei jeder Aufnahme definierte und reproduzierbare Verhältnisse herrschen. Der Röntgenapparat besteht aus einer Röntgenröhre ausreichender Leistung mit einer speziellen Blende, die auf die Größe der Filmkassette eingestellt ist. Die Kopfhalterung besteht aus zwei in ihrem Abstand zueinander veränderlichen Streben, die an ihrem unteren Ende je einen einander zugewendeten Konus (Ohroliven) haben. Diese Ohroliven werden vorsichtig in die äußeren Gehörgänge des Patienten eingeführt, wobei der Abstand zwischen den Streben langsam verringert wird, bis der Kopf des Patienten soweit fixiert ist, daß er nur noch Nickbewegungen um eine Achse durch die Gehörgänge durchführen kann. Die Halterung für die Filmkassette ist nahe der Kopfhalterung angebracht und zwar so, daß die Filmebene exakt senkrecht zur Längsachse der Anlage angeordnet ist.

Es gibt prinzipiell die Möglichkeiten, den Patienten im Sitzen oder im Stehen zu röntgen. Die stehende Methode hat den Vorteil, daß der Patient in seiner natürlichen Kopfhaltung (Flexion des Halses) geröntgt werden kann. Die Anlage muß der Größe des Patienten angepaßt werden können, daher muß entweder die Anlage selbst oder der Stuhl, beziehungsweise das Podest auf dem der Patient steht, in der Höhe verstellbar sein. Erfolgt die Einstellung nicht unter Beachtung der natürlichen Kopfhaltung, so wird der Patient meist entsprechend der Frankfurter Horizontalen orientiert.

Die exakte Ausrichtung der Anlage und damit auch die des Patienten muß regelmäßig kontrolliert werden. Einerseits können sich die Streben der Kopfhalterung durch zu große Krafteinwirkung verformen, andererseits kann die Kopfhalterung Spiel haben. Meist ist es

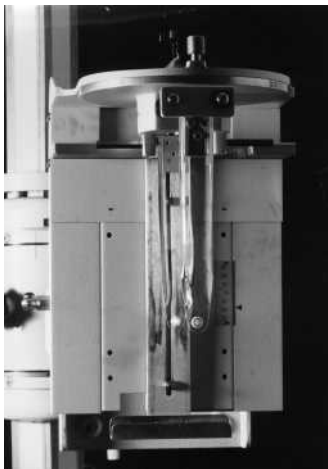


Abb. 2 Falsche Position der Ohröhlen führt zwangsläufig zu unerwünschten Doppelkonturen bei der Aufnahme

möglich, die Kopfhalterung um 90° zu drehen, um auch antero-posteriore Aufnahmen machen zu können. Wenn die Arretierungsschraube nicht fest angezogen ist, können die Streben der Kopfhalterung vom Patienten im Millimeterbereich hin- und herbewegt werden. Sowohl Spiel als auch Verformung führen dazu, daß die Ohröhlen von der Röntgenröhre aus gesehen vertikal und/oder horizontal nicht in Deckung sind (Abb. 2). Dieser Fehler zeigt sich auch auf den Aufnahmen, da die Ohröhlen sich auf dem Film abzeichnen. Wenn die Ohröhlen sich nicht aufeinander projizieren, ist die Anlage nicht exakt ausgerichtet und bedarf der Justierung.

Geometrische Abbildungsfehler

Bei jeder Röntgenaufnahme sind geometrische Abbildungsfehler immanent, lediglich ihre Größe läßt sich beeinflussen. Die wichtigsten Abbildungsfehler sind

1. Vergrößerung und Entstehung von Doppelkonturen durch die Divergenz der Röntgenstrahlen
2. Unschärfe

Die an der Anode der Röntgenröhre entstehende Strahlung verläßt die Röntgenröhre radial. Ein Großteil dieser Strahlung wird durch die Blende ausgeblendet, nur der gewünschte Bereich von Kopf und Hals wird von den Röntgenstrahlen erreicht. Da die Strahlen sich von der etwa 1 x 1 cm großen Anode auf den 18 x 24 cm großen Film ausbreiten, müssen die Strahlen, die die Randbereiche des Filmes erreichen, divergent sein. Einzig der Zentralstrahl, der von der Anode bis zum Film parallel zur Achse der Röntgenanlage verläuft, trifft den Kopf des Patienten und auch den Film senkrecht. Die Divergenz der Strahlen führt nicht nur dazu, daß alle Partien des Kopfes, die nicht vom Zentralstrahl getroffen werden, nicht exakt von lateral getroffen werden, sondern auch dazu, daß das Abbild auf dem Film gegenüber dem Original vergrößert erscheint. Die Vergrößerung an sich stellt dabei nicht das wesentliche Problem dar, vielmehr die Tatsache, daß die filmfernen Teile des Kopfes mit einem größeren Vergrößerungsfaktor abgebildet werden als die filmnahen.

Es läßt sich leicht zeigen, daß die Divergenz der Strahlen, die den Rand des in der Größe vorgegebenen Röntgenfilms erreichen, um so geringer ist, je weiter der Röntgenstrahler vom Kopf des Patienten entfernt ist. Die Vergrößerung ergibt sich aus

$$V = \frac{1}{d - d_1}$$

wobei V der Vergrößerungsfaktor, d der Abstand der Filmkassette von der Röntgenröhre und d_1 der Abstand des abzubildenden Punktes von der Filmkassette ist (Abb. 3). Um den prozentualen Vergrößerungsfaktor zu erhalten, muß V mit 100 multipliziert werden. Für größere Abstände d ist d_1 praktisch vernachlässigbar klein, so daß der Vergrößerungsfaktor dann

nahezu umgekehrt proportional zum Abstand zwischen Film und Röhre ist. Zwei Beispiele aus der Praxis mit gängigen Fokus-Film-Abständen verdeutlichen dies:

Fokus-Film-Abstand	4.00 m	1.70 m
Kopfmittle - Film	0.20 m	0.20 m
Vergrößerungsfaktor	5.26 %	13.3 %

Aus technischen und praktischen Gründen läßt sich der Fokus-Film-Abstand nicht beliebig vergrößern, so daß für Praxen ein Abstand von etwa 1.70 m üblich ist, während viele Kliniken Abstände von etwa 4.00 m verwenden.

Wie oben schon beschrieben, ist nicht der Vergrößerungsfaktor an sich problematisch, sondern vielmehr die Differenz zwischen dem Vergrößerungsfaktor für die linke und die rechte Gesichtshälfte. Ein allgemeiner Vergrößerungsfaktor macht sich nur bei Streckenmessungen bemerkbar und kann dann leicht rechnerisch eliminiert werden. Die Differenz zwischen den Vergrößerungsfaktoren zwischen rechter und linker Ge-

Tab. 1 Differenz zwischen dem Vergrößerungsfaktor für rechte und linke Gesichtshälfte in Abhängigkeit vom Fokus-Film-Abstand. Viele in der Praxis verwendete Geräte haben einen Fokus-Film-Abstand von 1.70 m oder etwas weniger.

Vergrößerungsfaktoren		
Abstand Kopfmittle-Film: 12 cm		
Fokus-Film Abstand	1.70 m	4.00 m
Medianebene	7.6%	3.1%
filmmnah	3.7%	1.5%
filmfern	11.8%	4.7%
Differenz	8.1%	3.2%

sichtshälfte führt dagegen zu Doppelprojektionen und Ungenauigkeiten bei Punkten, die erst durch die Übereinanderprojektion verschiedener Strukturen entstehen. Diese Differenzen sinken ebenfalls mit steigendem Fokus-Film-Abstand, wie aus Tabelle 1 zu erkennen ist.

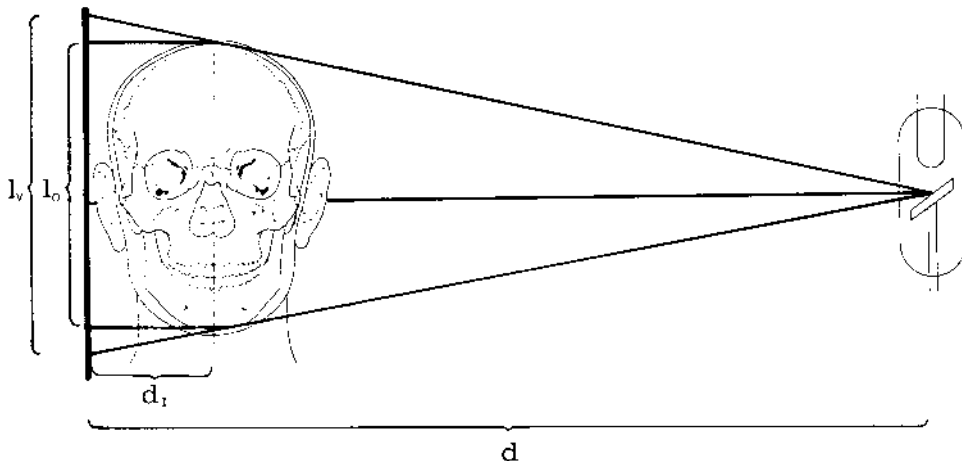


Abb. 3 Vergrößerungseffekt bei der Fernröntgenaufnahme durch Divergenz der Strahlen. V stellt den Vergrößerungsfaktor, d den Fokus-Film-Abstand und d_1 den Abstand Objekt-Film dar.

Eine gewisse Unschärfe ergibt sich aus der Tatsache, daß die Anode nicht punktförmig ist, sondern eine Fläche von 50 mm² bis 100 mm² hat. Auch hierbei ist ein großer Fokus-Film-Abstand vorteilhaft. Da jedoch die notwendige Strahlungsleistung mit dem Quadrat des Fokus-Film-Abstandes zunimmt und die Leistung einer Röntgenröhre unter anderem durch die Fläche der Anode begrenzt ist, würde ein zu großer Abstand zu sehr langen Belichtungszeiten und damit zu Bewegungsunschärfen führen. Weiterhin erfordern Röntgenstrahler mit großer Leistung einen großen apparativen Aufwand, so daß in der praktischen Anwendung der Fokus-Film-Abstand meist auf 1.70 m bzw. 4.00 m begrenzt bleibt.

Empfindlichkeit des Filmmaterials

Besondere Anforderungen werden an die Abstimmung von Filmmaterial, Filtern und Strahlungsdosis gestellt. Die Strukturen, die im Fernröntgenbild aufgesucht und auf Bruchteile eines Millimeters genau vermessen werden müssen, erfordern eine sehr feine Darstellung, so daß die üblichen Kassetten mit hochwirksamer Verstärkerfolie ein zu grobes Korn ergeben würden. Es werden deshalb mit Rücksicht auf die Feinkörnigkeit des Röntgenbildes weniger wirksame, aber feinere Verstärkerfolien verwendet.

Im Bereich des Kopfes sollen für kephalometrische Zwecke Strukturen stark unterschiedlicher Röntgendichte dargestellt werden. Der Bereich Basion und Condylen ist meist von den Keilbeinen überlagert und sehr röntgendicht. Gleiches gilt für den Bereich der Zähne. Dagegen stellt sich der Bereich der Spina nasalis anterior als recht wenig röntgendicht dar. Es ist deshalb wichtig, daß der Film relativ kontrastarm („weich“) ist, um all diese Strukturen deutlich darzustellen.



Abb. 4 Darstellung der Weichteile auf Fernröntgenbildern durch röntgendichte Salbe (oben) und Weichteilfilter (unten).

Weiterhin sind für die Zwecke der kephalometrischen Auswertung nicht nur die knöchernen Strukturen von Interesse, sondern auch die Weichteile in der Mediansagittalebene, das Weichteilprofil. Eine Strahlenintensität, die die klare Darstellung der Strukturen in der Region der Schädelbasis erlaubt, wird selbst bei einem kontrastarmen Film praktisch keine Darstellung des Weichteilprofils erlauben.

Es gibt nun zwei Möglichkeiten, auch die Weichteile zur Darstellung zu bringen. Einerseits können die Weichteile durch Auftragen einer röntgendichteren Masse (Zinksalbe) zur Darstellung gebracht werden (Abb. 4, oben). Zum anderen können die Weichteile durch einen Filter, der nur den Bereich des Weichteilprofils abdeckt, abgebildet werden (Abb. 4, unten). Es ist vorteilhaft, wenn dieser Weichteilfilter nicht einfach einen vertikalen Streifen abdeckt, sondern dem typischen Verlauf des Profils angepaßt ist. Die Abstimmung der Lage des Filters ist wichtig, da im Bereich der Lippen das Weichteilprofil und die Inzisivi recht nahe beieinander liegen. Während die Lippen als Weichteile zur Darstellung eine relativ geringe Strahlungsintensität benötigen, erfordert die deutliche Unterscheidung der Schneidezahnwurzel vom umgebenden Knochen eine wesentlich höhere Dosis.

Einen ähnlichen Weg beschreitet ein Verfahren mit Verstärkerfolien mit variierender Verstärkung. Hier erstreckt sich der Bereich maximaler Verstärkung im posterioren Teil, während im anterioren Bereich geringere Verstärkungswerte benutzt werden. Der Vorteil dieses Verfahrens ist der kontinuierliche Übergang von maximaler zu geringer Verstärkung. Es zeichnen sich so im Röntgenbild keine Ränder von Filtern ab, die zu Fehlinterpretationen führen könnten.

Einstellung des Patienten

Die Position des Unterkiefers kann sowohl vom Bediener der Röntgenanlage als auch vom Patienten selbst verändert werden, was bei der kephalometrischen Auswertung zu völlig unbrauchbaren Ergebnissen führen kann. Um erneute Aufnahmen oder falsche Auswertungen zu vermeiden, muß vor der Röntgenaufnahme die Bißlage des



Abb. 5 Fernröntgenbild eines Patienten, der den Unterkiefer unbemerkt bei der Aufnahme vorgeschoben hat. Rechts derselbe Patient mit Wachsbiß in retraler Position bei der Aufnahme.

Patienten genau kontrolliert werden. In der Regel soll der Patient in der retrahierten, ohne Zwang erreichbaren Unterkieferposition geröntgt werden. Besonders Patienten mit einer ausgeprägten Unterkieferrücklage oder mit einem Zwangsbiß (besonders bei anterioren Kreuzbissen und ausgeprägten Asymmetrien) neigen dazu, den Unterkiefer ungewollt und unbemerkt in eine andere als diese korrekte Position gleiten zu lassen (Abb. 5). Leicht kommt es in solchen Fällen zu völlig irreführenden Ergebnissen der Analyse und folglich zu falschen Behandlungsplanungen. In derartigen Fällen ist es im allgemeinen sinnvoll, vor der Röntgenaufnahme einen Wachsbiss in der korrekten Position zu erstellen und diesen dann kurz vor der Aufnahme einzusetzen.

Es versteht sich von selbst, daß den Anforderungen des Strahlenschutzes entsprochen wird. Besonders bei Erstberatungen kann es öfters vorkommen, daß bereits aktuelle Aufnahmen des Patienten von anderer Seite erstellt wurden.

Eine qualitativ hochwertige kieferorthopädische Behandlung erfordert sowohl eine genaue Diagnostik als auch eine fortlaufende Kontrolle des Behandlungsverlaufs unter Einschluß mehrerer Röntgenaufnahmen. Diese fortlaufende Erstellung von Röntgenunterlagen muß vor, während und nach der Behandlung - also auch in der Retentions- und Überwachungsphase - erfolgen. Auch sollte den erhöhten Anforderungen an die Dokumentationspflicht in Hinblick auf forensische Entwicklungen Rechnung getragen werden.

2. Verwendete Referenzpunkte

Um seitliche Fernröntgenaufnahmen metrisch auswerten zu können und damit Aussagen über Form und Größe des Gesichtsschädels machen zu können, ist es notwendig, eindeutig definierte und reproduzierbare Referenzpunkte zu beschreiben. Die Punkte sollten folgenden Ansprüchen genügen:

- Sie sollten anhand der Definition auch von verschiedenen Behandlern identisch aufgefunden werden können.
- Sie sollen geeignet sein, nach Ziehen von entsprechenden Referenzlinien und Winkel- oder Streckenmessungen die von der kephalometrischen Analyse geforderten Aussagen zu erbringen.
- Sie sollten einen möglichst geringen Fehler beim Auffinden zeigen, beson-

ders in der Richtung, in der der Punkt für Referenzlinien verwendet wird.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Punkte

- leicht und ohne Hilfskonstruktion auffindbar sind.
- in Bezeichnung und Definition allgemein bekannt sind (Erleichterung der Kommunikation).

Für die hier beschriebene kephalometrische Analyse werden 20 Punkte benötigt (Abb. 6). Es handelt sich dabei überwiegend um direkt auf der Kontur der Kieferknochen auffindbare Punkte; lediglich die Punkte tgo und Sp' müssen konstruiert werden. Bei den Punkten UL, WPg, Sn und ctg handelt es sich um Weichteilpunkte.

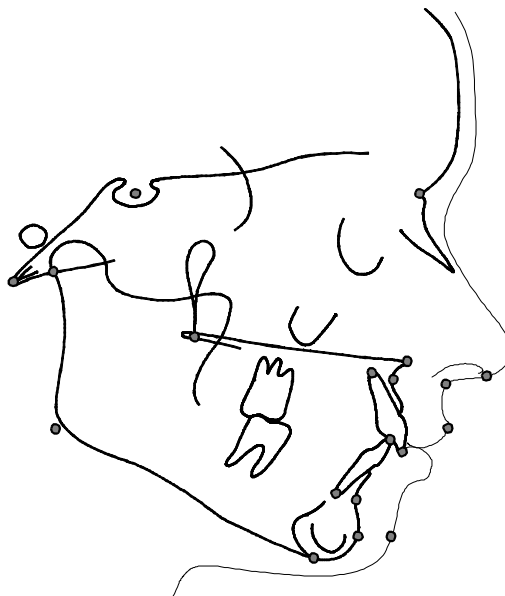


Abb. 6 Verwendete Referenzpunkte

Die Definition der Referenzpunkte im einzelnen:

1. Sella (S)

Der Sella-Punkt ist definiert als das Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica (Abb. 7). Er stellt einen konstruierten Punkt dar, der in der Median-Sagittalebene liegt. Zum Auffinden des Punktes wird der größte Durchmesser der Sella halbiert.

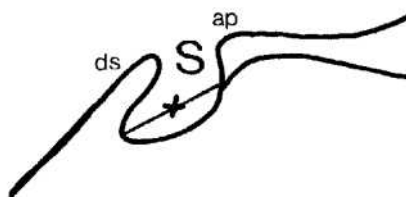
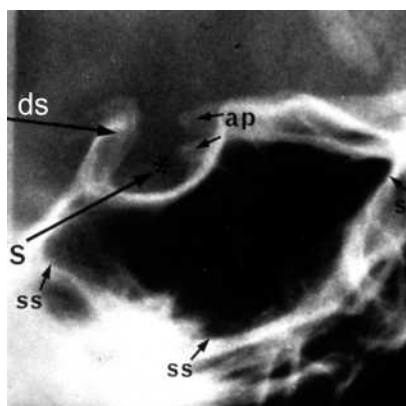


Abb. 7 Umgebung des Sella-Punktes am mazerierten Schädel von seitlich und frontal, Sella im Fernröntgenbild. Konstruktion des Punktes Sella als Halbierung des größten Durchmessers der Sella turcica.

2. Nasion (N)

Das Nasion ist der anteriorste Punkt der Sutura naso-frontalis (Abb. 8). Geht die Sutura nach vorn in eine offene V-Form über, so wird der posteriorste Punkt des V's verwendet. Der Punkt liegt in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 8).

Bei der Überlagerung von zwei in zeitlichem Abstand genommenen Röntgenbildern muß beachtet werden, daß das Nasion aufgrund relativ starker Knochenapposition an der äußeren Knochenfläche in der Glabellagegend während der Pubertät instabil sein kann.

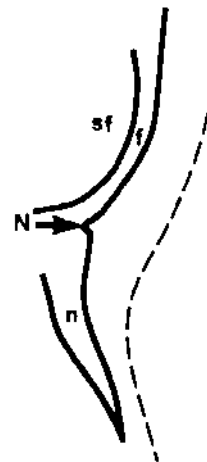
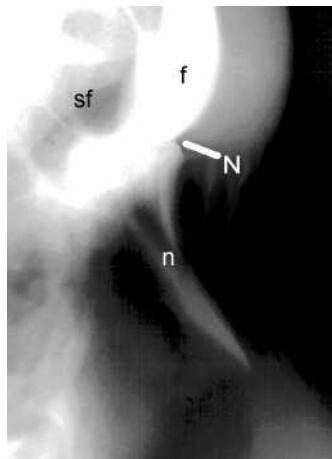
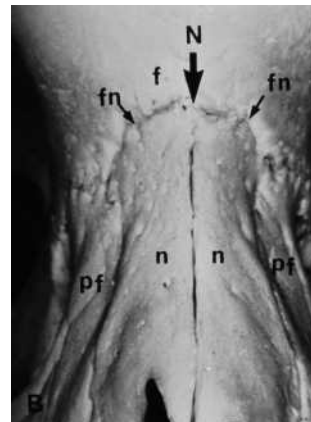
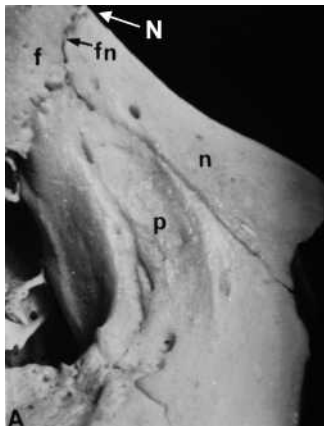


Abb. 8 Nasion und angrenzende Strukturen (f Stirnbein, n Nasenbein, sf Sinus frontalis) am Schädel und im Fernröntgenbild

3. Basion (Ba)

Das Basion ist der am weitesten posterior und kaudal gelegene Punkt des Clivus in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 9) und damit der anteriorste Punkt des Foramen magnum. Häufig wird aufgrund der besseren Lokalisierbarkeit nicht die Außenkortikalis des Clivus verwendet, sondern das dorso-kaudale Ende der Spongiosa des Clivus. Zum Auffinden ist es hilfreich, dem Unterrand der Schädelbasis und vom Dorsum sellae aus dem Clivus zu folgen. Im Bereich des Schnittpunktes befindet sich der Punkt Basion. Da sich häufig wei-

tere Strukturen überlagern, ist das Auffinden des Basions häufig nicht problemlos. Zur Kontrolle sollte beachtet werden, daß der Punkt sich etwa 1 cm kranial des Dens axis (Abb. 9) und etwa 1 cm dorsal des Punktes Artikulare befindet.

Eine häufig zu beobachtende Struktur (X in Abb. 9) stellt nicht das Basion dar, sondern befindet sich links und rechtslateral des Basions im Bereich des Foramen magnum. Diese auch auf dem Fernröntgenbild zu erkennende Struktur sollte nicht mit dem Basion verwechselt werden.

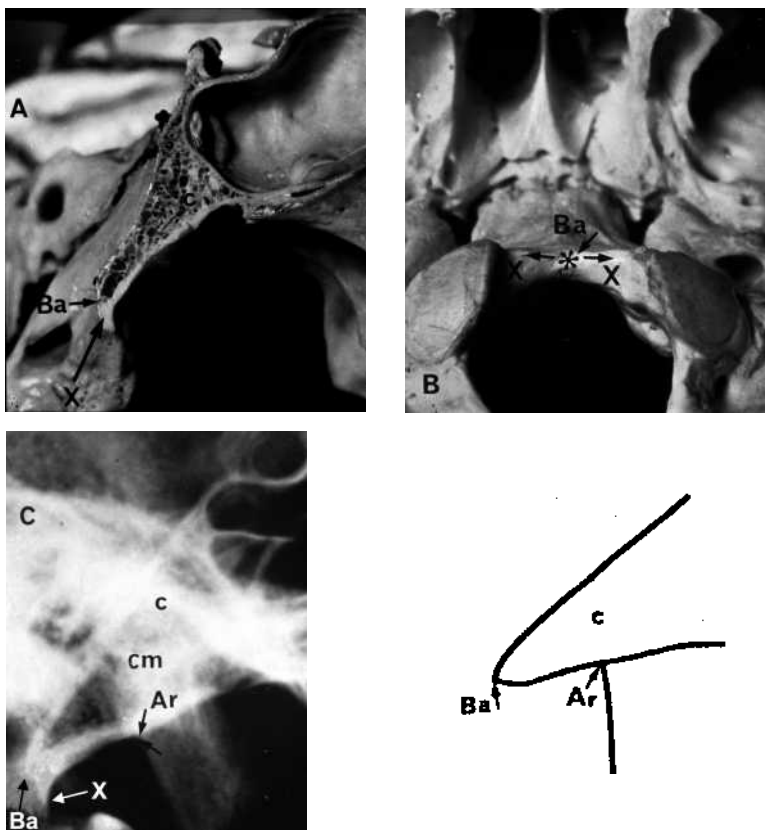


Abb. 9 Basion (Ba) und Artikulare (Ar) mit angrenzenden Strukturen (c Clivus, de Dens axis, de Condylus, cm Collum mandibulae) am Schädel von lateral und kaudal sowie im Fernröntgenbild. Cave: Die Struktur X stellt nicht das Basion dar!

4. Spina nasalis anterior (Sp)

Der Punkt Sp ist der am weitesten anterior gelegene Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior (Abb. 10). Der Punkt liegt in der Median-Sagittal-Ebene. Eine ähnlich aussehende Struktur stellt die knorpelige Fortsetzung der knöchernen Spina dar und sollte nicht mit dem eigentlichen Sp-Punkt verwechselt werden.

5. A-Punkt

Der A-Punkt ist der tiefste Punkt der anterioren Kontur des Oberkiefer-Alveolarfort-

satzes in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 10). Er wird gefunden, indem eine Linie vom Punkt Sp zum Limbus alveolaris gezogen und dann parallel nach dorsal verschoben wird, bis sie zur Tangente mit der konkaven anterioren Kontur des Alveolarfortsatzes wird. Der Tangentenpunkt ist dann der A-Punkt. Als Kontrolle kann dienen, daß die labiale Knochenlamelle über der Wurzel der oberen Inzisivi in der Regel nur 1 bis 2 mm stark ist.

Der A-Punkt entspricht dem anthropologischen Punkt Subspinale (SS). Diese Bezeichnung wird teilweise im amerikanischen und skandinavischen Schrifttum verwendet.

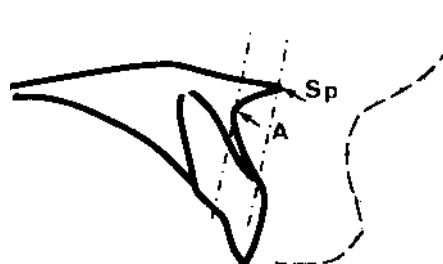
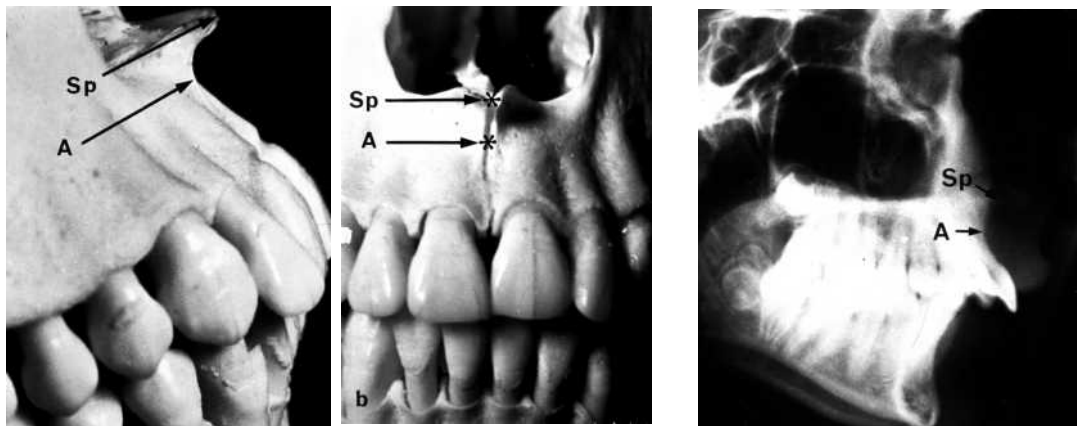


Abb. 10 Vorderer Teil der Maxilla mit Spina nasalis anterior und A-Punkt

6. Pterygomaxillare (Pm)

Der Punkt Pterygomaxillare ist definiert als der im seitlichen Fernröntgenbild erscheinende Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Corpus maxillae mit der Kontur des harten bzw. weichen Gaumens (Abb. 11).

Die dorsale Kontur der Maxilla ist die anteriore Begrenzung der Fossa pterygopalatina, die sich im seitlichen Fernröntgenbild als ampullenförmige Struktur (f in Abb. 11) darstellt. Der Bereich des Punktes Pm ist oft von durchbrechenden Molaren überdeckt werden.

überdeckt, so daß die Konturen entsprechend interpoliert werden müssen. Bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ist dieser Punkt sehr schwer aufzufinden.

Der Punkt Spina nasalis posterior liegt zwar in vertikaler Richtung auf etwa der gleichen Höhe wie Pm, ist jedoch in antero-posteriorer Richtung unabhängig von Pm.

Beachte: Die Kontur des harten Gaumens kann durch einen durchbrechenden Molaren überdeckt werden.

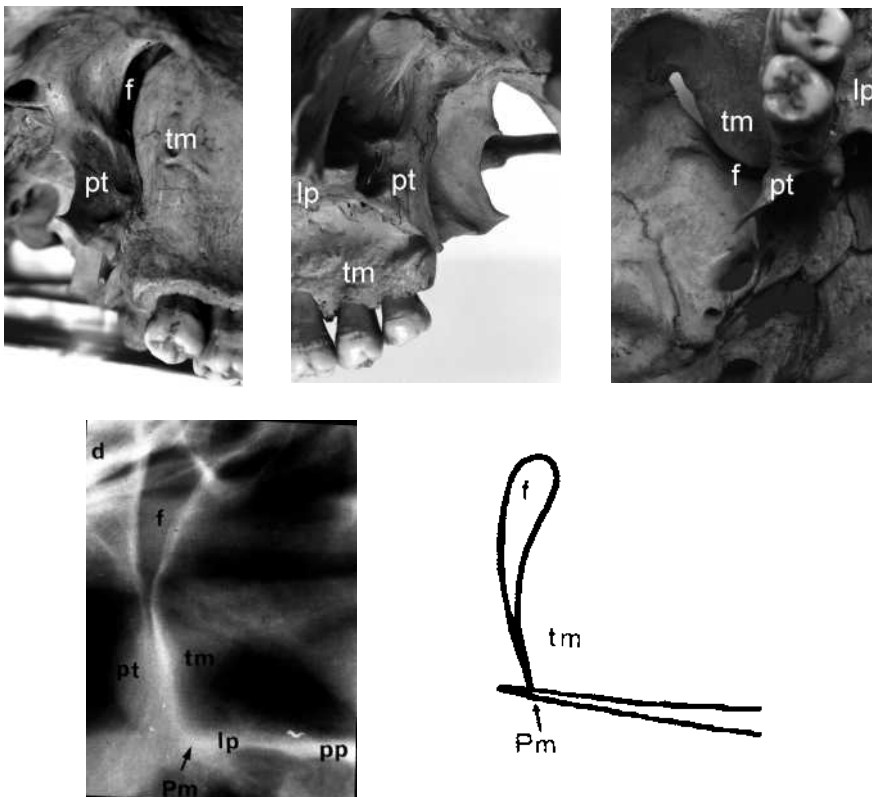


Abb. 11 Pterygomaxillare mit umgebenden Strukturen: tm Tuber maxillae, f Fossa pterygopalatina, pt Processus pterygoideus, lp Lamina palatina ossis palatina, pp Processus palatinus

7. Inzision superius (Iss)

Hierbei handelt es sich um den am weitesten inzisal gelegenen Punkt des am anteriorsten stehenden oberen mittleren Schneidezahnes (Abb. 12).

8. Apex des Oberkiefer-Schneidezahnes (Isa)

Der apikalste Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden mittleren Oberkiefer-Schneidezahnes (Abb. 12).

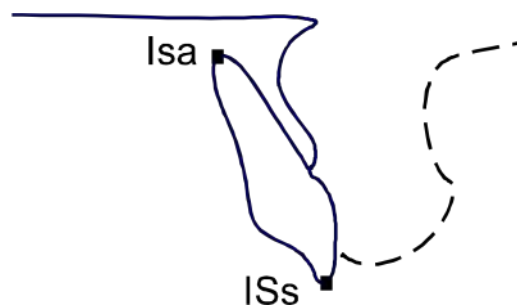
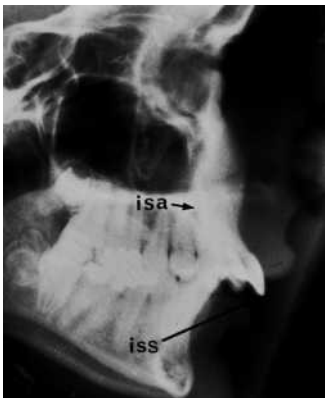
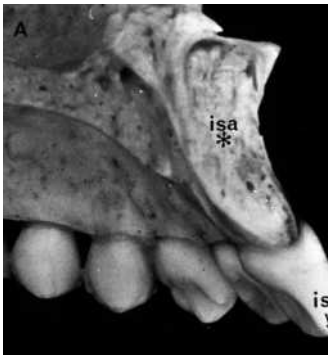


Abb. 12 Inzision superius (ISs) und Apikalpunkt (ISa) des mittleren Oberkieferinzisivus am knöchernen Schädel (oben), sowie am Fernröntgenbild und auf der Durchzeichnung

9. Pogonion (Pg)

Das Pogonion ist der am weitesten anterior gelegene Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 13). Er wird gefunden, indem eine Senkrechte zur Mandibularebene von anterior an das Kinn geschoben wird, bis sie die Kinnkontur tangential berührt. Der Tangentialpunkt ist dann das Pogonion.

In seltenen Fällen ist das Kinn so fliehend, daß es in keinem Fall zu einer tangentialen Berührung kommt. In diesen Fällen wird ein Punkt auf der anterioren Kontur des Kinns verwendet, der 1 cm kranial der Mandibularebene liegt.

10. B-Punkt

Der B-Punkt ist der tiefste Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 13). Er wird gefunden, indem eine Linie vom Punkt Pg zum Limbus alveolaris gezogen und dann parallel nach dorsal verschoben wird, bis sie zur Tangente mit der konkaven anterioren Kontur des Alveolarfortsatzes wird. Der Tangentialpunkt ist dann der B-Punkt.

Die anthropologische Bezeichnung für den B-Punkt ist Supramentale (SM).

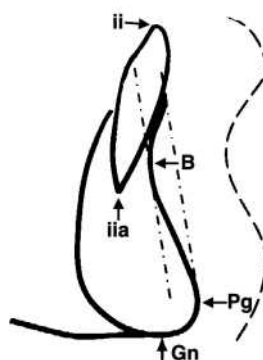
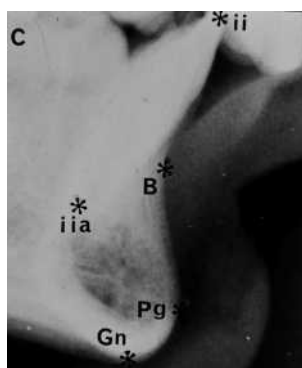
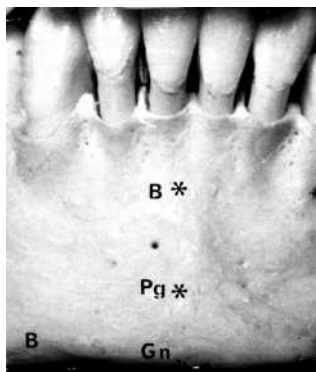
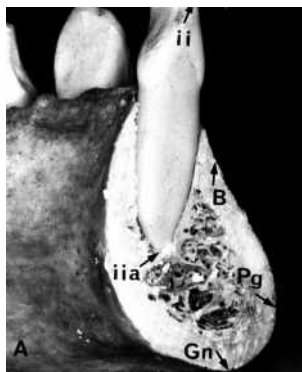


Abb. 13 Referenzpunkte im anterioren Bereich der mandibulären Symphyse: Inzision inferius (IIs), Apexpunkt des Unterkiefer-Inzisivus (Iia), B-Punkt (B), Pogonion (Pg) und Gnathion (Gn)

11. Gnathion (Gn)

Das Gnathion ist der kaudalste Punkt der Unterkiefersymphyse in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 13). Er wird gefunden als der Punkt mit dem größten Abstand von der Nasion-Sella-Linie. Im amerikanischen Sprachgebrauch wird der Punkt oft als Menton bezeichnet.

12. Inzision inferius (Iis)

Hierbei handelt es sich um den am weitesten inzisal gelegenen Punkt des am anterioren stehenden unteren mittleren Schneidezahnes (Abb. 13).

13. Apex des Unterkiefer-Schneidezahnes (Iia)

Der apikalste Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden mittleren Unterkiefer-Schneidezahnes (Abb. 13).

Da die vier Unterkiefer-Schneidezähne und auch die unteren Eckzähne meist in einer Linie stehen, überlagern sie sich häufig, so daß eine genaue Zuordnung schwer ist. Zu bedenken ist, daß die längste Wurzel die des Eckzahnes ist und daran der Punkt Iia nicht zu finden ist.

14. Artikulare (Ar)

Unter dem Artikulare versteht man den Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae (Abb. 14). Der Punkt ist ein konstruierter Punkt und nur auf dem Profilröntgenbild aufzufinden.

Aufgrund von Fehlern in der Abbildungsgeometrie kommt es öfters zu Doppelkonturen der Colli. In diesen Fällen sind die beiden Schnittpunkte aufzusuchen. Als Punkt Artikulare wird dann die Mitte zwischen den beiden Punkten genommen.

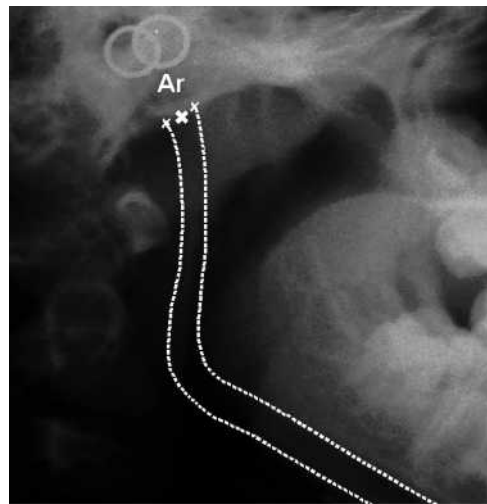
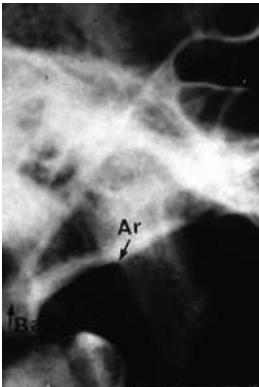


Abb. 14 Punkt Artikulare (Ar): Am Schädel (oben) ist der Punkt nicht vorhanden, erst in der Überlagerung der Strukturen im Fernröntgenbild wird er erkennbar. Untern rechts sind die häufig vorhandenen Doppelkonturen zu erkennen.

15. Spina Strich (Sp')

Hierbei handelt es sich um einen konstruierten Punkt. Er ist definiert als der Schnittpunkt der Linie Nasion-Gnathion mit der Linie Spina-Pterygomaxillare (Nasal-Linie) (Abb. 15).

16. Gonion-Tangentenpunkt (tgo)

Der Punkt tgo ist definiert als der Schnittpunkt der Mandibular-Linie mit der Ramus-Linie (Abb. 15). Die Ramus-Linie ist dabei eine Linie, ausgehend vom Punkt Ar als Tangente angelegt an die posteriore Aus-

wölbung des Kieferwinkels. Liegt im Bereich des Kieferwinkels eine Doppelkontur vor, so ist diese vor Anlegen der Tangente zu mitteln. Entsprechendes gilt für das Anlegen der Mandibular-Linie als Tangente vom Punkt Gn an die untere Auswölbung des Kieferwinkels.

Bei der computerunterstützten Auswertung kephalometrischer Röntgenbilder wird der Punkt tgo meist von dem Programm konstruiert, so daß anstatt des Punktes tgo selbst nur die Tangentenpunkte am Kieferwinkel bestimmt werden müssen.

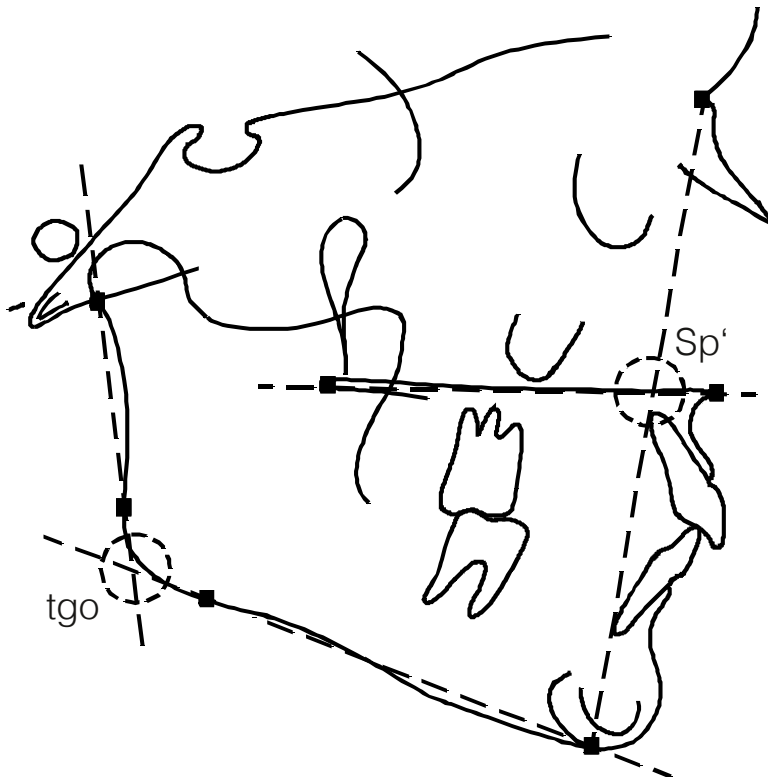


Abb. 15 Konstruktionen zur Bestimmung der kephalometrischen Punkte Sp' und tgo

17. Weichteil-Pogonion (WPg)

Das Weichteil-Pogonion ist der am weitesten anterior liegende Punkt des Weichteil-Kinnprofils in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 16). Er wird gefunden, indem eine Tangente vom Weichteil-Nasion an das Kinn gelegt wird.

18. Oberlippenpunkt (UL)

Der Punkt UL ist der am weitesten anterior liegende Punkt der Oberlippe in der Median-Sagittal-Ebene (Abb. 16). Er wird

ebenfalls durch Anlegen einer Tangente vom Weichteil-Nasion aus gefunden.

19. Subnasale (Sn)

Punkt des geringsten Kurvenradius am Übergang des Nasenstegs in die Oberlippe.

20. Columella-Tangentenpunkt (ctg)

Der Punkt Columella liegt am Übergang des geraden Anteils der Columella in die Konvexität der Nasenspitze.

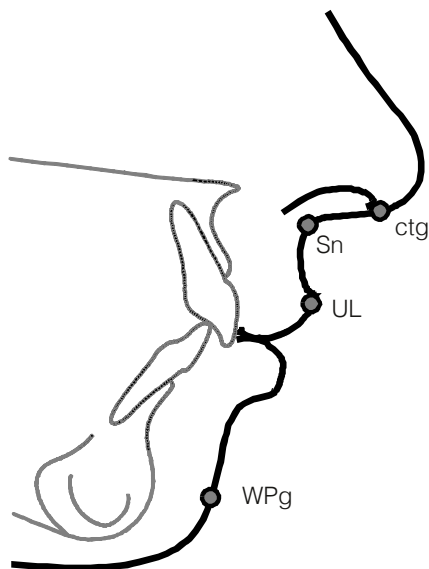


Abb. 16 Weichteilprofil mit den vier Weichgewebspunkten Columella-Tangentenpunkt (ctg), Subnasale (Sn), Oberlippenpunkt (UL), und Weichteil-Pogonion (WPg)

3. Referenzlinien

Als Grundlage für die metrische Auswertung des Fernröntgenbildes ist nach der Definition der verwendeten Referenzpunkte auch die Beschreibung von Referenzlinien notwendig. Zur Beschreibung des Gesichtsschädels in vertikaler Richtung gibt es horizontale und zur Beschreibung der antero-posterioren Relation vertikale Referenzlinien.

Horizontale Referenzlinien:

1. Nasion-Sella-Linie (NSL)

Der gesamte Gesichtsschädel wird in Relation zur anterioren Schädelgrube vermessen. Als Hauptreferenzebene wird daher die Nasion-Sella-Linie verwendet (Abb. 17). Auch für den Vergleich zweier Röntgenbilder wird diese Linie verwendet; die Überlagerung erfolgt auf dem Punkt Sella und der Nasion-Sella-Linie.

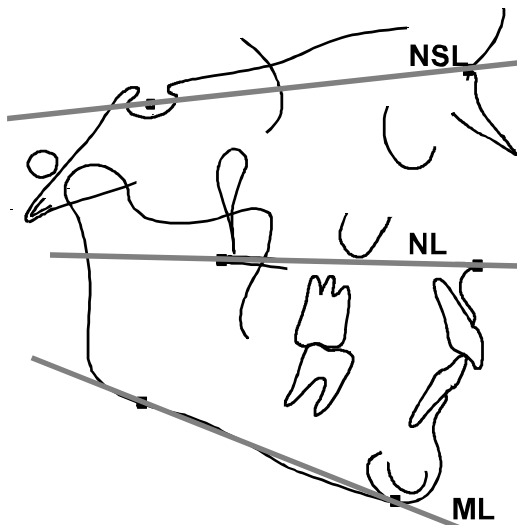


Abb. 17 Hauptreferenzlinie NSL und die anderen beiden horizontalen Referenzlinien NL und ML.

2. Nasallinie (NL)

Die Verbindungslinie der Punkte Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare wird als Bezugsebene für den Nasenboden und der Oberkieferbasis verwendet (Abb. 17). Sie wird Nasallinie genannt und mit NL abgekürzt.

3. Mandibularlinie (ML)

Die Linie durch die Punkte Gnathion und Gonion-Tangentenpunkt wird als Mandibularlinie bezeichnet und als Referenzlinie für den Corpus mandibulae verwendet (Abb. 17).

Bei Verwendung dieser Linie ist zu beachten, daß es in der Literatur auch andere Definitionen für diese Linie gibt, so daß vor dem Vergleich von Meßwerten überprüft werden muß, ob es sich um die gleiche Mandibularlinie handelt.

Weiterhin ist zu bemerken, daß diese Linie in Relation zum Corpus mandibulae nicht sehr stabil ist, da im Laufe des Wachstums am Unterrand der Mandibula Appositions- und Resorptionsvorgänge stattfinden. Dadurch können wachstumsbedingte Rotationsvorgänge des Mandibula-Körpers maskiert werden oder sich verstärkt darstellen.

Vertikale Referenzlinien:

4. NA-Linie

Die Verbindungslinie vom Nasion zum A-Punkt wird benutzt, um die sagittale Position des Oberkiefers zu beschreiben (Abb. 18). Weiterhin wird sie als Bezugslinie für die Beschreibung der Achsenneigung der Oberkieferfrontzähne verwendet.

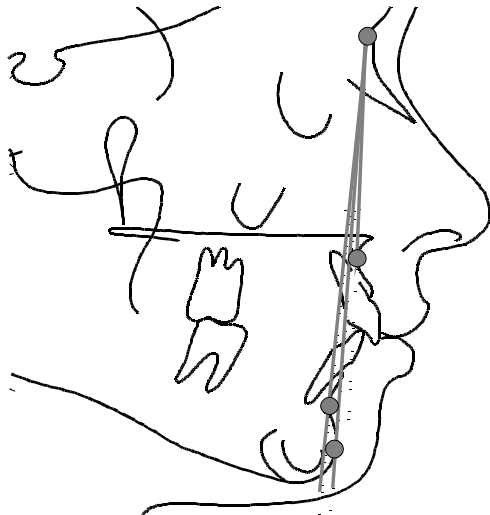


Abb. 18 Die vertikalen Referenzlinien NA-, NB- und NPg-Linie

5. NB-Linie

Die Linie vom Nasion zum B-Punkt wird zur Beschreibung der sagittalen Position des Unterkiefers sowie als Bezugslinie für die Messung der Achsenneigung der Unterkieferfrontzähne verwendet (Abb. 18).

6. NPg-Linie

Die Verbindung der Punkte Nasion und Pogonion dient zur Beschreibung der sagittalen Position des Kinns und kann auch als Bezugslinie für die Position der Unterkieferfrontzähne verwendet werden (Abb. 18).

Weitere Hilfslinien:

7. Ramus-Linie

Verbindung des Punktes Artikulare mit Gonion-Tangentenpunkt (Abb. 19).

8. Clivus-Linie

Verbindung der Punkte Sella und Basion.

9. Oberkiefer-Schneidezahnachse

Die Linie durch den Inzisalpunkt (ISs) und den Apikalpunkt (ISA) des mittleren Oberkiefer-Schneidezahnes wird als Längsachse des Oberkiefer-Schneidezahnes bezeichnet (Abb. 19).

10. Unterkiefer-Schneidezahnachse

Die Linie durch den Inzisalpunkt (IIs) und den Apikalpunkt (IIa) des mittleren Unterkiefer-Schneidezahnes wird als Längsachse des Unterkiefer-Schneidezahnes bezeichnet (Abb. 19).

11. Verbindungslinie Nasion-Gnathion.

Diese Hilfslinie wird für die Berechnung des Index der anterioren Gesichtshöhen benötigt.

Weichteil-Referenzlinien:

12. Holdaway-Linie (H-Linie)

Die Verbindungslinie von Weichteil-pogonion und Oberlippen-Punkt wird als Holdaway-Linie bezeichnet (Abb. 20). Da der Punkt WPg über eine Tangente vom Weichteil-Nasion zum Kinn gefunden wird, kann durchaus sein, daß die H-Linie das Kinn schneidet. Diese Linie wird vor allem zur Beschreibung des Lippenprofils und der Gesichtskonvexität herangezogen.

13. Columella-Tangente

Als Verbindung der Punkte Subnasale und Columella (Abb. 20) beschreibt diese Linie in Verbindung mit der Oberlippen-Tangente die wichtige Oberlippen-Nasen-Relation.

14. Oberlippen-Tangente

Die Verbindung der Punkte Subnasale und Oberlippenpunkt wird Oberlippen-Tangente genannt (Abb. 20). Sie wird zur Beschreibung der Neigung der Oberlippe benutzt.

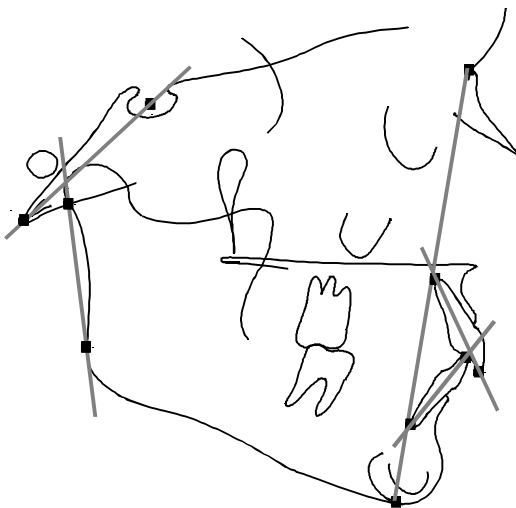


Abb. 19 Weitere Referenzlinien: Ramus-Linie, Clivus-Linie, Längsachsen der Schneidezähne sowie Verbindung Nasion-Gnathion

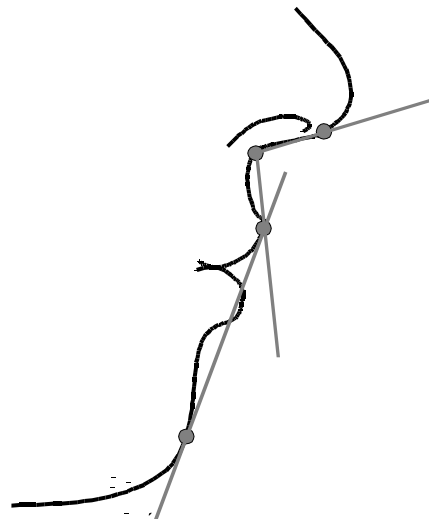


Abb. 20 Weichteillinie nach Holdaway (H-Linie), Oberlippen-Tangente und Columella-Tangente

4. DURCHZEICHENTECHNIK

Als Hilfsmittel werden gebraucht:

1. Lichtkasten, mögl. mit Helligkeitsregelung
2. Durchzeichnenpapier (Azetatpapier)
- 3.. Klebestreifen zur Fixierung von Durchzeichnenfolie und Röntgenfilm
4. Template (Schablone) mit Millimeter-Einteilung sowie Schneidezahn- und Molarenkontur.
5. Winkelmesser mit halbgradiger Einteilung
6. Feine Druckbleistifte (0.5 mm), evtl. auch mit farbigen Minen (besonders für Longitudinalserien)
7. Abblendungsschablonen (im einfachsten Fall lichtundurchlässige Pappen)

Routinemäßiges Vorgehen bei der Durchzeichnung

1. Die Fernröntgenaufnahme wird mit dem Profil nach rechts auf den Lichtkasten gelegt. Sie wird so orientiert, daß die Nasion-Sella-Linie parallel zum Oberrand des Lichtkastens liegt. In dieser Position wird der Röntgenfilm mit Klebestreifen fixiert (Abb. 22).

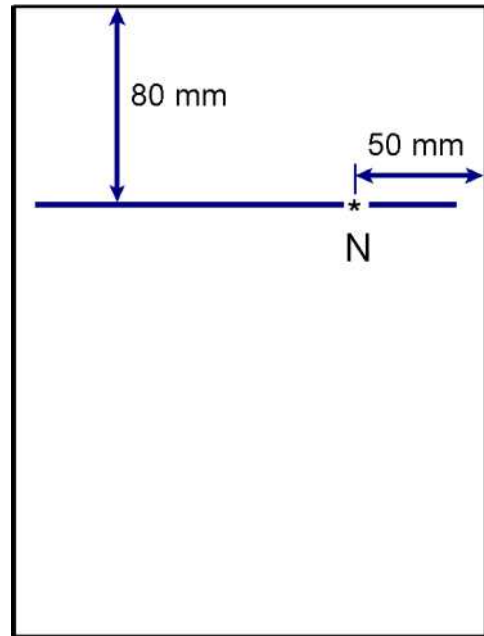


Abb. 22 Standardisiertes Einzeichnen der Hauptreferenzlinie NSL auf der Azetat-Folie.

2. Mit einem Bleistift werden die Punkte Sella (S) und Nasion (N) gemäß den Definitionen im vorherigen Abschnitt direkt auf dem Röntgenfilm markiert. Um den Sella-Punkt zu markieren, wird am besten ein Lineal mit Millimeterteilung verwendet. Die Markierung wird dann in der Mitte des größten Durchmessers gemacht (Abb. 21).
3. Die Azetatfolie hat eine glänzende und eine matte Seite. Da sich die Bleistiftstriche nur auf der matten Seite abzeichnen, wird sie mit der glänzenden Seite auf den Röntgenfilm gelegt. Vor der Fixierung der Folie wird jedoch etwa 8 cm unter dem oberen Rand der Folie ein dazu paralleler Strich gezogen. Etwa 5 cm vom rechten Rand wird auf dieser Linie der Nasion-Punkt markiert (Abb. 22).

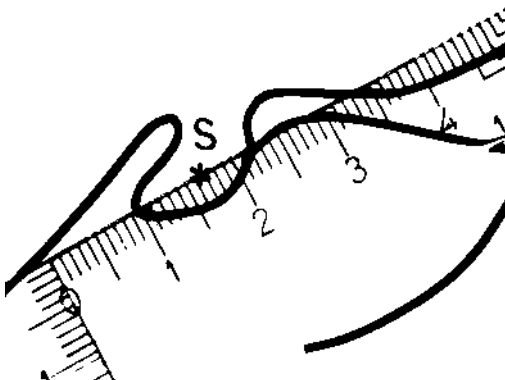


Abb. 21 Detail: Aufsuchen des Sella-Punktes mit Hilfe eines Lineals mit Millimeter-Teilung

4. Jetzt wird die Azetatfolie solange auf dem Röntgenfilm verschoben, bis der auf der Folie markierte Nasion-Punkt mit der entsprechenden Markierung auf dem Röntgenfilm in Deckung ist und die Linie auch durch den markierten Sella-Punkt geht. Die Linie stellt nunmehr die Nasion-Sella-Linie dar. Die Azetatfolie wird nun in dieser Position mit zwei Klebestreifen am linken oder oberen Rand fixiert (Abb. 23). Durch einen möglichst großen Abstand zwischen den zwei Klebestreifen wird erreicht, daß sich die Folie auch durch Rotationsbewegungen nicht verschieben läßt.

Andererseits läßt die auf einen Rand begrenzte Fixation der Folie zu, daß diese vom Film abgehoben werden kann um eine bestimmte Struktur direkt auf dem Film beurteilen zu können, ohne dabei die Relation der bisherigen Durchzeichnung zu verlieren.

Die feste Linie auf der Azetatfolie (NSL) ist die Hauptreferenzlinie für alle Messungen auf der Röntgendurchzeichnung. Die Standardisierung der Orientierung hat den Vorteil, daß bestimmte Parameter, zum Beispiel der Prognathie- oder Neigungsgrad, nach einer gewissen Zeit auch ohne Messung abgeschätzt werden kann.

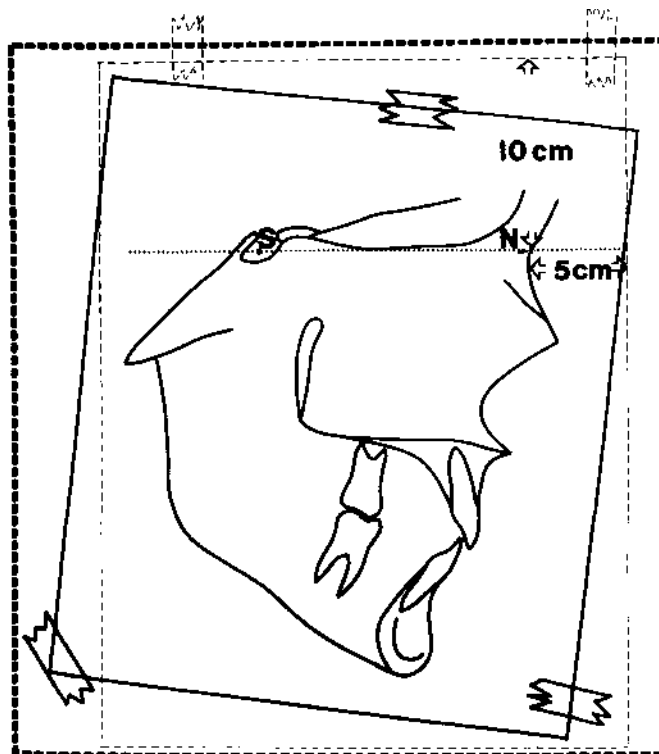
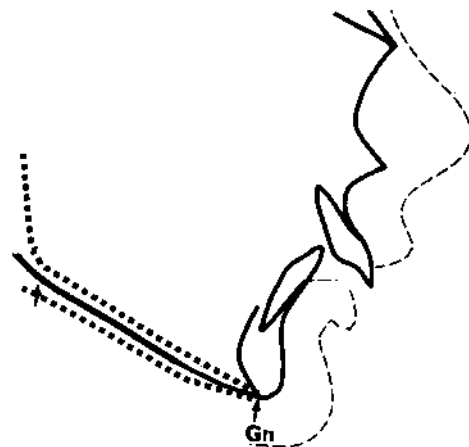


Abb. 23 Röntgenfilm und Durchzeichnenfolie in standardisierter Orientierung auf dem Lichtkasten. Die Abbildung zeigt außerdem die routinemäßig durchgezeichneten Knochenstrukturen

Dadurch ergibt sich unter anderem eine höhere Sicherheit bei der Auswertung durch unbewußte oder bewußte Plausibilitätskontrolle.

5. Nun werden gemäß den Definitionen aus dem vorherigen Abschnitt alle weiteren Referenzpunkte aufgesucht und markiert. Dabei ist es häufig von Vorteil, wenn beim Aufsuchen von Punkten in den dunklen Bereichen des Röntgenbildes die in der Nähe liegenden hellen Strukturen mit Abblendschablonen abgedeckt werden. Auch eine Abdunkelung des Raumes, in dem die Analyse durchgeführt wird, kann hilfreich sein.
6. Die wichtigsten Knochenstrukturen werden, wie in Abbildung 23 dargestellt, durchgezeichnet. Dabei muß darauf geachtet werden, daß die bereits markierten Referenzpunkte durch die Striche der Konturen nicht wieder verschwinden. Im allgemeinen ist es günstig, die Konturlinie von kurz vor bis kurz nach einem Referenzpunkt zu unterbrechen.



Bei Strukturen, die auf der Röntgenaufnahme eine Doppelkontur zeigen, muß eine gemittelte Konturlinie eingezeichnet werden. Dies gilt besonders für den Unter- und Hinterrand der Mandibula. Der Kieferwinkelbereich liegt nicht in der Medianebene, so daß bei der Röntgenaufnahme sowohl aufgrund falscher Ausrichtung des Patienten, als auch aufgrund der unterschiedlichen Vergrößerungsfaktoren von linker und rechter Kopfhälfte (siehe Seite 9) fast regelmäßig Doppelkonturen entstehen. Treten derartige Doppelkonturen auf, wird nur eine Konturlinie, die in der Mitte zwischen den Konturen auf dem Röntgenfilm liegt, durchgezeichnet (Abb. 24). Die gemittelte Konturlinie wird dann als Grundlage für die weitere Arbeit verwendet. Lediglich in Fällen mit bekannter Asymmetrie und entsprechender Therapieplanung müssen beide Konturlinien durchgezeichnet und entsprechend getrennt ausgewertet werden.

Abb. 24 Durchzeichentechnik bei Doppelkonturen der Mandibula. Links Fernröntgenaufnahme mit Doppelkontur; rechts Durchzeichnung mit gemittelter Konturlinie. Diese wird auch zur Bestimmung von ML verwendet.

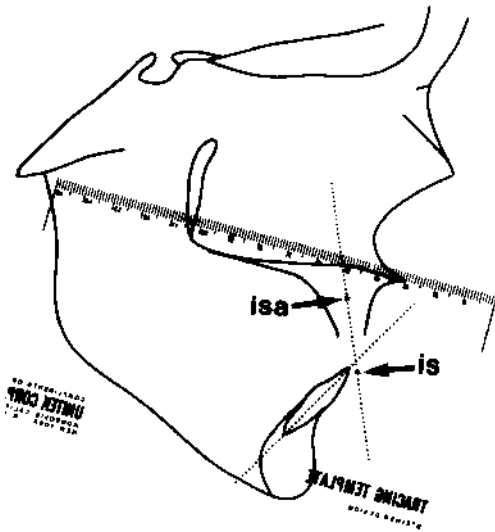


Abb. 25 Das Template für die Einzeichnung der Inzisivi und Molaren besteht aus einer durchsichtigen Plastik-Schablone mit Aussparungen für Inzisivi und Molaren.

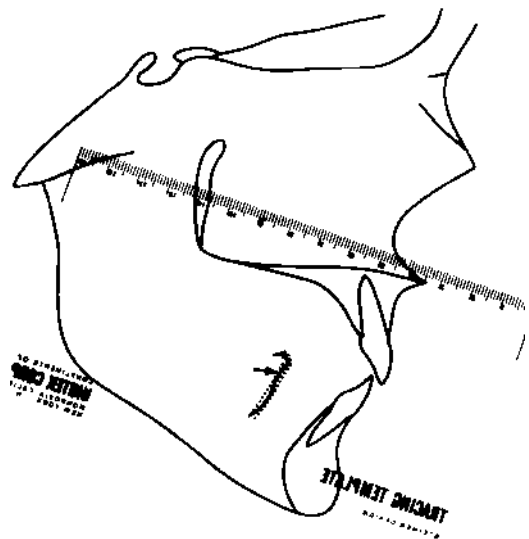


Abb. 26 Orientierung des Templates nach der gemittelten Kontur der Mesialflächen von linkem und rechtem Molaren.

7. Die Inzisivi und Molaren werden mit Hilfe des Templates eingezeichnet. Dazu werden zunächst die Längsachsen der oberen und unteren Schneidezähne als Verbindungslinien der Punkte I1 und I2 beziehungsweise IS und ISa gezogen (Abb. 25). Dann werden mit dem Template die Konturen eines oberen und unteren Schneidezahnes so eingezeichnet, daß sie mit den Längsachsen übereinstimmen. Sollte die Zahngröße auf dem Röntgenbild und dem Template nicht übereinstimmen, so wird das Template am Inzisalpunkt positioniert. Obgleich der Apex am Template nicht mit dem tatsächlichen Apikalpunkt übereinstimmt, liegt nichtsdestoweniger auch hier der Apex des Templates auf der Zahn längsachse.

Bei den Molaren tritt ebenfalls oft das Problem einer Doppelkontur auf. Zusätzlich zu den geometrischen Abbildungsfehlern kommt die Möglichkeit einseitiger Vorwanderungen in Betracht. Ähnlich wie bei der Kieferwinkelregion wird eine Mittelkontur der Mesialflächen der Molaren zur Orientierung des Templates verwendet (Abb. 26).

8. Nun wird das Weichteilprofil eingezeichnet.
9. Als letztes werden die Referenzlinien eingezeichnet. Damit entsteht die vollständige Durchzeichnung (Abb. 27).

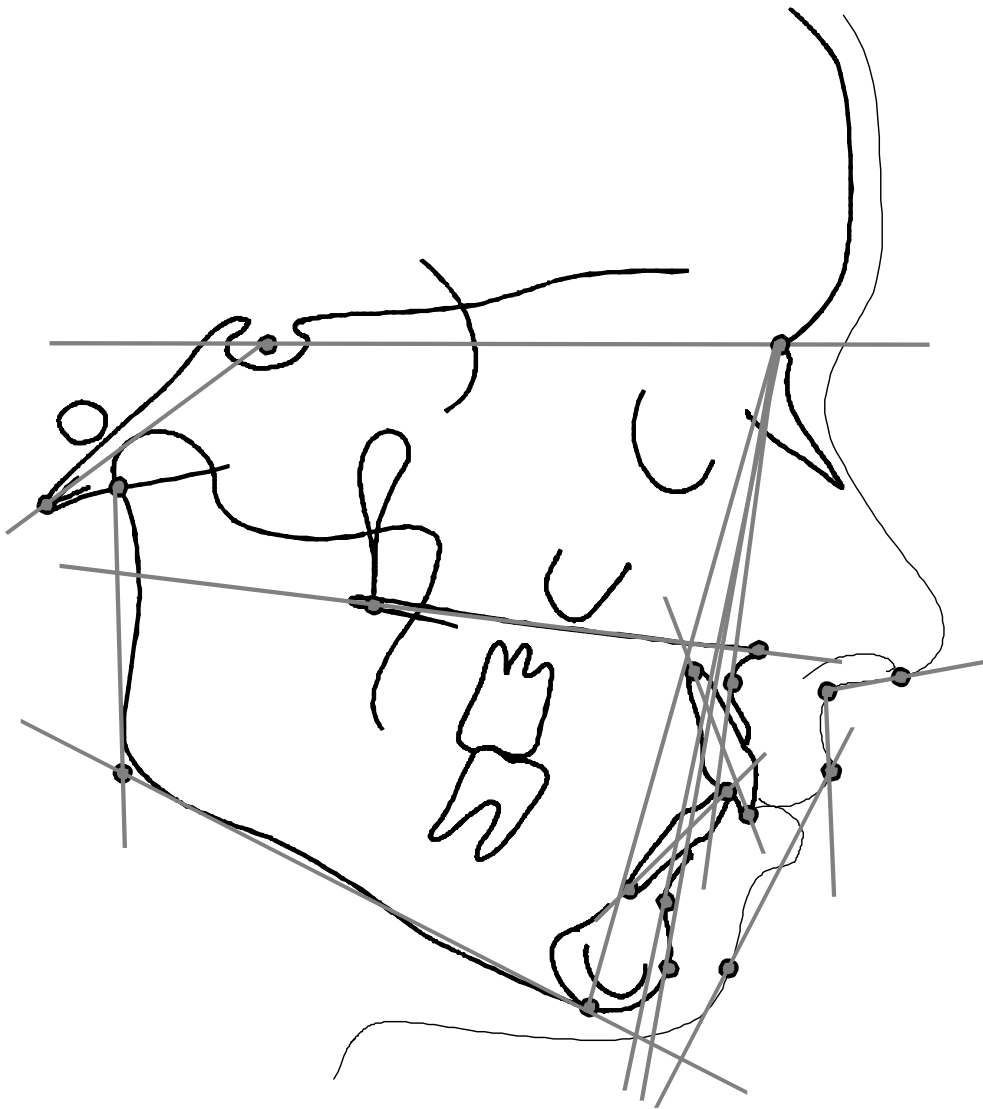


Abb. 27 Vollständige Durchzeichnung mit Referenzpunkten, Knochenstrukturen, Weichteilprofil und Referenzlinien.

5. MANUELLE MESSUNG DER STRECKEN UND WINKEL

Die Winkel werden mit einem Winkelmesser mit 0,5°-Teilung gemessen, die Strecken mit einem Lineal mit 0,5 mm-Teilung. Um die Arbeit zu rationalisieren, werden jeweils mehrere Winkel beziehungsweise Strecken in einer Meßserie gemessen.

1. Meßserie

Die erste Serie umfaßt die Winkel SNA, SNB, ANB und SNPg. Dazu wird der Winkelmesser einmal mit seinem Mittelpunkt mit dem Nasion in Deckung gebracht und mit seiner Grundlinie an NSL orientiert (Abb. 28). Dann können drei dieser vier Winkel direkt abgelesen werden, ohne daß die Stellung des Winkelmessers verändert wird.

Der ANB-Winkel ergibt sich als Differenz aus SNA und SNB ($SNA - SNB$). Da der ANB-Winkel sowohl

positive als auch negative Werte annehmen kann, ist es wichtig, das Vorzeichen korrekt anzugeben. Liegt der A-Punkt vor der NB-Linie, so ist der Wert positiv, im umgekehrten Fall entsprechend negativ. Liegt der A-Punkt auf der NB-Linie, so ist der ANB-Winkel 0°.

2. Meßserie

Die zweite Meßserie umfaßt die Winkel NSBa und den Kieferwinkel Gn-tgo-Ar. Für die Bestimmung des Winkels NSBa wird der Mittelpunkt des Winkelmessers mit dem Sella-Punkt (S) in Deckung und die Grundlinie längs der Nasion-Sella-Linie gebracht (Abb. 29).

Für die Bestimmung des Kieferwinkels Gn-tgo-Ar wird der Mittelpunkt des Winkelmessers mit dem Punkt tgo in Deckung und die Grundlinie mit der Mandibularlinie (ML) in Übereinstimmung gebracht (Abb. 30).

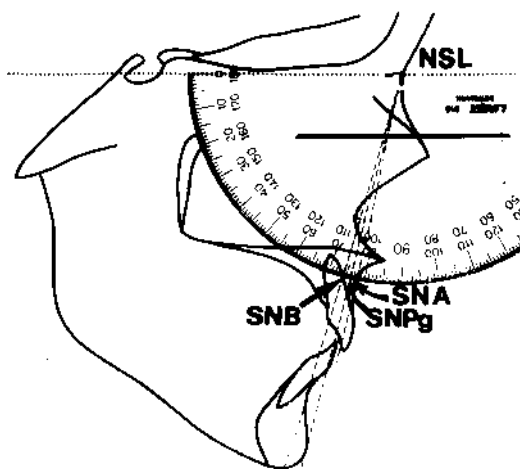


Abb. 28 Erste Meßserie: Winkelmessungen der sagittalen Variablen

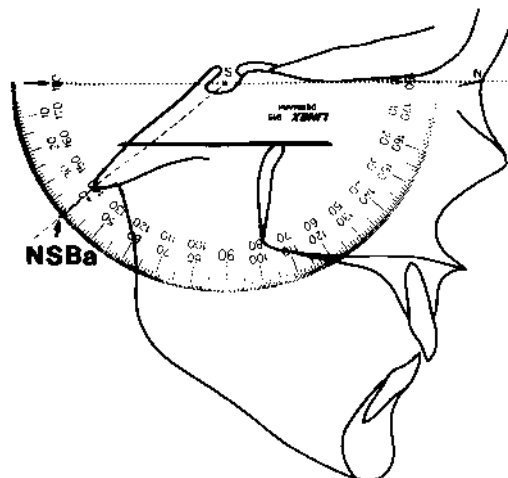


Abb. 29 Messung des Winkels NSBa

3. Meßserie

Diese Serie umfaßt die Winkel NL-NSL und ML-NSL. Besonders für den Winkel NL-NSL, dessen Wert unter Umständen sehr klein ist, kann es oft schwierig sein, einen Wert abzulesen, ohne NL bis zu einem Schnittpunkt mit NSL parallel zu verschieben.

Auch für die Bestimmung des ML-NSL-Winkels ist es oft vorteilhaft, ML parallel zu verschieben. Es ist des-

halb am besten, routinemäßig eine linierte Azetat-Folie zu verwenden, um die beiden Winkel zwischen den Hilfslinien und NSL abzulesen zu können (Abb. 31).

Der Winkel NL-NSL kann auch negative Werte annehmen, und zwar in denjenigen Fällen, wo die Linien NL und NSL nach ventral (rechts) konvergieren.

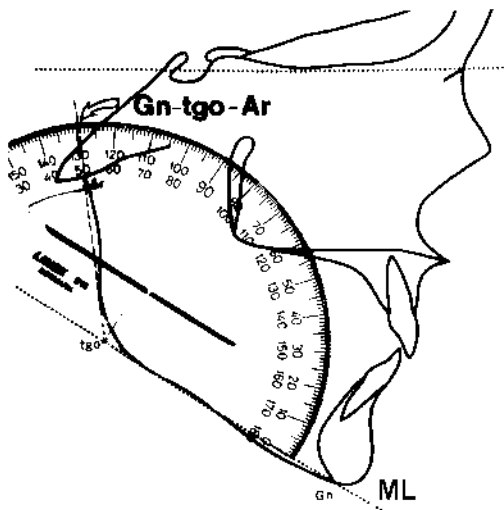


Abb. 30 Bestimmung des Kieferwinkels Gn-tgo-Ar

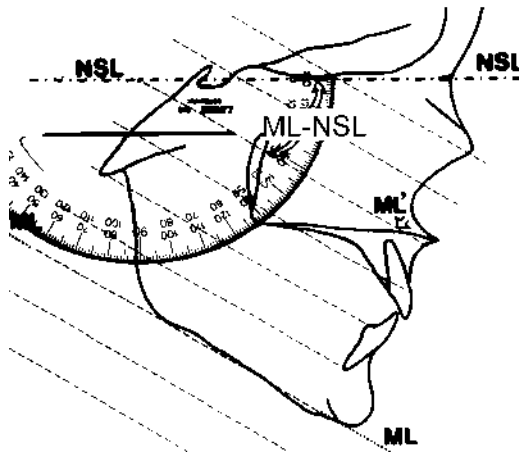


Abb. 31 Benutzung von liniertem Papier zur Parallelverschiebung. ML' ist die parallel verschobene Mandibularlinie. Gemessen wird der Winkel ML'-NSL anstatt ML-NSL direkt. Entsprechend wird für NL-NSL verfahren.

4. Meßserie

Diese Serie umfaßt die Achsenneigungen der Inzisivi $\perp\text{-NA}^\circ$ und $T\text{-NB}^\circ$ sowie den Interinzisalwinkel $\perp\text{-T}$.

Für die Messung des Winkels $\perp\text{-NA}^\circ$ bringt man den Mittelpunkt des Winkelmessers mit dem Schnittpunkt der NA-Linie mit der Schneidezahnachse beziehungsweise deren Verlängerung in Deckung und plziert dabei die Grundlinie längs der NA-Linie (Abb. 32).

Für die Messung des Winkels $T\text{-NB}^\circ$ plziert man den Winkelmesser so, daß sein Mittelpunkt mit dem Schnittpunkt zwischen der Längachse der Unterkieferinzisivi und der NB-Linie zur Deckung kommt, und seine Grundlinie längs der NB-Linie liegt (Abb. 33).

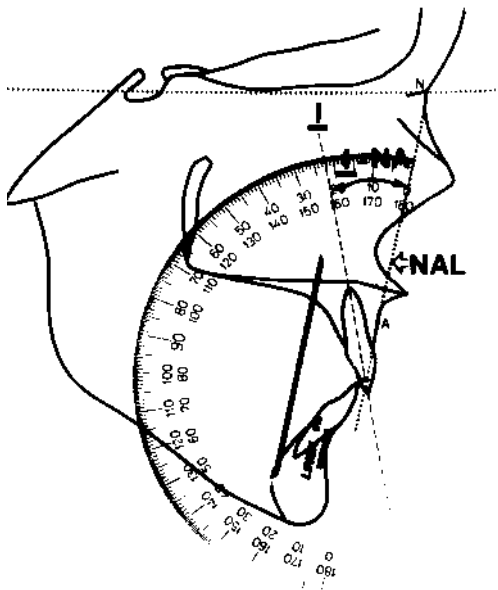


Abb. 32 4. Meßserie: Bestimmung des Winkels $\perp\text{-NA}^\circ$

Zur Bestimmung des Interinzisalwinkels $\perp\text{-T}$ wird der Mittelpunkt des Winkelmessers mit dem Schnittpunkt der oberen mit der unteren Schneidezahnachse in Deckung gebracht und seine Grundlinie entlang der Längsachse des unteren Inzisivus plziert (Abb. 34).

Zur Kontrolle kann überprüft werden, ob der Zusammenhang

$$\perp\text{-T} = 180 - (\text{ANB} + \perp\text{-NA}^\circ + T\text{-NB}^\circ)$$

bei den gemessenen Werten zutrifft.

5. Meßserie

Diese Meßserie umfaßt die Messungen am Weichteilprofil, nämlich den Holdaway-Winkel und den Nasolabialwinkel. Der H-Winkel wird gemessen zwischen der knöchernen Referenzlinie NB und der Holdaway-

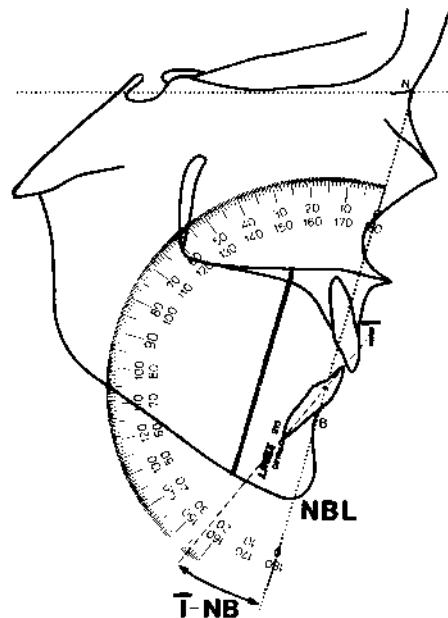


Abb. 33 4. Meßserie: Bestimmung des Winkels $T\text{-NB}^\circ$

Linie (WPg zu UL) (Abb. 35).

Um zwischen diesen beiden Linien einen Schnittpunkt zu erhalten, der innerhalb der Fläche der Azetatfolie liegt, wird zweckmäßigerweise wiederum linierte Azetatfolie zur Parallelverschiebung der NB-Linie benutzt. Der Mittelpunkt des Winkelmessers wird dann mit dem Schnittpunkt der verschobenen NB-Linie (NBL') mit der H-Linie in Deckung gebracht und die Grundlinie entlang der NBL' ausgerichtet (Abb. 35).

Die beiden Schenkel des H-Winkels konvergieren in der Regel nach kaudal, der H-Winkel hat dann positive Werte. In seltenen Fällen kommt es jedoch auch dazu, daß die

Schenkel nach kranial konvergieren; das Vorzeichen ist dann negativ.

Zur Messung des Nasolabialwinkels wird der Winkelmesser mit dem Mittelpunkt im Punkt Subnasale und entlang der Columella-Tangente platziert. Über der Oberlippentangente kann der Nasolabialwinkel abgelesen werden.

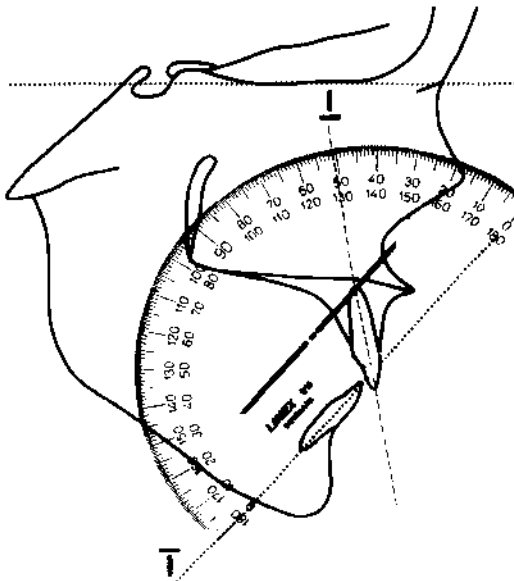


Abb. 34 4. Meßserie: Messung des Interinzisalwinkels I-T

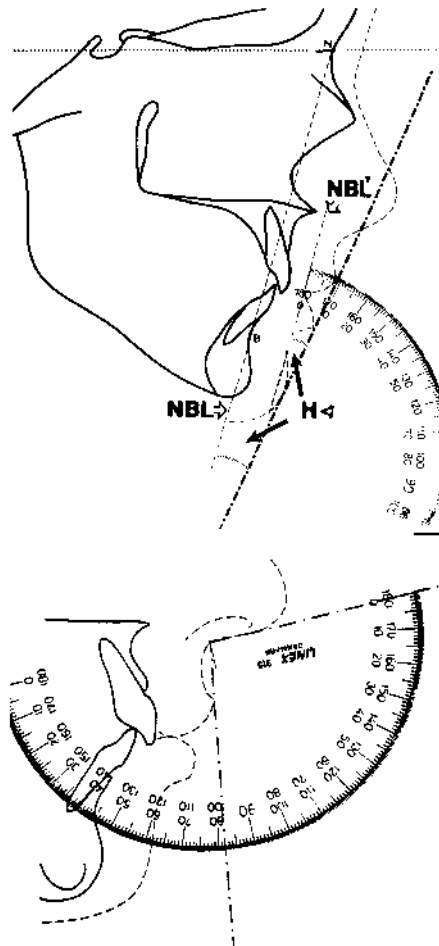


Abb. 35 5. Meßserie: Bestimmung des Holdaway- und Nasolabial-Winkels

6. Meßserie (Abstände)

Die erste Serie betrifft die Position der Schneidezähne und zwar sowohl den Abstand der Schneidekante des oberen Inzisivus von der NA-Linie (\perp -NA_{mm}) als auch den Abstand der Schneidekante des unteren Inzisivus von der NB-Linie (\perp -NB_{mm}) und weiterhin den Abstand des Pogonion-Punktes ebenfalls von der NB-Linie (Pg-NB_{mm}).

Für die Bestimmung des Abstandes (\perp -NA_{mm}) wird das Lineal senkrecht zur NA-Linie gelegt und der Abstand von dieser Linie direkt zur Inzisalkante gemessen (Abb. 36).

Bei allen linearen Zahnmessungen erhalten die Werte ein positives Vorzeichen, wenn die Inzisalkanten ventral

der jeweiligen Referenzlinie liegt. Im (seltenen) umgekehrten Fall wird das Vorzeichen negativ.

Entsprechend wird das Lineal für die anderen beiden Messungen senkrecht zur NB-Linie gelegt, und es werden auch die Abstände \perp -NB_{mm} und PgNB_{mm} bestimmt. Während es bei \perp -NB_{mm} manchmal problematisch sein kann festzustellen, welche Kontur die repräsentativste für die Schneidezahnstellung ist, ergeben sich derartige Schwierigkeiten bei der Kinnprominenz nicht (Abb. 37). Wenn sich das Pogonion ventral der NB-Linie befindet, hat der Wert PgNB_{mm} ein positives Vorzeichen.

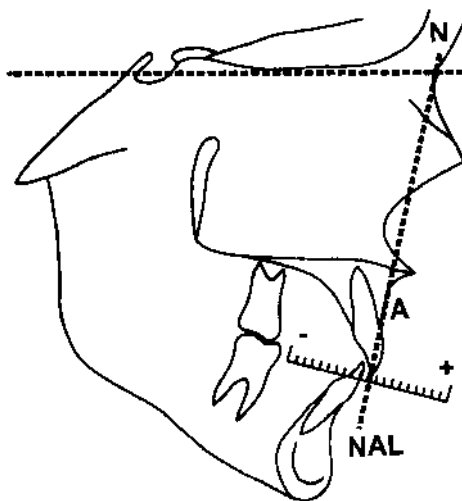


Abb. 36 6. Meßserie: Messung des Abstandes der Inzisalkante des oberen Inzisivus von der NA-Linie (\perp -NA_{mm}). \perp -NB_{mm} wird entsprechend gemessen.

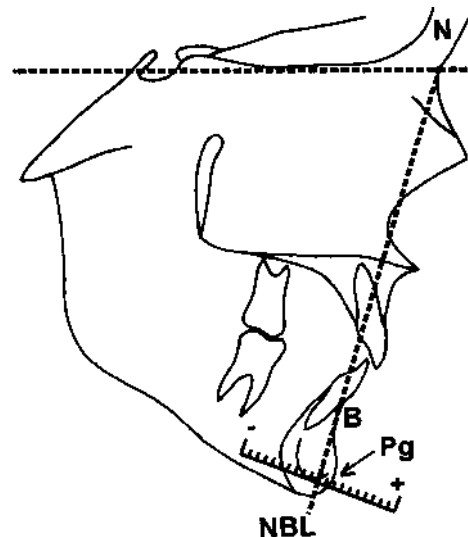


Abb. 37 6. Meßserie: Messung des Abstandes PgNB_{mm} von der NB-Linie. Wenn Pogonion ventral der NB-Linie liegt, ist der Abstand positiv.

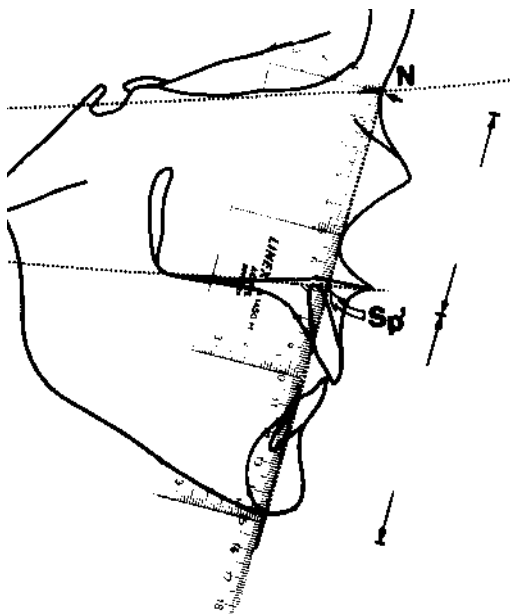


Abb. 38 7. Meßserie: Messung der Mittelgesichts- und Untergesichtshöhe auf der Verbindungslinie Nasion-Gnathion. Aus dem Verhältnis dieser beiden Messungen wird der Index berechnet.

7. Meßserie (Strecken)

Diese Serie umfaßt die Messungen, die die vertikale Dimension des Gesichts beschreiben und zwar die Messung der Mittelgesichtshöhe N-Sp' und die der unteren Gesichtshöhe Sp'-Gn. Dazu wird das Lineal entlang der Verbindungslinie Nasion-Gnathion mit dem Nullpunkt am Nasion angelegt. Sp' stellt den Schnittpunkt der Linien N-Gn und NL dar. Am Lineal können jetzt nacheinander die beiden Streckenlängen abgelesen wer-

den. Bei Verwendung eines Lineals mit Nullpunkt in der Mitte („Geo-Dreieck“) ist es sinnvoll, diesen mit dem Punkt Sp' in Deckung zu bringen, damit beide Strecken ohne Verschiebung des Geo-Dreiecks abgelesen werden können.

Damit ergeben sich für die klinisch kephalometrische Analyse die folgenden Messungen (siehe auch Analyseblatt im Anhang):

- SNA
- SNB
- ANB
- SNPg
- NSBa
- Gn-tgo-Ar
- ML-NSL
- NL-NSL
- ML-NL
- H-Winkel
- Nasolabialwinkel
- ⊥-T
- ⊥-NA°
- T-NB°
- ⊥-NA_{mm}
- ⊥-NB_{mm}
- PgNB_{mm}
- N-Sp'
- Sp'-Gn
- Index

Winkelmessungen werden in Grad (°), Streckenmessungen in Millimetern (mm) und der Index wird in Prozent (%) angegeben.

6. Computerunterstützte Messung

Die computerunterstützte Auswertung erfolgt prinzipiell genau wie die manuelle Auswertung, mit dem Unterschied, daß die eigentliche Messung der Winkel und Strecken vom Computer übernommen wird. Da das Prinzip der Analyse dem der Auswertung von Hand entspricht, können auch durch den Computer nicht mehr Informationen aus dem Fernröntgenbild herausgezogen werden als bei Handauswertung. Anders ausgedrückt: jede noch so komplex erscheinende Computer-Analyse kann immer auch von Hand ausgeführt werden, wenn auch teilweise mit deutlich erhöhtem Zeitaufwand.

Weiterhin gibt es die gleiche Hauptfehlerquelle, das Auffinden der Referenzpunkte. Etwaige Fehler werden häufig erst nach Fertigstellung der Auswertung bemerkt, während bei der Handmessung Fehler meist schon bei der Messung selbst auffallen. Auch wenn die Darstellung der Ergebnisse einer computerunterstützten Analyse meist sehr sauber und ordentlich ist, sollte man sich hüten, ihnen mehr Vertrauen zu

schicken als einer Auswertung von Hand. Dies gilt insbesondere, wenn die computerunterstützte Auswertung nicht selbst durchgeführt wurde.

Andererseits ist zugunsten der computerunterstützten Auswertung zu sagen, daß Fehler, die beim Hantieren mit Lineal und Winkelmesser entstehen können, entfallen und damit die Meßgenauigkeit geringfügig höher ist (Wingberg 1984). Weiterhin kann durch eine zeichnerische Darstellung die Lokalisation der Referenzpunkte schnell auf deren richtige Markierung überprüft werden. Letztlich erlaubt es die große Zeitersparnis, eine Analyse zweimal durchzuführen und damit die Gefahr von „Ausreißer“-Werten wesentlich zu verringern.

Auswerte-System

Ein zur computerunterstützten Auswertung geeignetes System besteht aus mindestens einem Rechner mit Tastatur und Bildschirm, heute zumeist in Form eines Personal Computers („PC“), einem Digitalisiertablett, einem Drucker und der Software, die die eigentliche Auswertung



Abb. 39 Komponenten eines Systems zur computerunterstützten kephalometrischen Auswertung

durchführt. Ohne dieses Programm ist der Computer nicht in der Lage, irgendeine sinnvolle Arbeit zu leisten. Wird eine zeichnerische Darstellung gewünscht, ist zusätzlich ein Zeichengerät (Plotter) notwendig. Diese Einheiten sind durch standardisierte Schnittstellen miteinander verbunden (Abb. 39).

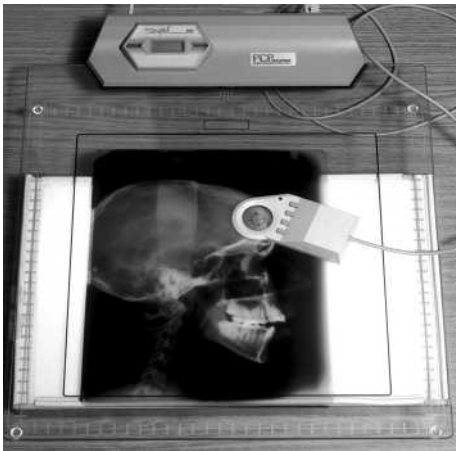


Abb. 40 Digitalisiertablett mit Fernröntgenbild

Mit dem Digitalisiertablett (Abb. 40) wird die Lage der Referenzpunkte zueinander erfaßt und an den Computer selbst weitergeleitet. Dort wird dann -gesteuert durch das Programm- die Auswertung in Form der Berechnung der Winkel und Strecken vorgenommen. Welche Winkel und Strecken berechnet werden, hängt von dem Programm ab. Die Liste der zu berechnenden Variablen ist damit vom Programm vorgegeben. Allerdings gibt es Programme, die eine Änderung der Variablenliste zulassen. Die numerischen Ergebnisse werden dann auf dem Bildschirm und/oder dem Drucker dargestellt. Weiterhin können im allgemeinen die Meßwerte der Auswertung auf einer Festplatte oder Diskette im Computer dauerhaft gespeichert werden, so daß auf die Analyse zu einem späteren Zeitpunkt zurückgegriffen werden kann.

Digitalisierung

Von zentraler Bedeutung für die computerunterstützte Auswertung ist die Digitalisierung der Referenzpunkte auf dem Digitalisiertablett. Dieses auch Digitizer genannte Gerät kann die Position eines beweglichen Fadenkreuzes auf der Digitalisierfläche als X- und Y-Koordinaten in Zahlenform erfassen (Abb. 41).

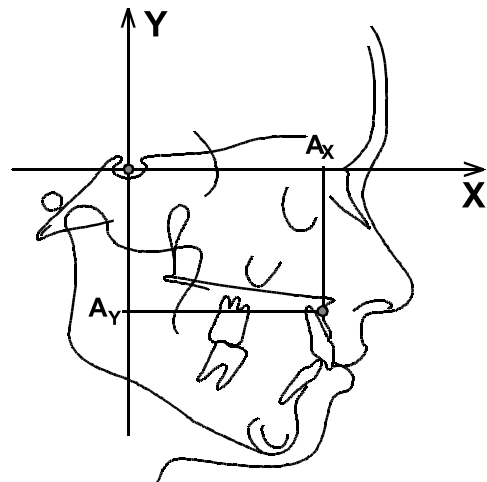


Abb. 41 Prinzip der Wandlung der Lokalisation der Referenzpunkte in X- und Y-Koordinaten

Für die Digitalisierung von Referenzpunkten auf Röntgenbildern ist es sehr vorteilhaft, einen Digitizer zu haben, der lichtdurchlässig ist. Nur so ist eine direkte Digitalisierung möglich, d.h. das direkte Aufsuchen der Referenzpunkte auf dem Röntgenbild mit dem Fadenkreuz des Digitizers. Ein nicht transluzenter Digitizer erfordert, daß zunächst auf einem Lichtkasten eine Durchzeichnung des Röntgenbildes mit Markierung der Referenzpunkte durchgeführt wird. Diese kann dann auf dem nicht lichtdurchlässigen Digitizer weiterverarbeitet werden. Dieser eigentlich überflüssige Schritt bedeutet nicht nur Mehrarbeit, sondern auch eine zusätzliche Fehlerquelle, so daß dieses Verfahren abzulehnen ist.

Bei einem transluzenten Digitizer gibt es die Möglichkeit der direkten Digitalisierung, ohne die Punkte zuvor auf aufgeklebter Azetatfolie markiert zu haben. Bei der ebenfalls möglichen indirekten Methode werden die Punkte zunächst auf der aufgeklebten Azetatfolie markiert. Danach wird das Röntgenbild mit der Azetatfolie auf den Digitizer gelegt und digitalisiert. Die letztere Methode hat den Vorteil, daß das Auffinden meist leichter ist, da die Sichtbarkeit der Strukturen weder durch Lichtabsorption des Digitalisier-tabletts noch durch Reflexe des meist in einer Lupe eingebauten Fadenkreuzes beeinträchtigt wird. Unter optimalen Bedingungen und bei Verwendung eines Digitizers mit glasklarer Arbeitsfläche kann die

direkte Methode zu guten Ergebnissen führen. Sobald die Bedingungen jedoch nicht optimal sind, ist die indirekte Methode genauer.

Da alle Digitalisiertabletts die Umwandlung der Fadenkreuzposition in numerische Koordinaten relativ zur Digitalisierfläche vornehmen und nicht in Relation zum Röntgenbild, ist es von größter Wichtigkeit, daß das Röntgenbild fest mit dem Digitizer verbunden ist. Zweckmäßig ist die Befestigung mit zwei Klebestreifen, die möglichst weit voneinander entfernt sind. Falls es während der Eingabe der Referenzpunkte zu einer bemerkten oder unbemerkten Bewegung des Bildes auf dem Digitizer kommt, sind Meßfehler unumgänglich.

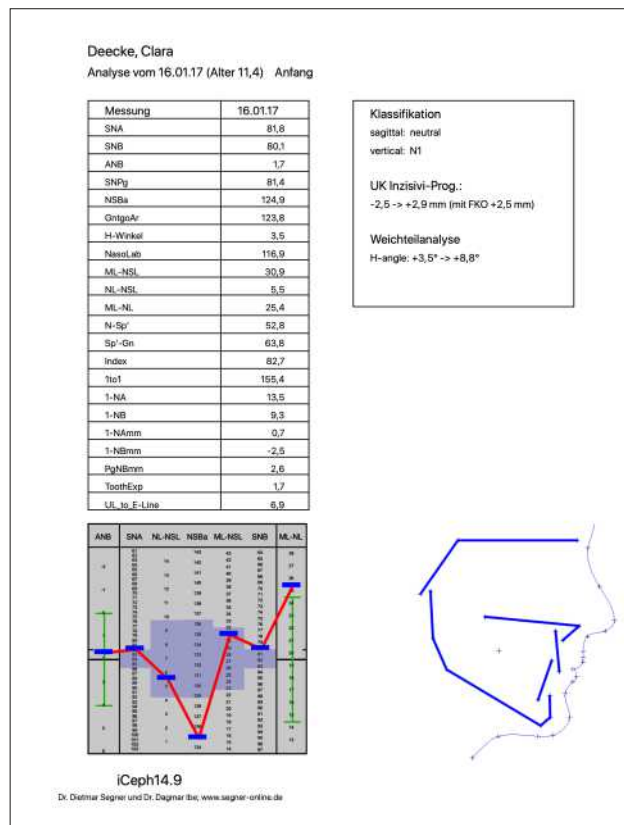


Abb. 42 Beispiel eines Ausdrucks einer computerunterstützten kephalometrischen Analyse

7. Kontrolle von Messfehlern

Jede Auswertung eines Fernröntgenbildes beinhaltet einen gewisse Meßfehler, unabhängig davon, ob die Auswertung manuell oder computerunterstützt vorgenommen wird. Dies läßt sich leicht feststellen, indem ein Röntgenbild zweimal ausgewertet wird und die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Es wird im allgemeinen unmöglich sein, die Meßwerte der ersten Auswertung auf 0.1° oder 0.5 mm genau zu reproduzieren, unabhängig davon, ob die Auswertung manuell oder computerunterstützt erfolgt. Diese auf den ersten Blick erschreckende Tatsache ist jedoch bei der Messung biologischer Größen keineswegs ungewöhnlich. Auch die Messung anderer Größen wie zum Beispiel des Blutdrucks, der Glucosekonzentration oder der Größe eines Organs sind nicht beliebig genau durchführbar. Die Tatsache, daß unsere kephalexmetrischen Messungen mit Fehlern behaftet sind, sollte nicht zu dem Schluß führen, kephalexmetrische Messungen seien als Grundlage für eine kieferorthopädische Behandlungsmaßnahme ungeeignet. Es würde niemand fordern, die Blutdruckmessung als diagnostisches Hilfsmittel abzulehnen, weil sie immer einen Meßfehler beinhaltet. Vielmehr ist es wichtig, Art und Größe des Fehlers, sowie seine Auswirkung auf das Ergebnis der Analyse abschätzen zu können.

Entsprechende Überlegungen werden Fehlerkontrolle genannt. Da es nicht möglich ist, Meßfehler vollständig zu eliminieren, wird ein gewisser Restfehler akzeptiert, seine Größe und Auswirkung aber genau überwacht.

Arten von Meßfehlern

Zur Untersuchung von Meßfehlern wird davon ausgegangen, daß eine Größe mehrfach gemessen wird, um dann die einzelnen

Meßwerte miteinander beziehungsweise mit dem tatsächlichen, objektiv richtigen Wert vergleichen zu können. Zwar ist der tatsächlich richtige Wert meist nicht bekannt, aber für die folgenden Überlegungen soll zunächst seine Existenz angenommen werden.

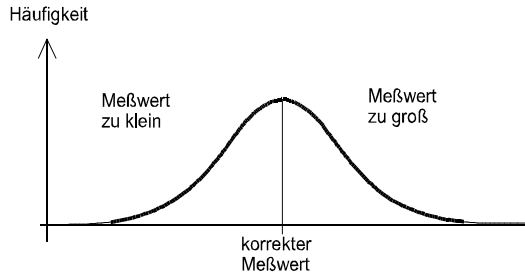


Abb. 43 Streuung der tatsächlichen Meßwerte um den korrekten Wert herum

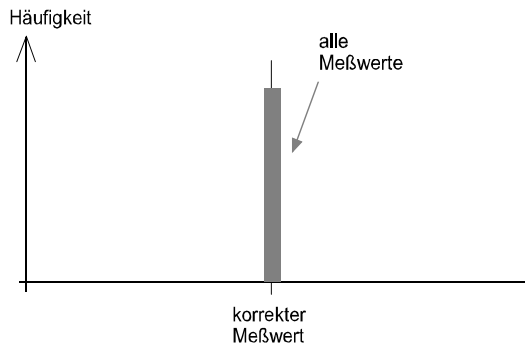


Abb. 44 Fehlende Streuung der Meßwerte: Alle Messungen decken sich mit dem wahren Wert

Beim Vergleich der zahlreichen einzelnen Meßwerte mit dem wahren Wert für die untersuchte Variable stellt man fest, daß es eine gewisse Verteilung der Meßwerte um den wahren Wert herum gibt (Abb. 43). Die meisten Meßwerte liegen nahe dem tatsächlichen Wert. Je weiter sie vom wahren Wert entfernt liegen, desto seltener erscheinen derartige Meßwerte. Gäbe es keinen Meßfehler, so würden alle gemessene-

nen Werte untereinander gleich sein und mit dem tatsächlichen Wert übereinstimmen (Abb. 44).

In der Praxis sieht die Verteilung der Messungen jedoch in etwa wie in Abb. 43 aus. Die Tatsache, daß es eine gewisse Streuung der Meßwerte gibt, daß also nicht alle Meßwerte gleich sind, wird zufälliger Fehler genannt (Abb. 45). Sind alle gemessenen Werte untereinander gleich, jedoch nicht identisch mit dem wahren Wert (Abb. 46), spricht man von einem systematischem Fehler. In Abb. 46 z.B. sind alle gemessenen Werte zu groß. Eine Kombination von zufälligem und systematischem Fehler ist in Abb. 47 dargestellt. Obwohl die Meßwerte im Mittel zu groß sind, gibt es einige, die kleiner als der tatsächliche Wert sind.

Ein systematischer Fehler entsteht z.B. durch die Vergrößerung, die bei jeder Röntgenaufnahme entsteht. Alle Strecken werden um den Vergrößerungsfaktor zu groß gemessen. Auch eine schief angebrachte Kopfhaltung würde zu einem systematischen Fehler führen. Systematische Fehler lassen sich -wenn sie erst einmal entdeckt sind- im allgemeinen durch eine Modifikation der Methode beheben oder zumindest rechnerisch eliminieren. So kann beispielsweise der systematische Fehler bei den Streckenmessungen durch eine Division durch den konstanten und bekannten Vergrößerungsfaktor der Fernröntgenanlage eliminiert werden.

Auch eine unterschiedliche Vorgehenseise, bestimmte Referenzpunkte zu lokalisieren, kann zu systematischen Fehlern führen. Würde zum Beispiel der Punkt Nasion immer auf dem Os frontale am Übergang zur Kerbe zwischen Nasenbein und Os frontale markiert, so würden die Winkel SNA, SNB und SNPg systematisch etwas zu klein gemessen. Ein derartiger systematischer Fehler hätte für den einzelnen

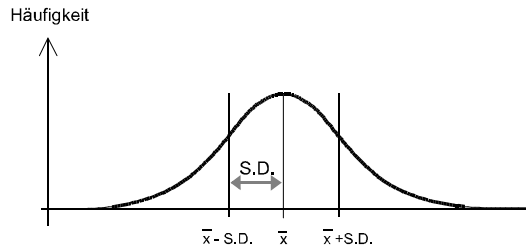


Abb. 45 Zufälliger Fehler (Streuung)

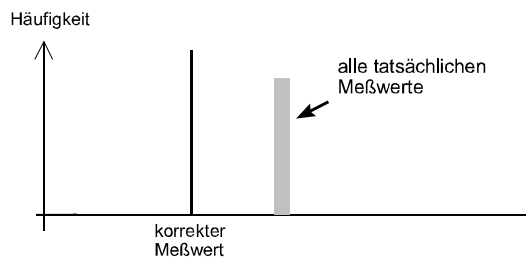


Abb. 46 Systematischer Fehler (Bias): Alle Meßwerte sind zu groß

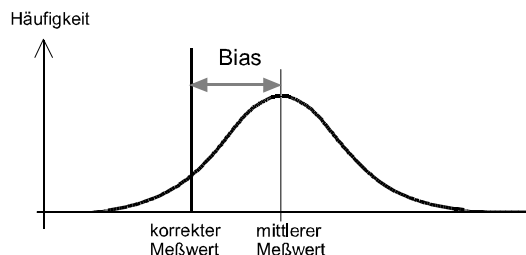


Abb. 47 Kombination aus zufälligem und systematischem Fehler (Streuung+Bias): Die meisten Meßwerte sind zu groß, aber einige auch zu klein

Behandler keine großen Auswirkungen, da er bei jedem ausgewerteten Fall auftritt und damit ein Vergleich mit anderen Fällen desselben Behandlers möglich ist. Sehr problematisch ist solch ein systematischer Fehler jedoch, wenn ein Fall, bei dem dieser Fehler vorhanden ist, mit einer Gruppe verglichen wird, in der er nicht vorhanden ist. Dies trifft um so mehr zu, wenn in einer wissenschaftlichen Untersuchung verschiedene Gruppen miteinander verglichen werden.

Anders als der systematische Fehler läßt sich der zufällige Fehler nicht eliminieren, sondern nur verringern. Um den Erfolg derartiger Maßnahmen kontrollieren zu können, ist zunächst ein Maß für die Größe des Meßfehlers erforderlich. Wie aus Abb. 43 ersichtlich gibt es bei einer Vielzahl von Messungen derselben Variablen auf demselben Röntgenbild eine Verteilungskurve. Diese Verteilungskurve entspricht näherungsweise einer Gauß'schen Normalverteilungskurve. Da es auch seltene, weit neben dem tatsächlichen Wert liegende Messungen geben kann –so genannte Ausreißer– kann nicht ohne weiteres eine Zahl für den Meßfehler angegeben werden. Auch ein „maximaler Fehler“ kann nicht angegeben werden.

Es muß vielmehr eine Anleihe in der Statistik gemacht werden. Eine Normalverteilung und damit auch eine Verteilung von wiederholten Messungen wie in Abb. 45 kann durch den Mittelwert und die Standard-Abweichung beschrieben werden. Sofern kein systematischer Fehler vorliegt, ist der Mittelwert aller Messungen gleich dem tatsächlich richtigen Wert. Aus diesem Grund ist der tatsächlich richtige Wert im weiteren nicht unbedingt erforderlich. Die Standardabweichung ist ein Maß für die Breite der Streuung, das heißt je kleiner dieser Wert, desto enger liegt die Mehrzahl der Messungen um den Mittelwert und damit den tatsächlichen Wert herum. Genau

gibt der Wert für die Standardabweichung (S.D.) an, innerhalb welchen Intervalls um den Mittelwert herum 67% aller Messungen zu erwarten sind (Abb. 45). Im Beispiel beträgt die S.D. 1.5° , d.h., zwischen $84^\circ \pm 1.5^\circ$, also zwischen 82.5° und 85.5° , liegen 67% aller Messungen. Gleichzeitig läßt sich sagen, daß in einem doppelt so großen Intervall, in diesem Fall also zwischen 81° und 87° , 95% aller Messungen liegen. Anders ausgedrückt liegen nur 5% der Messungen außerhalb dieses Intervalls von ± 2 S.D. Eine Verteilung der Meßwerte mit einer geringen S.D. (Abb. 48; punktierte Kurve) zeugt von einem kleinen zufälligen Fehler und damit von einer relativ hohen Meßgenauigkeit. Eine Serie von Messungen mit einer großen S.D. (Abb. 48; gestrichelte Linie) hat einen großen zufälligen Fehler, die Meßgenauigkeit ist demzufolge gering.

Die S.D. ist also eine geeignete Größe, um die Meßgenauigkeit zu beurteilen. Leider läßt sich die S.D. einer Meßserie nur berechnen, wenn es eine Vielzahl von Messungen desselben Röntgenbildes für jede Variable gibt. Dies läßt sich in der Praxis schwer durchführen, da es sehr zeitaufwendig und mühsam ist.

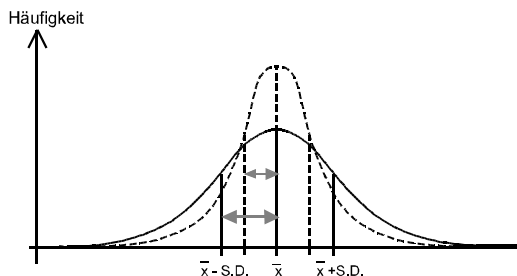


Abb. 48 Verteilungskurven der Meßwerte bei gleichem Mittelwerte aber unterschiedlicher Streuung. Erklärung siehe Text.

Genaugenommen müßten die einzelnen Messungen desselben Bildes auch unabhängig voneinander sein. Da zwei direkt aufeinander folgende Auswertungen desselben Bildes durch Erinnern der Strukturen zu einer Beeinflussung der zweiten Auswertung führen, müßten die einzelnen Auswertungen in einem zeitlichen Abstand von mindestens ein bis zwei Wochen erfolgen. Weiterhin ergeben sich -bedingt durch die unterschiedliche Qualität der Röntgenaufnahmen- für jeden Patienten unterschiedliche Werte. Es wäre jedoch wünschenswert, statt für jeden Patienten für jede Variable einen Wert für die Meßgenauigkeit zu erhalten.

Einen derartigen Wert hat Dahlberg (1943) beschrieben. Zur Berechnung des Methodenfehlers benutzte er die Formel

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

in der d die Differenz zwischen dem einzelnen Meßwert und dem Mittelwert aus den Einzelmessungen desselben Röntgenbildes und n die gesamte Anzahl der Messungen ist. Es werden also alle Röntgenbilder einer Gruppe zwei- oder dreimal gemessen, und das ergibt sich aus der Summe der quadrierten Einzeldifferenzen. Der berechnete Wert entspricht in etwa der Standardabweichung, d.h. je kleiner er ist, desto genauer ist auch die Messung. Da die Differenzen quadriert werden, beeinflußt ein einzelner Ausreißer die Größe deutlich.

Um eine Aussage über die Zuverlässigkeit einer benutzten Variable machen zu können, muß deren Methodenfehler noch in Relation zu der ihrer biologischen Varianz gesetzt werden. Bei einer großen Streuung hat ein bestimmter Methodenfehler weniger Auswirkungen als bei einer geringen. Zur

Beurteilung dieses Zusammenhangs hat Houston (1983) den Zuverlässigkeitskoeffizienten angegeben:

$$reliability = 1 - \frac{\delta^2}{s_v^2}$$

Darin stellt δ den Methodenfehler und s_v die Standardabweichung der Variable dar. Je näher dieser Wert bei 1 liegt, desto zuverlässiger ist die untersuchte Variable und desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß Fehlmessungen zu falschen Ergebnissen der kephalometrischen Analyse führen.

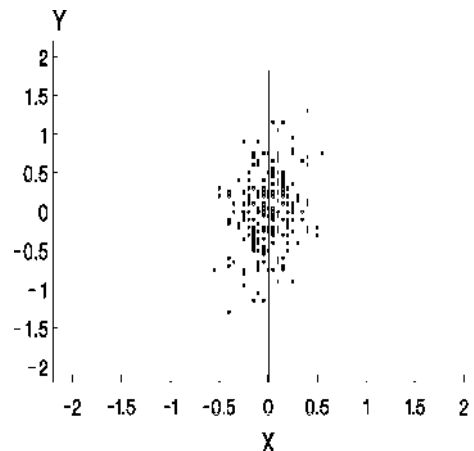


Abb. 49 Streuungsdiagramm des Referenzpunktes B-Punkt

Um sicherzustellen, daß die benutzten Variablen eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, sollte bei der Auswahl der Variablen auf die wahrscheinlichen Fehler bei der Lokalisation der Referenzpunkte geachtet werden. Wiederholtes Aufsuchen desselben Referenzpunktes ergibt Punktwolken, wie sie in Abb. 49 und 50 für die Referenzpunkte B-Punkt und Gnathion dargestellt sind.

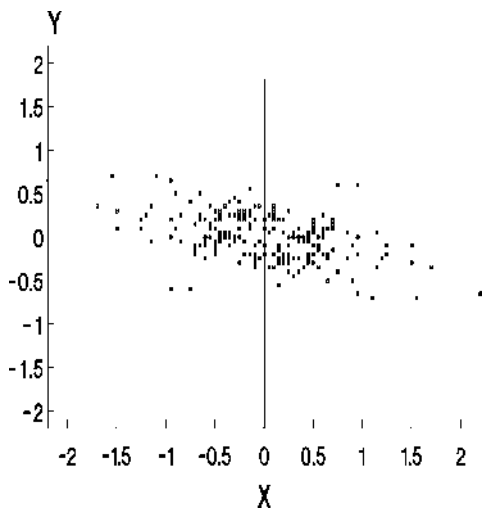


Abb. 50 Streuungsdiagramm des Referenzpunktes Gnathion

Es wird deutlich, daß beide Punktwolken eine längliche Form haben. Daraus ergibt sich, daß Messungen in einer Richtung des Raumes eine geringere Streuung und damit Genauigkeit aufweisen als in der anderen. Beim B-Punkt etwa ergibt sich in sagittaler Richtung eine deutlich geringere Streuung; er ist daher für alle sagittalen Messungen gut geeignet. Für vertikale Messungen hingegen ist er völlig ungeeignet.

Anders der Punkt Gnathion. Er ist sinnvoll nur für vertikale Messungen zu gebrauchen, nicht jedoch für sagittale.

Selbstverständlich gibt es auch Referenzpunkte, die kugelige Punktwolken haben und damit gleichermaßen für sagittale und vertikale Messungen geeignet sind. Sella, Nasion und die Inzisalkanten können als Beispiel für diese Gruppe genannt werden.

Weiterhin hängt der anguläre Fehler der Referenzlinien auch vom Abstand der Referenzpunkte voneinander ab. Er ergibt sich nach

$$\varepsilon \approx \frac{1}{\sqrt{d}} \times \sqrt{s_{e_1}^2 + s_{e_2}^2}$$

aus den Streuungen der Referenzpunkte jeweils senkrecht zur Referenzlinie und aus der Wurzel aus dem Abstand zwischen den Referenzpunkten (Segner 1993). Je größer der Abstand, desto größer ist also die Genauigkeit und Zuverlässigkeit einer Referenzlinie.

Die genannten Prinzipien wurden bei der Auswahl der Variablen im vorherigen Abschnitt berücksichtigt.

C. Klinische Aussage der Variablen

Im letzten Kapitel wurde beschrieben, welche Winkel und Strecken am Fernröntgenbild gemessen werden. Es wurde darauf hingewiesen, daß bei der Auswahl der zu messenden Variablen deren Meßbarkeit bzw. Reproduzierbarkeit berücksichtigt werden muß. Ein weiterer, nicht minder wichtiger Aspekt ist jedoch, daß die verwendeten Variablen auch eine differenzierte, nachvollziehbare und klinisch relevante Aussage über den Gesichtsschädelaufbau machen können. Im folgenden wird deshalb beschrieben, welche Aussagen die verwendeten Variablen machen können.

Der A-Punkt liegt in der Grenzzone zwischen knöchernem Alveolarfortsatz und Oberkieferbasis, so daß der SNA-Winkel klinisch die sagittale Position der Maxilla bezeichnet.

Die Individuen innerhalb der einzelnen ethnischen Gruppen weisen bezüglich dieses Winkels große Variationen auf. Um diese Variationen aufzuzeigen, wurde eine Gruppe von 242 jungen Erwachsenen aus Gruppe von Hamburg mit Angle-Klasse I Okklusion ausgewählt und unter anderem den SNA-Winkel gemessen. Die Verteilung der Meßwerte ist in Abb. 51 dargestellt. Es zeigt sich, daß die Werte zwischen 72,2° und 91,1° bei einem Mittelwert von 81,9°

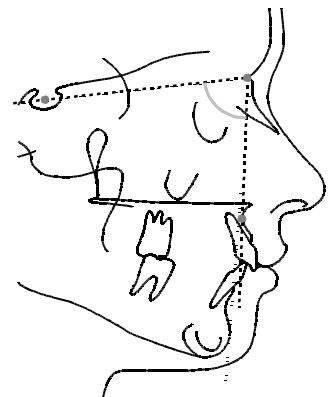
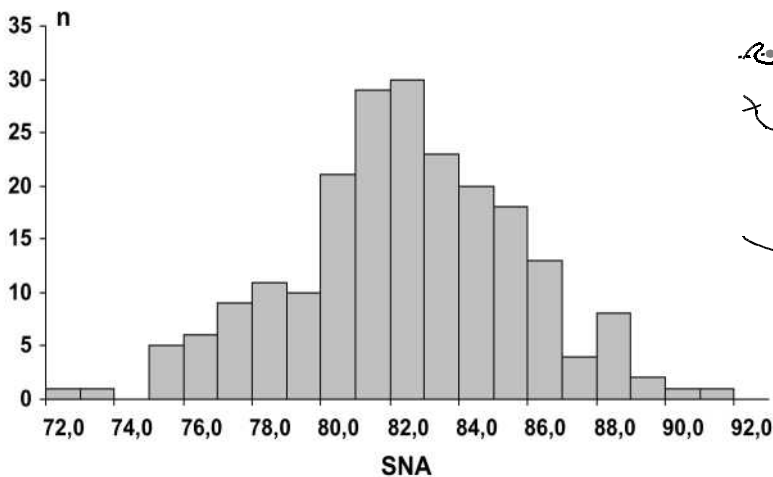


Abb. 51 Verteilung der Werte für den SNA-Winkel in der Untersuchungsgruppe

SNA-Winkel

Der SNA-Winkel ist Ausdruck der anterior-posterioren Position des A-Punktes in Relation zur anterioren Schädelbasis in Form von NSL.

liegen. Nur ein Bruchteil der Individuen dieser Gruppe liegt bei oder nahe dem Mittelwert.

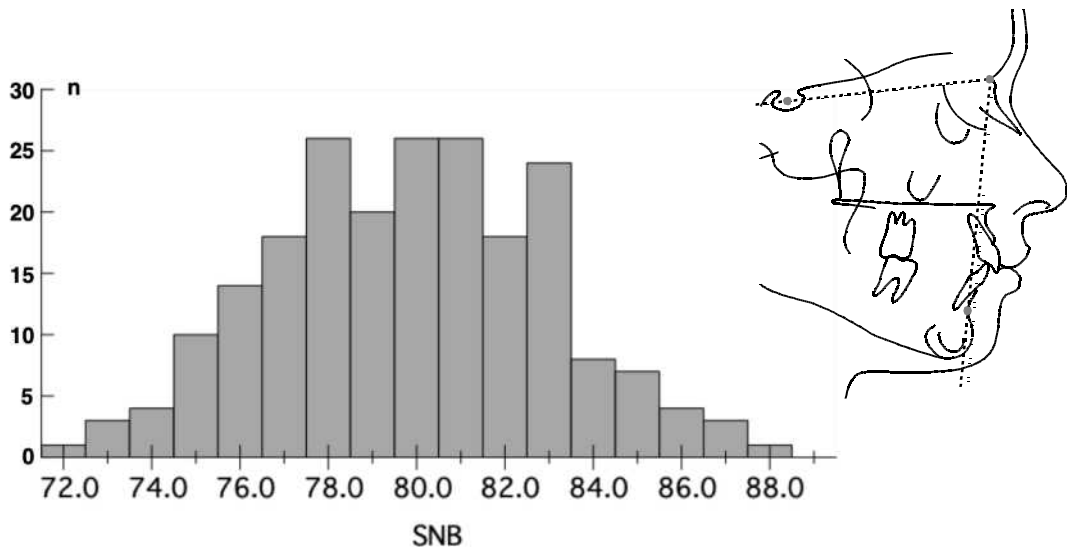


Abb. 52 Verteilung des SNB-Winkels in der Untersuchungsgruppe

In Verbindung mit der sagittalen Position der Maxilla wird der Begriff Prognathie-Grad verwendet. Bei großen Werten des SNA-Winkels ($SNA > 85^\circ$) wird die anterior-posteriore Position der Maxilla als prognath bezeichnet. Liegen die Werte für den SNA-Winkel innerhalb der Grenzen $79^\circ < SNA < 85^\circ$, so ist die Position der Maxilla orthognath, bei Werten unterhalb von 79° retrognath.

SNB-Winkel

Der SNB-Winkel beschreibt die anterior-posteriore Lage der Mandibula in Relation zur anterioren Schädelbasis auf dieselbe Weise wie der SNA-Winkel für den Oberkiefer. Der B-Punkt liegt analog zum

A-Punkt zwischen der Unterkiefer-Basis und dem Alveolarfortsatz.

Auch die Verteilung des SNB-Winkels ist ähnlich der des SNA-Winkels (Abb. 52). Das Säulendiagramm der Untersuchungsgruppe zeigt Werte zwischen 72.2° und 88.0° bei einem Mittelwert von 79.8° . Selbst in dieser begrenzten Gruppe mit guter Okklusion ergibt sich eine breite Streuung mit zum Teil recht extremen Werten.

Die sagittale Position der Mandibula wird wieder nach Prognathiegraden klassifiziert, und zwar für Werte größer als 83° als prognath, für Werte kleiner als 77° als retrognath und zwischen 77° und 83° als orthognath.

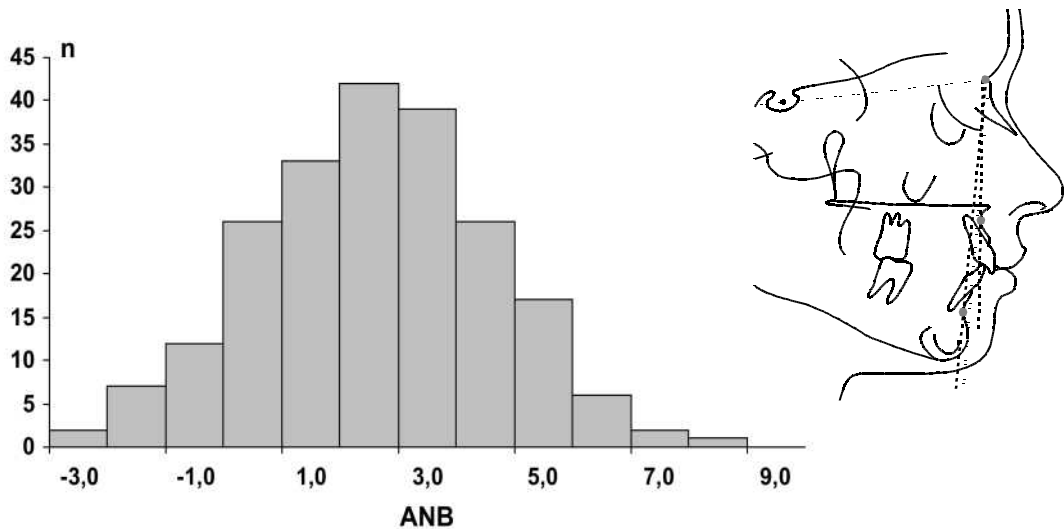


Abb. 53 Verteilung des ANB-Winkels in der Untersuchungsgruppe

ANB-Winkel

Die sagittale Position der Maxilla in Relation zur Mandibula ist klinisch von besonderem Interesse. Diese Beziehung wird durch den ANB-Winkel ausgedrückt.

Das Verteilungsdiagramm in Abb. 53 zeigt, daß in der Beispielgruppe eine Streuung von $-3,1^\circ$ bis $7,8^\circ$ bei einem Mittelwert von $2,1^\circ$ besteht. Trotz dieser großen Spanne zeigten alle Individuen der Gruppe eine gute Angle-Klasse I Okklusion. Der ANB-Winkel nimmt positive Werte an, wenn der A-Punkt vor der NB-Linie liegt (Abb. 54, links). Fallen NA- und NB-Linie zusammen, wird der ANB-Winkel gleich 0° (Abb. 54, Mitte) und wenn der A-Punkt hinter der NB-Linie liegt, ergeben sich negative Werte für den ANB-Winkel (Abb. 54, rechts).

Die durch den ANB-Winkel beschriebene sagittale Relation der Kieferbasen wird zur Vereinfachung der Kommunikation in die drei Klassen distal, neutral und mesial

eingeteilt. Für das *orthognathe* Gesicht gilt:

1. mesial $ANB < 0^\circ$
2. neutral $0^\circ < ANB < 4^\circ$
3. distal $ANB > 4^\circ$

Aufgrund von geometrischen Zusammenhängen muß der ANB-Winkel in Zusammenhang mit dem Prognathiegrad der Kiefer gesehen werden. Jacobson hat in seinem Artikel 1975 diesen Zusammenhang erwähnt. In seiner klassischen Zeichnung (Abb. 54) wird deutlich, daß eine Verschiebung der Kiefer nach ventral oder dorsal, oder auch die sagittale Verschiebung des Nasions bei sonst gleicher Relation der Kieferbasen zueinander zu einem unterschiedlichen ANB-Winkel. Grund ist die Tatsache, daß einerseits der SNA- und SNB-Winkel normalerweise von 90° abweichen und andererseits die Neigung der Kiefer -wie weiter unten noch genau beschrieben- vom Prognathiegrad abhängt. Beides hat jedoch Einfluß auf den ANB-Winkel: Bei gleicher Relation der Kiefer

zueinander wird ein retrognathes Gesicht zu einem kleineren ANB-Winkel führen während eine gleichzeitige posteriore Rotation von Maxilla und Mandibula zu einer Vergrößerung des ANB-Winkels führt.

Es hat viele Versuche gegeben, diese Probleme des ANB-Winkels durch Anwendung anderer Messungen zu vermeiden. Bis heute konnte jedoch für keine andere Messung eine bessere Reproduzierbarkeit und klinische Aussagekraft nachgewiesen werden.

Im retrognathen Gesicht nimmt der ANB-Winkel in der Regel kleinere und im prognathen Gesicht größere Werte an. Für die Klassifizierung der sagittalen basalen Relation müssen die Intervalle entsprechend um 2° nach oben beziehungsweise unten verschoben werden, so daß beispielsweise für das *prognathe* Gesicht gilt:

1. mesial $ANB < 2^\circ$
2. neutral $2^\circ < ANB < 6^\circ$
3. distal $ANB > 6^\circ$

Genauer kann diese Einteilung erfolgen, wenn der individuell optimale ANB-Winkel bestimmt wird. In Kapitel D wird beschrieben, wie dies für jeden Patienten durchgeführt werden kann.

Der ANB-Winkel ist von besonderer klinischer Bedeutung, da er nicht nur eine Aussage über die Behandelbarkeit sagittaler Malokklusionen macht, sondern auch unmittelbar die Stellung der Inzisivi beeinflusst. Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, daß selbst in unbehandelten Fällen eine gute Korrelation zwischen der Stellung der Inzisivi und der Größe des ANB-Winkels besteht. Die Natur benutzt die Inzisivi zur Kompensation basaler sagittaler Abweichungen.

Dieser Zusammenhang wird besonders deutlich in Fällen mit einer skelettal mesialen Konfiguration der Kieferbasen (Opisthognathie (maxilläre Hypoplasie) und/oder Progenie). In diesen Fällen sind die Oberkiefer-Inzisivi oft stark protrudiert, während die Unterkiefer-Inzisivi mehr nach lingual geneigt stehen (Abb. 57).

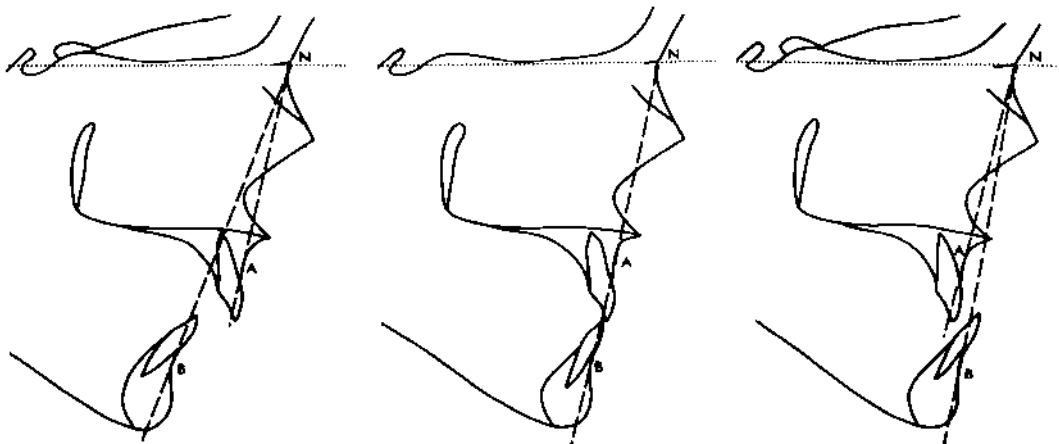


Abb. 54 Der ANB-Winkel kann sowohl positive als auch negative Werte annehmen

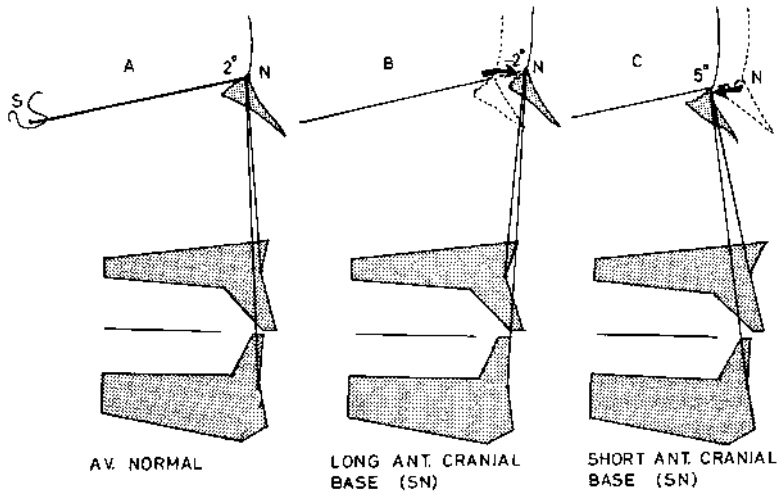


Abb. 55 Einfluß des Prognathiegrades auf den ANB-Winkel. Hier gezeigt als unterschiedliche Länge der anterioren Schädelbasis: links orthognath, Mitte retrognath, rechts prognath (aus Jacobsen: *Application of the „Wits“ appraisal* (1976))

Einen entsprechenden Ausgleichsmechanismus, jedoch in umgekehrter Richtung, kann bei Fällen mit einem großen ANB-Winkel beobachtet werden (Abb. 56). Die unteren Inzisivi stehen dabei deutlich protrudiert, während die oberen Inzisivi eher aufgerichtet sind. In Kombination ergibt sich damit eine Reduktion des eigentlich zu erwartenden großen sagittalen Überbisses.

In dem in Abbildung 56 gezeigten Fall ist der kompensierende Mechanismus der Schneidezahnstellung alleine nicht ausreichend, um eine gute Frontzahnrelation zu ergeben. Aber selbst in Fällen mit annähernder Idealokklusion findet sich ebenfalls dieser ausgleichende Effekt der Schneidezahnstellung (Abb. 57).

Dieser Zusammenhang zwischen Schneidezahnstellung und ANB-Winkel sollte klinisch beachtet werden. Es ist kieferorthopädisch möglich, die Stellung der Inzisivi in beiden Kiefern zu verändern. Die Frage ist nur, *wohin* sie gestellt werden

sollen. Da der ANB-Winkel bestimmt werden kann, ist es möglich, diesen auch als Leitfaden für diese Fragestellung zu verwenden. Wird der ANB-Winkel während der Behandlung verkleinert, so ist es oft notwendig, die Unterkiefer-Inzisivi

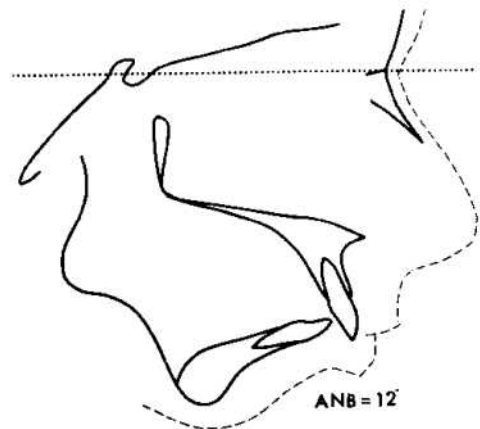


Abb. 56 Kompensierende Stellung der Inzisivi bei großem ANB-Winkel

aufzurichten, und zwar in derselben Weise, wie es die Natur machen würde. Es ist möglich, eine akzeptable Schneidezahnstellung innerhalb eines großen Spektrums von ANB-Winkeln zu erhalten, aber dies verlangt von Fall zu Fall eine verschiedene Neigung der Inzisivi, die unter anderem von der Größe des ANB-Winkels abhängt.

Es muß hervorgehoben werden, daß dies eine Vereinfachung der Probleme darstellt,

da die übrigen kompensierenden Mechanismen im Gesichtsschädel von Patient zu Patient unterschiedlich sein können, so daß auch der Einfluß anderer kephalometrischer Variablen diskutiert werden muß. Des weiteren gibt es Zusammenhänge zwischen dem Weichteilprofil und dem ANB-Winkel. So kann zum Beispiel der H-Winkel nur im Zusammenhang mit dem ANB-Winkel diskutiert werden.

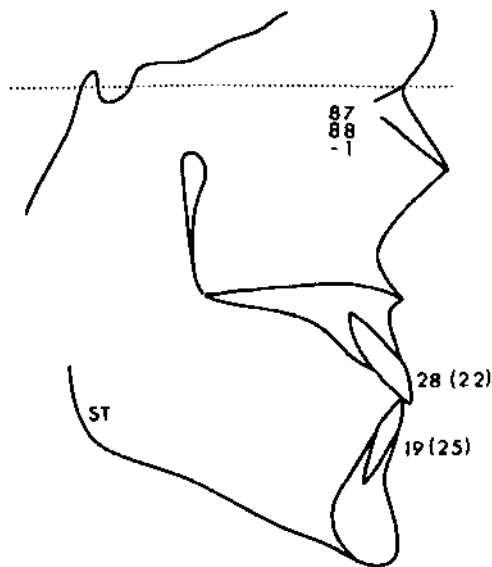


Abb. 57 Der kompensierende Mechanismus der Schneidezahnstellung, dargestellt anhand eines Falls mit annähernder Idealokklusion, aber leicht mesialer Relation der Kieferbasen.

SNPg-Winkel

Der Winkel SNPg gibt -wie auch der SNB-Winkel- einen Hinweis über die sagittale Position der Mandibula. Das Pogonion ist der am weitesten ventral gelegene Punkt der Symphyse, während der B-Punkt, der als Grundlage für den SNB-Winkel dient, am Übergang zwischen knöchernem Alveolarfortsatz und Kieferbasis liegt. Sowohl der SNPg- als auch der SNB-Winkel drücken damit im Wesentlichen dieselbe Relation aus, wenn auch im Einzelfall durchaus nennenswerte Differenzen zwischen diesen zwei Messungen bestehen. Diese Differenz gibt uns die Möglichkeit, den knöchernen Kinnvorsprung und die sagittale Stellung der Zähne auf dem Corpus mandibulae abzuschätzen. Dies ist wichtig bei der Differentialdiagnose von Fällen mit Distalokklusion (siehe auch PgNB_{mm}).

Die Streuung des SNPg-Winkels ist ähnlich der des SNB-Winkels, dabei aber noch etwas flacher verteilt. Bei einem Mittelwert

von 81.0° zeigt die Untersuchungsgruppe eine Spanne von 73.6° bis 90.4°.

Die Differenz zwischen SNB und SNPg beträgt bei der erwachsenen Beispielgruppe im Mittel 1.2° für das orthognathe Gesicht. In Fällen mit alveolärer Retrusion, wie man sie häufig bei Angle Klasse II₂-Fällen findet, liegt die Differenz deutlich über diesem Durchschnittswert. In Fällen ohne alveoläre Retrusion kann es besonders in Verbindung mit einem großen ML-NSL-Winkel dazu kommen, daß der Pogonion-Punkt dorsal der NB-Linie liegt und damit der SNPg-Winkel kleiner als der SNB-Winkel ist.

ML-NSL-Winkel

Der Winkel ML-NSL drückt die Neigung der Mandibula in Bezug auf die anteriore Schädelbasis aus. Die Kontrollgruppe weist Werte zwischen 13.3° und 41.6° bei einem Mittelwert von 28.0° auf (Abb. 60).

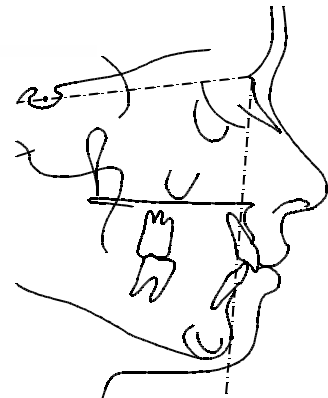
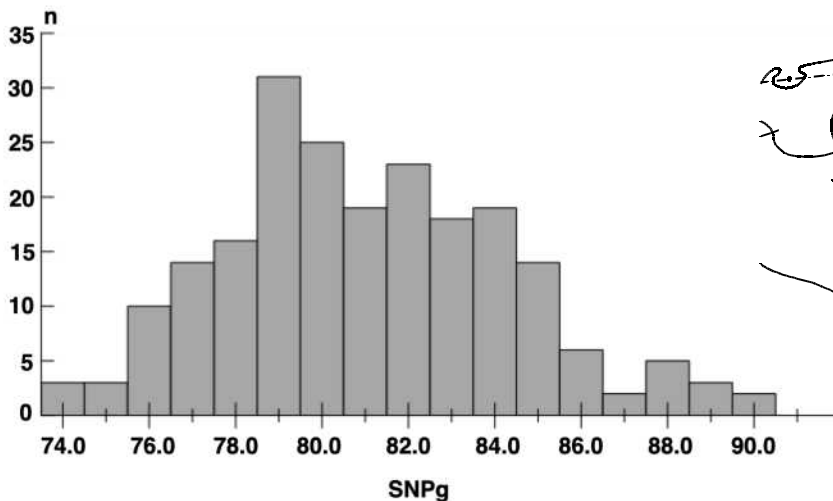


Abb. 58 Verteilung des SNPg-Winkels

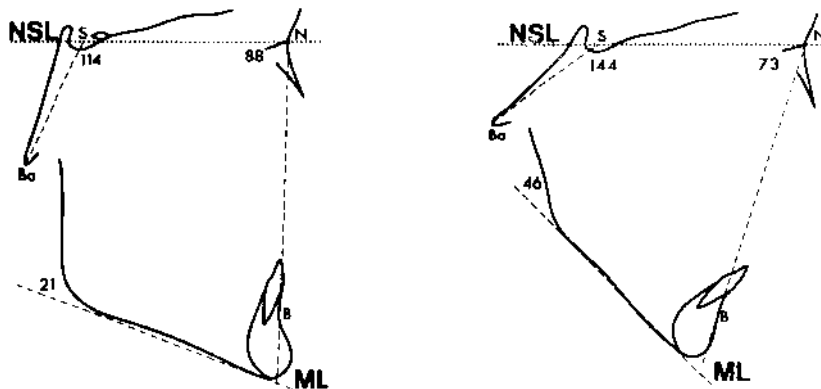


Abb. 59 Bezeichnung der Neigung der Mandibula: links anterior, rechts posterior

Ausgehend von diesem Mittelwert wurden die Begriffe *posteriore Neigung* und *anteriore Neigung* eingeführt. Liegen die Werte für ML-NSL über dem Mittelwert, spricht man von posteriorer Neigung (Abb. 59, rechts), liegen sie darunter, von anteriorer Neigung (Abb. 59, links).

Stärker als die anderen kephalometrischen Variablen ist der Mittelwert des ML-NSL-

Winkels regionalen Unterschieden ausgesetzt. So wurde in der Vergangenheit aufgrund von Untersuchungsergebnissen von Björk in Mittelschweden häufig mit einem Mittelwert von 32° gearbeitet. Mehrere Untersuchungen in der Folge haben jedoch ergeben, daß zumindest für die norwegische, dänische und deutsche Population der Mittelwert deutlich niedriger liegt.

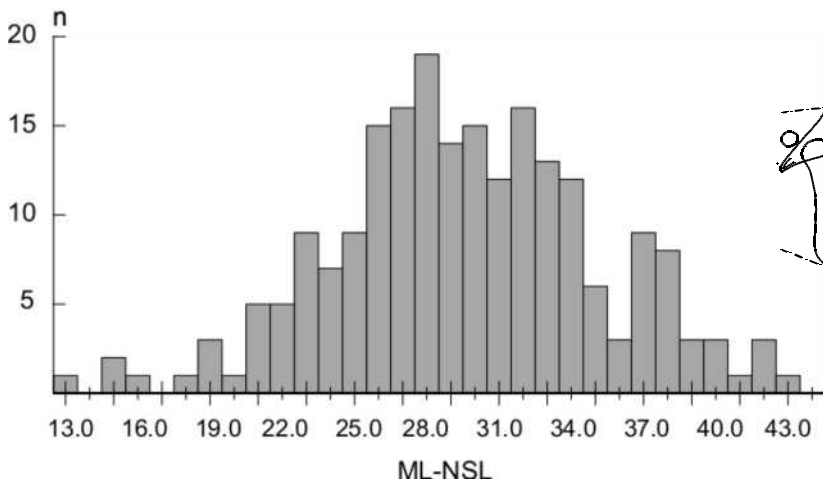


Abb. 60 Verteilung des Winkels ML-NSL

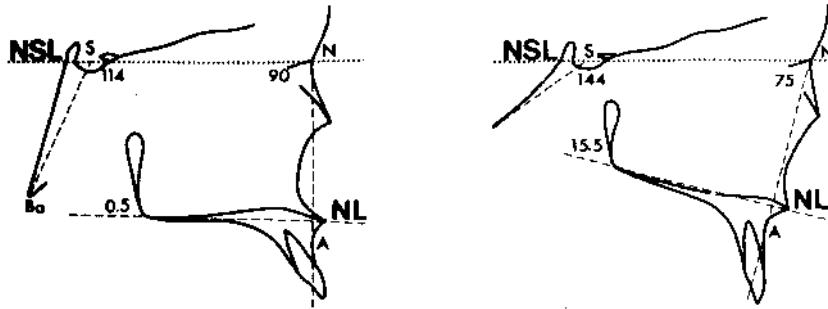


Abb. 61 Bezeichnung der Neigung der Maxilla: links anterior, rechts posterior

NL-NSL-Winkel

Der Winkel NL-NSL drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die anteriore Schädelbasis aus. Die Beispielgruppe zeigt wieder eine deutliche Streuung, auch wenn die Spanne nicht so groß wie die des ML-NSL-Winkels ist. Die gefundenen Werte er-

strecken sich von 1.3° bis 16.5° , bei einem Mittelwert von 8.1° .

Ausgehend vom Mittelwert von 8.1° werden auch hier die Begriffe *posteriore* (bei großen Werten) und *anteriore Neigung* (bei kleinen oder negativen Winkelwerten) verwendet.

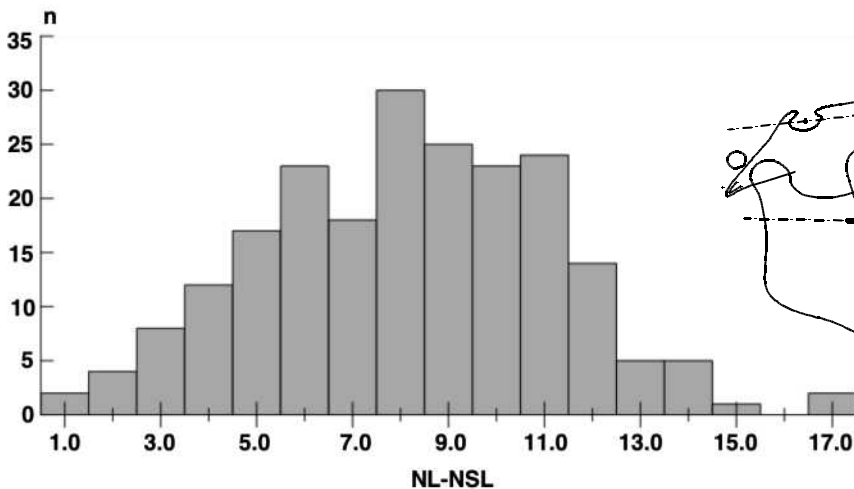


Abb. 62 Verteilung des Winkels NL-NSL

ML-NL-Winkel

Der Winkel ML-NL beschreibt den Neigungswinkel der Mandibula (ML) relativ zur Oberkieferbasis (Nasallinie NL) aus. Der Winkel wird auch als Interbasiswinkel bezeichnet und drückt die Divergenz der Kieferbasen aus.

Die Untersuchungsgruppe zeigt Werte zwischen 7.1° und 34.3°. Der Mittelwert beträgt 19.8°. Auch für diesen Winkel gilt das bei ML-NSL gesagte über regionale Unterschiede. Der oft genannte Durchschnittswert von 23.5° oder 25° ist für die hiesige Bevölkerungsgruppe zu groß. Weiterhin muß die Beurteilung dieses Winkels im Zusammenhang mit dem Gesichtstyp erfolgen. Die Zusammenhänge im einzelnen werden im Kapitel „Norm“ besprochen.

Klinisch wird dieser Winkel als Diskussionsgrundlage für die Beurteilung von dentalen Anomalien mit basalen Abweichungen in vertikaler Richtung benutzt: offener und tiefer Biß. Von besonderer

Bedeutung ist dieser Winkel außerdem in Grenzfällen, wenn bei Platzmangel entschieden werden muß, ob eine Distalisierung von Molaren im Ober- und/oder Unterkiefer durchgeführt werden kann. So sollte bei einem großen Winkel vorsichtig mit der Distalisierung von Molaren vorgegangen werden, da daraus eine posteriore Rotation der Mandibula und in der Folge eine Bißöffnung resultieren kann. Bei kleinen Werten für ML-NL wäre diese Nebenwirkung dagegen wünschenswert.

In diesem Zusammenhang kommt auch der Zugrichtung bei der Anwendung des Fazialbogens (Headgear) auf den oberen Molaren große Bedeutung zu, unabhängig davon, ob eine aktive Distalisierung erreicht werden soll, oder ob die Molaren nur im Sinne einer Verankerung „gehalten“ werden sollen. Außer einer möglichen Rotationswirkung kann eine cervikale Zugrichtung (Nackenzug) eine Extrusion der Molaren und damit eine Öffnung des ML-NL-Winkels und des Bisses bewirken. Durch Verwendung eines Occipitalzuges

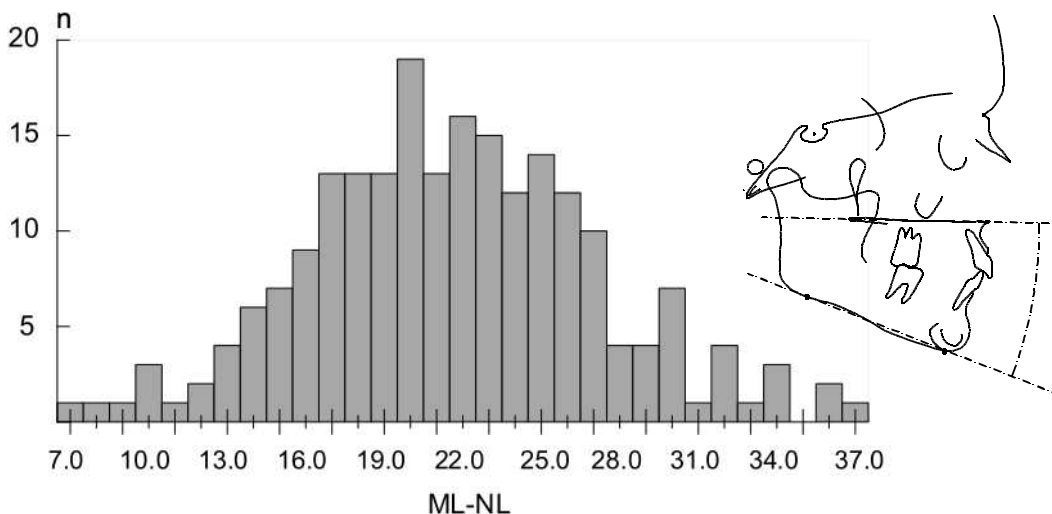


Abb. 63 Verteilung des Winkels ML-NL

kann diese möglicherweise unerwünschte Nebenwirkung nicht nur vermieden werden, sondern es kann sogar eine Intrusion der oberen Molaren mit einer Verringerung des ML-NL-Winkels in der Folge erreicht werden.

NSBa-Winkel

Der Schädelbasiswinkel NSBa beschreibt die Abknickung der Schädelbasis und damit die Relation des Clivus zur anterioren Schädelbasis. Die Untersuchungsgruppe zeigt eine Streuung von 118,9° bis 151,2°, bei einem Mittelwert von 131,7°.

Es besteht ein morphologischer Zusammenhang zwischen dem NSBa-Winkel und dem Gesichtsschädel, da es eine enge Lagebeziehung des Clivus und der Fossa articularis in der Sagittalebene gibt. Damit hängt über die Kiefergelenke auch die sagittale Position der Mandibula mit dem NSBa-Winkel zusammen.

Winkel Gn-tgo-Ar

Der Kieferwinkel Gn-tgo-Ar beschreibt die Relation des Ramus zum Corpus mandibulae und ist damit ein Ausdruck der Form des Unterkiefers. Für diesen Winkel gibt es eine sehr große Variation von 101,4° bis 144,5°, wobei der Mittelwert 121,8° beträgt.

Die Größe des Kieferwinkels wird unter anderem von der Wachstumsrichtung der Kondylen beeinflusst. Wächst der Kondylus in posteriore Richtung, ergibt sich ein großer Wert für den Kieferwinkel. Umgekehrt resultiert ein Wachstum in anteriore Richtung in einem kleinen Wert für den Kieferwinkel. Umgekehrt spielt der Winkel auch eine gewisse Rolle bei der Prognose der Wachstumsrichtung. Große Werte für diesen Winkel weisen darauf hin, daß der Condylus relativ zum Corpus auch weiterhin eher nach dorsal wächst und damit ein eher vertikales Wachstum mit Tendenz zur posterioren Rotation zu erwarten ist.

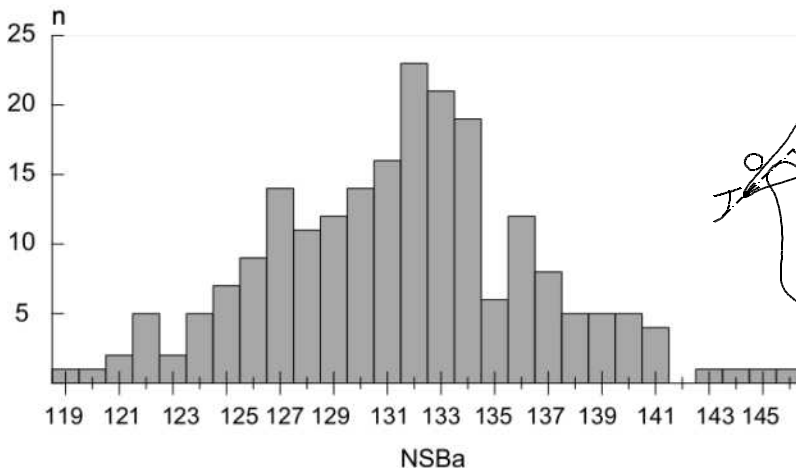


Abb. 64 Verteilung des NSBa-Winkels



Abb. 65 Offener und geschlossener Kieferwinkel am Schädel

Kleine Kieferwinkel deuten dagegen auf ein mehr vertikal oder sogar anterior gerichtetes Wachstum der Condylen und in der Folge ein eher anterioreres Wachstum der Mandibula hin. Zu beachten ist bei derartigen Prognosen, daß sowohl am

Unter- als auch am Hinterrand des Kieferwinkels im Laufe des Wachstums Apposition und/oder Resorption stattfindet, so daß alle Aussagen mit einer gehörigen Portion Vorsicht gemacht werden müssen.

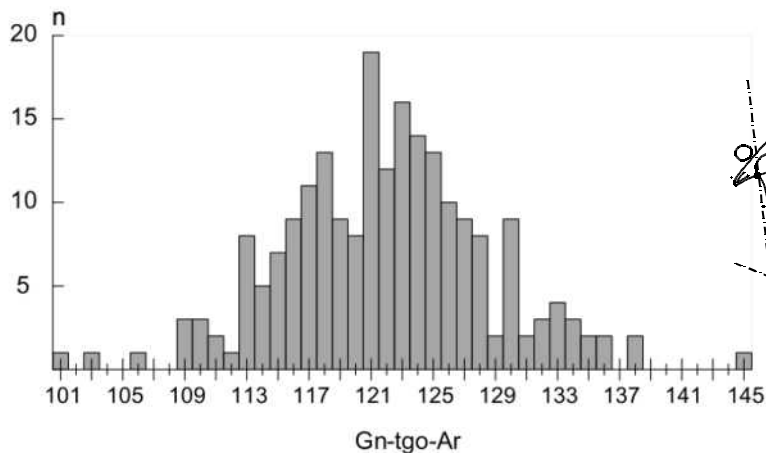


Abb. 66 Verteilung der Werte des Kieferwinkels Gn-tgo-Ar

Weichteilwinkel nach HOLDAWAY

Die Messung des H-Winkels stellt einen Versuch dar, die bedeckenden Weichteile in Relation zum Hartgewebsprofil zu setzen. Dabei beschreibt der Winkel die Neigung der H-Linie in Relation zur NB-Linie. Aus Abbildung 67 ist ersichtlich, daß eine große Streuung um den Mittelwert von 9.2° herum besteht. Zu beachten ist, daß der Winkel bei jungen Kindern meist deutlich über dem Wert für Erwachsene liegt, sich dann aber im Laufe des Wachstums im Wert verringert.

Der H-Winkel ist nicht allein in Hinblick auf die Stabilität der okklusalen Einstellung zu betrachten, sondern vor allem in Hinblick auf ein ästhe-

tisches Erscheinungsbild des Patienten. Deutlich zu große oder zu kleine Werte für diesen Winkel werden vom Patienten und seiner Umwelt bei der Profilbeurteilung meist als unangenehm empfunden.

Einen Einfluß auf den H-Winkel üben vor allem die sagittale Basenrelation (ANB-Winkel), die Kinnprominenz ($PgNB_{mm}$), die Weichteildicken von Kinn und Oberlippe sowie die Stellung der oberen Schneidezähne aus. Da die erste und letzte dieser Größen vom Kieferorthopäden in der Regel beeinflußt werden können, sollte in der Behandlungsplanung darauf geachtet werden, daß eine ungünstige Beeinflussung des H-Winkels vermieden wird.

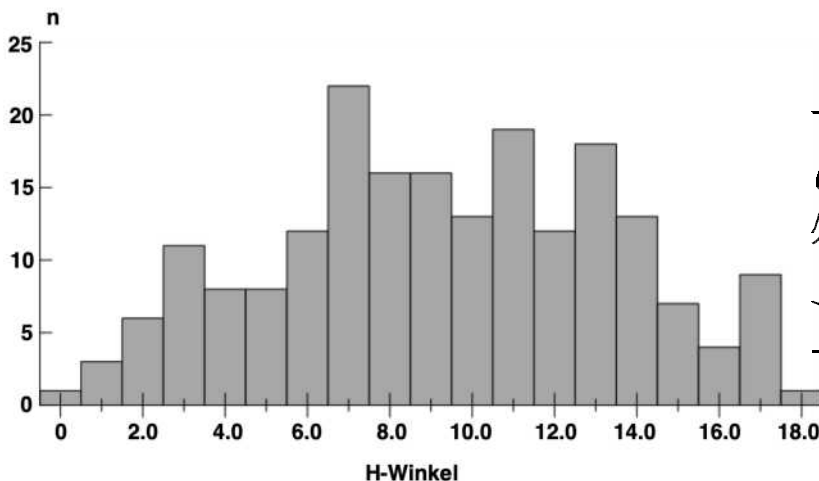


Abb. 67 Verteilung des H-Winkels

Nasolabialwinkel

Der Nasolabialwinkel gibt die Relation der Oberlippe zur Nase an. Er ist für die ästhetische Beurteilung eines Profils von großer Bedeutung. Ein großer Wert des Winkels deutet entweder auf eine Anormität der Nase (Stupsnase, Steckdosennase) oder auf eine Retrusion der Oberlippe hin. Auch eine Kombination dieser beiden Zustände kommt vor. Eine Retrusion der Oberlippe hat eine Verringerung des sichtbaren Lippenrots zur Folge. Ein deutliches Lippenrot wirkt auf die meisten Menschen jugendlich und vorteilhaft.

Ein sehr kleiner Wert des Nasolabialwinkels tritt vor allem in Fällen von bi-maxillärer Protrusion oder starker maxillärer Hypoplasie (Lippen-Kiefer-Gaumen-spalten) auf und wird ebenfalls als un-

günstig empfunden.

Der Mittelwert des Nasolabialwinkels beträgt 109.8° , bei einer S.D. von 9.8. Die Spanne der vorkommenden Werte reicht von 87° bis 128° . Dabei muß beachtet werden, daß die Untersuchungsgruppe nach der Okklusion und nicht nach ästhetischen Kriterien ausgesucht wurde. Eine Gruppe von ästhetisch besonders günstigen Profilen würde vermutlich weniger Extremwerte aufweisen.

Der Nasolabialwinkel ist weder alters- noch geschlechtsabhängig; der angegebene Mittelwert kann also für alle Patienten als Referenz dienen.

Die Beurteilung des Weichteilprofils kann nicht allein auf gemessenen Werten beruhen, sondern es muß immer Raum für eine subjektive Beurteilung gelassen werden.

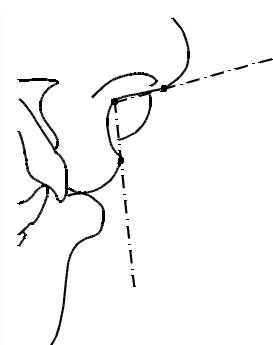
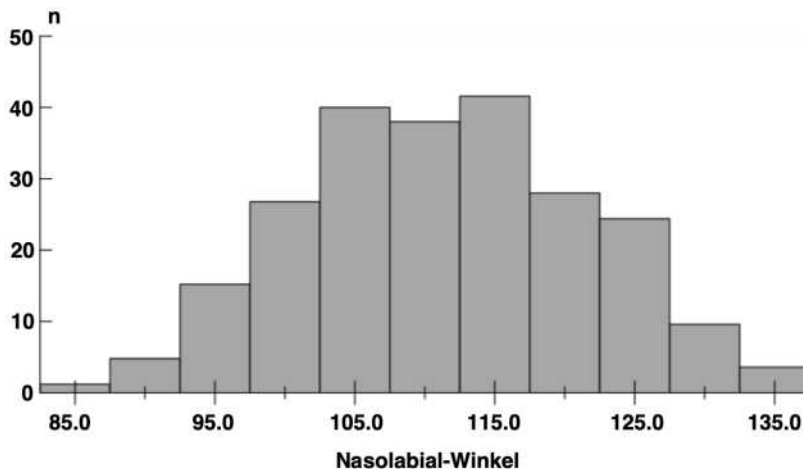


Abb. 68 Verteilung des Nasolabial-Winkels

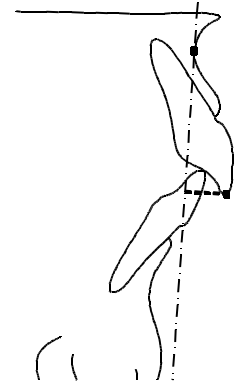
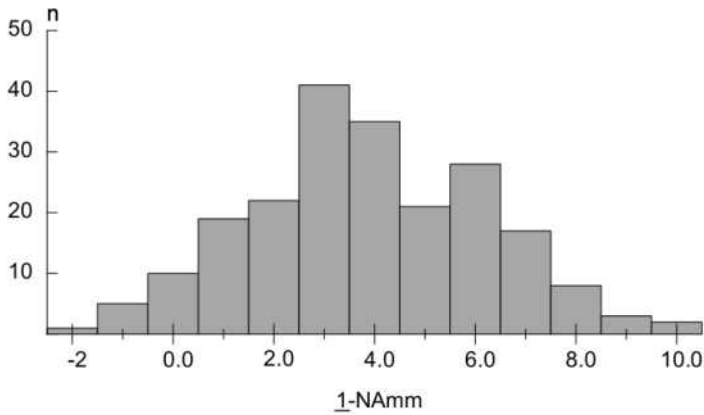


Abb. 69 Verteilung von \perp -NA_{mm}

\perp -NA

Zur Beschreibung der Stellung der oberen Inzisivi wird eine Strecken- und eine Winkelmessung verwendet, die beide auf die NA-Linie als Referenz bezogen sind. Auf diese Weise wird die Stellung der Inzisivi zur Basis der Maxilla in anterior-posteriorer Richtung beurteilt.

Die Untersuchungsgruppe zeigt eine Streuung von -2.6 mm bis 10.5 mm, bei einem Mittelwert von 3.7 mm (Abb. 69). Der Winkelwert gibt zusätzlich die Achsenneigung der Inzisivi an. Diese Protrusion lag in der Kontrollgruppe zwischen -0.3° und 34.4° , bei einem Mittelwert von 20.9° .

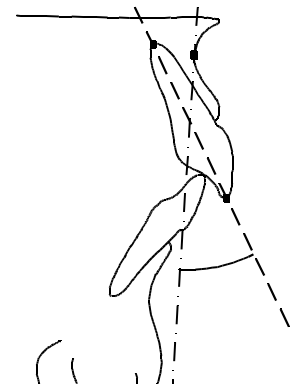
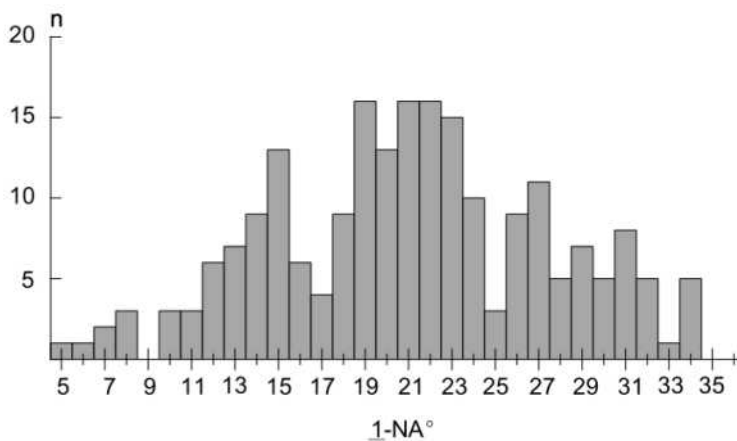


Abb. 70 Verteilung des Winkels \perp -NA°

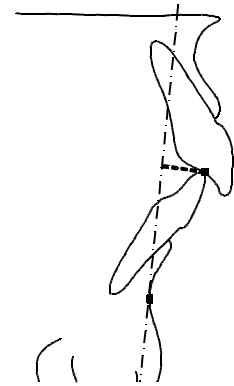
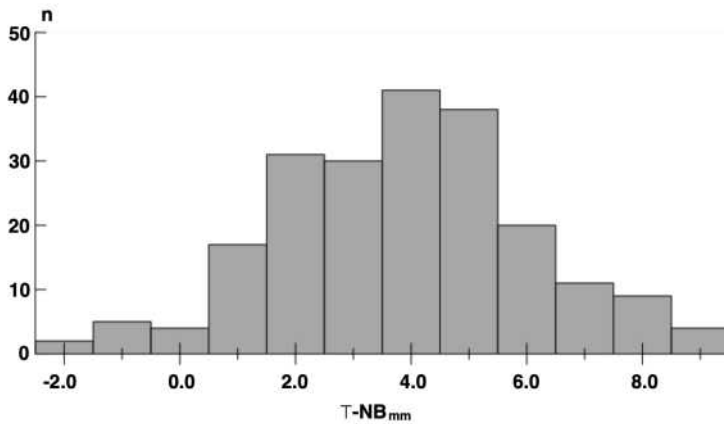


Abb. 71 Verteilung von T-NB_{mm}

T-NB°

Zur Beschreibung der Stellung der unteren Inzisivi wird ebenfalls eine Strecken- und eine Winkelmessung benutzt. Beide beziehen sich auf die NB-Linie. Die Stellung der Inzisivi zur Mandibula in anterior-posteriorer Richtung wird auf diese Weise beurteilt.

Die Untersuchungsgruppe zeigt eine Streuung von -2.4 mm bis 9.6 mm, bei einem Mittelwert von 3.8 mm (Abb. 71). Die Winkelmessung gibt die Achsenneigung der Inzisivi an. Deren Protrusion lag in der Kontrollgruppe zwischen 0.2° und 40.8°, bei einem Mittelwert von 24.1°. Auf die Beurteilung der Schneidezahnstellung wird im Kapitel „Normen“ näher eingegangen.

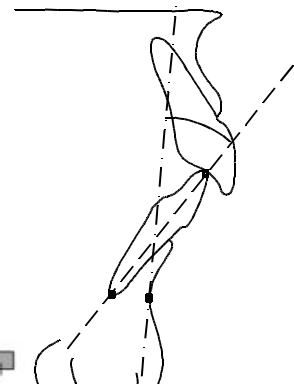
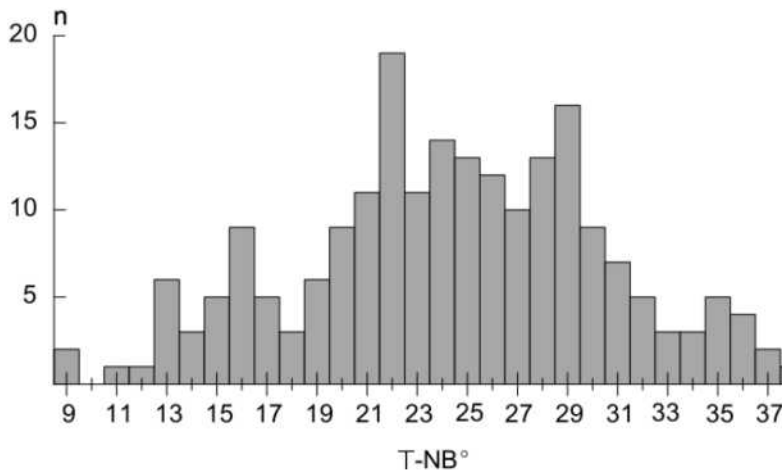


Abb. 72 Verteilung des Winkels T-NB°

Interinzisalwinkel \perp -T

Weiterhin wird zur Beschreibung der Schneidezahnstellung der Interinzisalwinkel verwendet. Die Untersuchungsgruppe weist bei dieser Variable eine große Streuung auf. Der kleinste Wert beträgt 108.6° , der größte 159.4° . Der Mittelwert beträgt 132.9° .

Der Winkel hat große Bedeutung, wenn das Behandlungsergebnis beurteilt werden soll, sowohl in Hinblick auf die Stabilität als auch bezüglich des ästhetischen Eindrucks der Schneidezahnstellung. Besonders bei der Behandlung von Fällen mit tiefem Biß und steilen Fronten ist es meist wichtig, daß der Interinzisalwinkel ausreichend verkleinert wird. Andernfalls kommt es nicht zu der gewünschten vertikalen Abstützung. Für die Beurteilung der vertikalen Stabilität ist jedoch auch die Morphologie der Palatinalflächen der oberen Inzisivi von Bedeutung.

Die Größe des Interinzisalwinkels nach der aktiven Behandlung muß in Relation zu Wachstumsrichtung und -menge beurteilt werden, die in der Retentionszeit zu erwarten sind. In Verbindung mit einer sagittalen Wachstumskomponente des Unterkiefers, die die des Oberkiefers übertrifft (zB. mandibuläres Restwachstum), tritt oft eine Vergrößerung des Interinzisalwinkels durch steiler stehende Unterkieferinzisivi ein. Diese sollte bei der Einstellung der Inzisivi am Ende der aktiven Behandlung berücksichtigt werden. Geht das Wachstum nach der Behandlung in eine mehr vertikale Richtung, ist es dagegen sinnvoll, die Inzisivi direkt in die gewünschte Position zu stellen.

Welche Stellung im einzelnen akzeptabel oder wünschenswert ist, wird im Kapitel „Normen“ genauer erläutert.

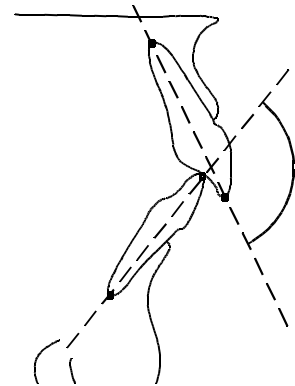
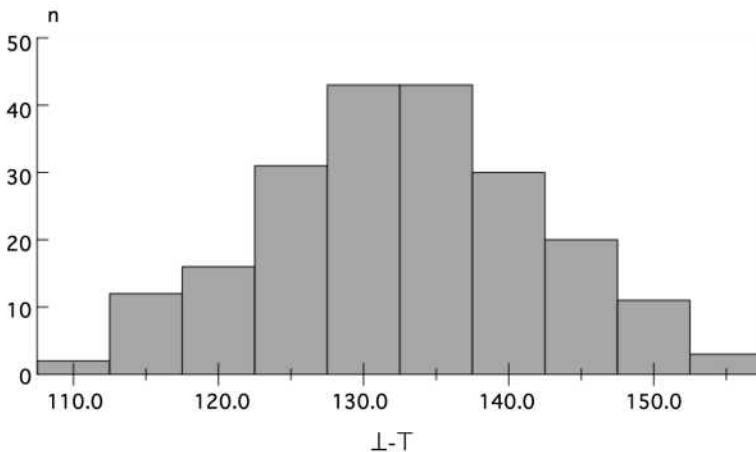


Abb. 73 Verteilung des Interinzisalwinkels \perp -T

PgNB_{mm}

Der Abstand PgNB_{mm} beschreibt die Prominenz des knöchernen Kinns (Abb. 74). Die Beispielgruppe zeigt dabei eine Streuung von -3.1 mm bis +9.9 mm. Der Durchschnittswert beträgt 2.3 mm.

Ein großer Wert PgNB_{mm} ist ein Zeichen einer *Retroposition* des Alveolarfortsatzes auf der Unterkieferbasis. Solch eine Retroposition kann in manchen Fällen Grund für einen großen ANB-Winkel sein. Weiterhin stellt sie einen wichtigen Faktor in der Behandlungsplanung dar, da sie Einfluß auf die Zahnstellung und die Ästhetik hat, jedoch durch kieferorthopädische Maßnahmen nicht beeinflußt werden kann.

Bei der Beurteilung spielt der Altersfaktor eine große Rolle. Im Alter von 5 bis 6 Jahren findet sich meist noch kein knöcherner Kinnvorsprung; er entwickelt sich jedoch im Laufe des weiteren Wachstums bis zum Erwachsenenalter.

Der Abstand PgNB_{mm} hängt eng zusammen mit der Stellung der Inzisivi. Wenn der Alveolarfortsatz (B-Punkt) weit retrahiert in Relation zum Pogonion steht (großer Wert für PgNB_{mm}), stehen die Inzisivi auch mehr retrudiert. Beides scheint durch einen starken Tonus des Mentalismuskels verursacht zu sein. Dieser Zusammenhang wird im Abschnitt über dentale Normen genauer diskutiert.

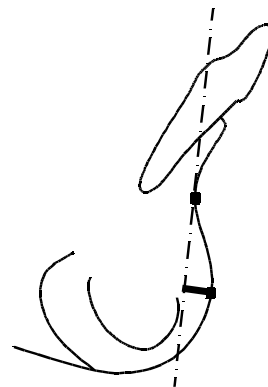
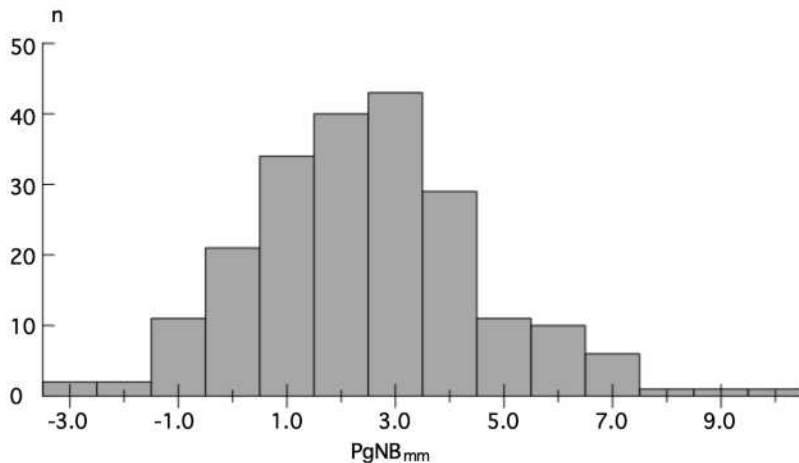


Abb. 74 Verteilung des Abstandes PgNB_{mm}

Index

Der Index der vorderen Gesichtshöhen drückt die Beziehung zwischen der mittleren und unteren Teilhöhe des Gesichtes aus. Er ist der Quotient aus $N\text{-Sp}'$ und $\text{Sp}'\text{-Gn}$, ausgedrückt als Prozentzahl. Wie bei allen Indices ist es problematisch festzustellen, ob eine Abweichung des Gesamtindex auf eine Abweichung des Zählers oder des Nenners zurückzuführen ist. Da die Untergesichtshöhe eine deutlich größere Varianz zeigt als die Mittelgesichtshöhe, liegen Abweichungen der Variable Index in den meisten Fällen in einer Abweichung der Untergesichtshöhe begründet. Abweichungen der Obergesichtshöhe kommen vor allem bei Fehlbildungen des Gesichtsschädels, wie zum Beispiel Spaltbildungen, vor. Zur Kontrolle kann die Mittelgesichtshöhe mit anderen linearen Variablen des Gesichtsschädels in Relation gesetzt werden (siehe Kapitel „Normen“).

Die Variation des Index in der Untersuchungsgruppe reicht von 62.9% bis 99.5%, bei einem Durchschnittswert von 80.1%. Im Gegensatz zu den meisten anderen Variablen weist der Index der anterioren Gesichtshöhen *keine* Abhängigkeit von Gesichtstyp oder Geschlecht und nur geringe Abhängigkeit vom Alter auf. Im Wechselgebiß liegt der Index um bis zu drei Prozentpunkte höher (relativ kleinere Untergesichtshöhe) als bei Erwachsenen oder bei Kindern vor dem Zahnwechsel.

Der Index hat seine Bedeutung besonders bei der Beurteilung der vertikalen Beziehungen, z.B. von offenen oder tiefen Bissen (Abb. 76). Ergänzt durch den Interbasiswinkel $ML\text{-}NL$ in Relation zum Gesichtstyp erlaubt der Index die ausreichende Beschreibung der vertikalen Relation.

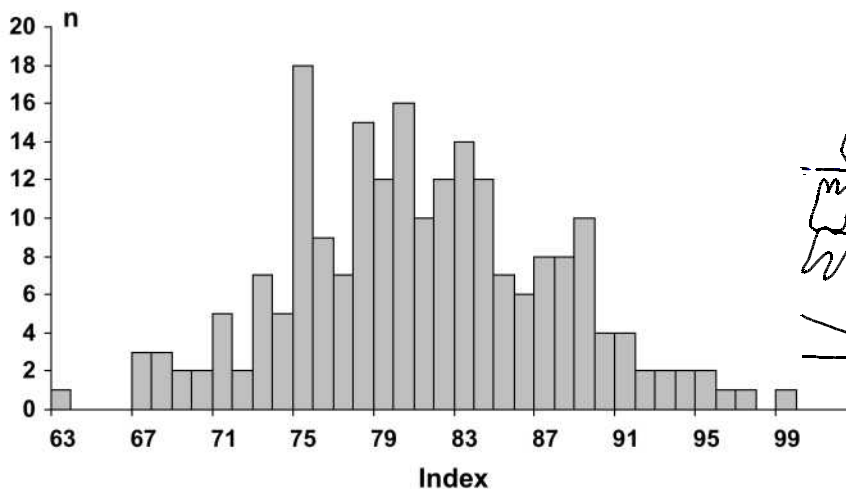


Abb. 75 Verteilung des Index der vorderen Gesichtshöhen

Der Index ist jedoch nicht nur bei der Beurteilung von Malokklusionen in der vertikalen Ebene hilfreich, es hat sich vielmehr gezeigt, daß auch die Behandlung sagittaler Probleme wesentlich besser läuft oder -bei extremen sagittalen Abweichungen- überhaupt erst möglich ist, wenn ausgewogenen Proportionen der Gesichtshöhen (Index ca. 80%) vorliegen.

Entsprechend der sagittalen Basenrelation wird der Einfachheit halber auch für den

Index eine Klassifizierung in drei Gruppen verwendet. Die drei Gruppen werden mit O, N, und T bezeichnet und wie folgt zugeordnet:

O	Index < 71%
N	71% < Index < 89%
T	Index > 89%

etwa $\frac{2}{3}$ aller Patienten fallen in die Kategorie „N“, der Rest verteilt sich auf die Gruppen „O“ und „T“.

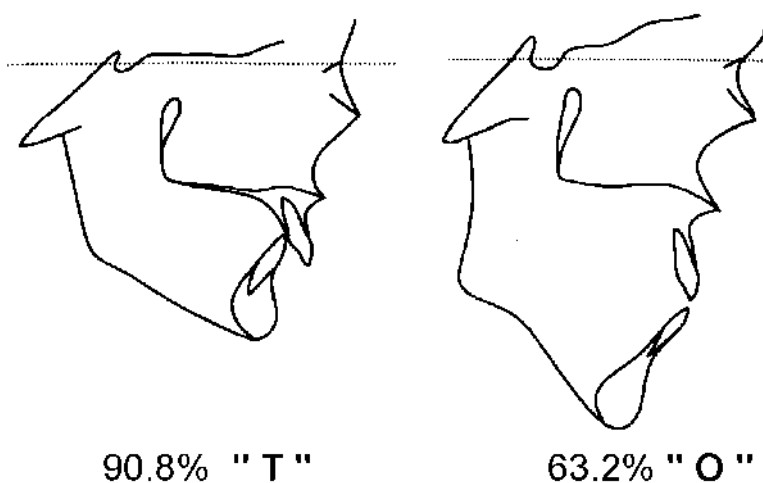


Abb. 76 Durchzeichnung eines Falles mit großem Index („T“) und mit kleinem Index („O“)

D. Der Begriff „Norm“

Jede Beurteilung einer klinischen Situation macht nur dann Sinn, wenn sie mit einer „NORM“ verglichen wird. Diese Norm muß nicht zwingend eine anzustrebende Situation darstellen, sie ist vielmehr unerlässlich, um die diagnostischen Meßwerte zu kalibrieren. Bei der dentalen Diagnostik hat sich die Klassifizierung nach Angle durchgesetzt; die Norm ist hierbei die „Neutralverzahnung“, bei der der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren in die zentrale Querrissur des unteren ersten Molaren beißt. Dieser Zustand wird „Klasse I“ genannt. Die Beurteilung der sagittalen Situation orientiert sich dann an dieser Norm. Abweichungen von dieser Norm in mesialer oder distaler Richtung können direkt vom dreidimensional orientierten Modell abgelesen werden. Die Größe der Abweichung wird in Millimetern oder in Bruchteilen von Prämolaren-Breiten angegeben.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß in vielen Regionen bis zu einem Drittel der kieferorthopädisch nicht behandelten Bevölkerung von der Norm der „Klasse I“ abweicht. Trotzdem hat sich gezeigt, daß eine Verzahnung, wie sie von Angle als „Klasse I“ beschrieben wurde, für die Funktion des Kauorgans von so großer Bedeutung ist, daß sie als Norm allgemein akzeptiert wird.

Für die Beurteilung der kephalometrischen Größen läßt sich eine entsprechende Norm nicht ohne weiteres finden. Vielmehr sind die Meßgrößen kontinuierlich und im allgemeinen annähernd normal verteilt. Kleine Unterschiede haben meist nicht so deutlich negative oder positive Auswirkungen auf das stomatognathe System wie es bei Verschiebungen der Verzahnung der Fall ist.

1. Beurteilung von Messgrößen

Die einfachste Beurteilung kontinuierlicher Meßgrößen geht von dem Mittelwert („Durchschnitt“) eines Referenzkollektivs aus. Dieses Referenzkollektiv kann entweder aus einer bevölkerungsrepräsentativen Gruppe bestehen oder aus einer Gruppe, die bestimmten Kriterien genügt. Meist wird eine „Ideal“-Okklusion gefordert.

In der Regel werden die Meßwerte eines zu untersuchenden Patienten nicht mit solch einer Mittelwertnorm übereinstimmen. Es wird deshalb oft ein gewisser Toleranzbereich zugelassen, der sich an der Streuung der entsprechenden Variable im Referenzkollektiv orientiert. Bei einer Variable mit einer großen Standardabweichung, wie zum Beispiel dem Winkel NSBa, sind Abweichungen von einigen Graden nicht so schwerwiegend wie etwa bei dem Winkel ANB, der eine geringe Standardabweichung aufweist.

Bei allen Verfahren, die sich an Bevölkerungsmittelwerten orientieren, muß jedoch untersucht werden, welche Konsequenzen die entsprechende Diagnose für die Behandlung hat. Insbesondere muß hinterfragt werden, ob es das Behandlungsziel sein kann, daß für jeden Patienten die Bevölkerungsmittelwerte für jede Variable anzustreben sind. Eine individuelle Berücksichtigung des Gesichtstyps des Patienten wäre damit jedenfalls nicht möglich. Wenn dies nicht das Ziel sein soll, stellt sich die Frage, ob der diagnostische Wert der Fernröntgenseitenaufnahme und ihre Auswertung den Aufwand lohnt.

Anzustreben ist vielmehr eine Beurteilung der Meßwerte, die die individuellen Gegebenheiten des Patienten berücksichtigt. Damit besteht nicht die Gefahr, daß für alle Patienten die gleiche Norm verwendet wird. Vielmehr muß es das Ziel sein, für

jeden Patienten seine individuelle Norm zu finden und die Meßwerte anhand dieser Norm zu beurteilen. Es können dann basale und/oder dentoalveoläre Probleme erkannt werden, ohne daß auf eine individualisierte Betrachtung verzichtet werden muß. Weiterhin ergibt sich durch die Verwendung von individuellen Normen eine feinere Erkennungsschwelle für Abweichungen im Vergleich zu Bevölkerungsnormen.

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, wie solche individualisierte Normen aufgestellt und benutzt werden.

2. Harmoniebegriff

Wenn Meßgrößen einer Anzahl von Individuen untersucht werden, so zeigt sich, daß diese Meßgrößen nicht völlig unabhängig voneinander auftreten. Vielmehr läßt sich

in der Regel sagen, daß ein gemessener großer Wert für eine Variable meist auch einen relativ großen Wert einer anderen Variable zu Folge hat. Es besteht somit ein Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen.

Die Beispiele in Abbildung 80 zeigen Figuren von verschiedener Körpergröße. Die Armlänge der rechten Figur in Abb. 80 ist relativ groß; das gleiche gilt aber auch für die Beinlänge. Umgekehrtes gilt für die linke Figur in Abb. 80.

Alle drei Figuren zeigen deutlich unterschiedliche Meßwerte für Arm- und Beinlängen. Nur die mittlere Figur in Abb. 80 entspricht dem „Durchschnittsmenschen“, während die äußeren Figuren deutlich von diesem Mittelwert abweichen. Nun wird niemand behaupten, diese Abweichung wäre klinisch relevant. Es handelt sich

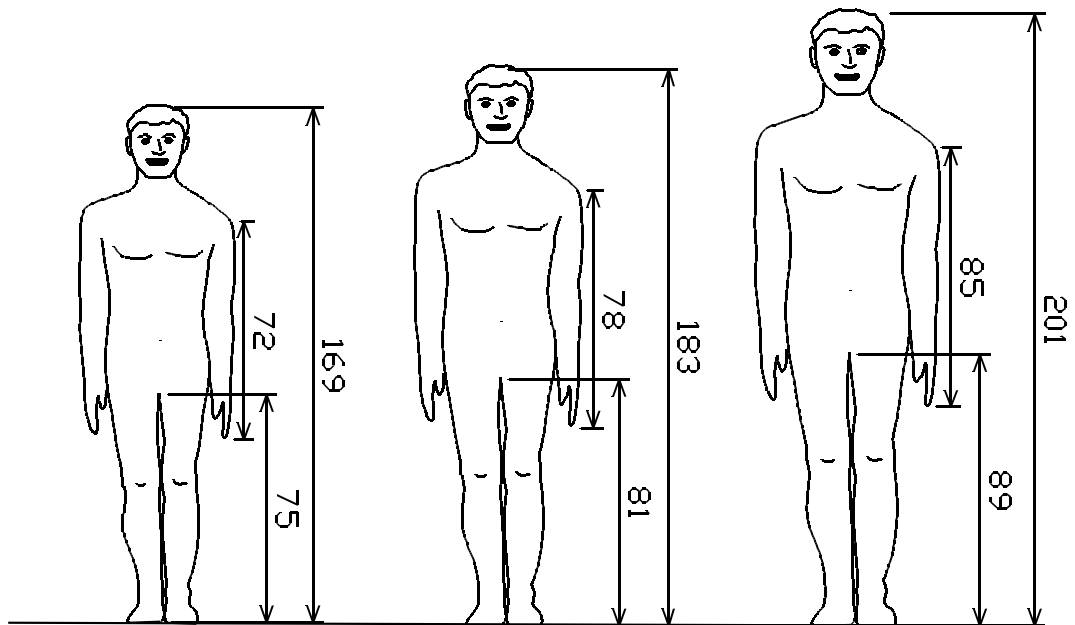


Abb. 80 Figuren mit harmonischen Kombinationen von Arm-, Bein- und Körperlängen. Links kleine Körpergröße, Mitte mittlere Körpergröße, rechts große Körpergröße.

vielmehr um den Ausdruck der biologischen Variation der Variable Körperlänge. Bei der Figur in Abb. 81 fällt jedoch auf, daß zwar die Länge der Arme dem Mittelwert für die Bevölkerung entspricht (siehe Abb. 80, Mitte), nicht jedoch zur Beinlänge und Körpergröße allgemein paßt.

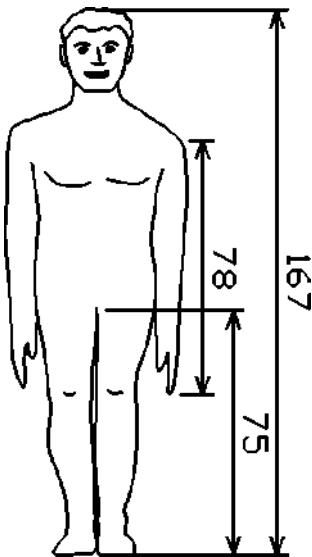


Abb. 81 Figur mit disharmonischer Kombination von Arm-, Bein- und Körperlänge. Armlänge wie in Abb. 80, Mitte.

Wird die Figur in Abb. 81 anhand von Bevölkerungsmittelwerten beurteilt, wird die Armlänge als korrekt diagnostiziert. Geht man jedoch von den individuellen Verhältnissen des Patienten aus, so fallen die Arme als zu lang auf. Es gibt eine Diskrepanz zwischen der Variablen Armlänge und den übrigen Meßgrößen.

In Fällen wie Abb. 80 sprechen wir von Harmonie, die Körperteile und damit die Meßgrößen passen -unabhängig von der absoluten Größe- gut zusammen. Bei der Figur in Abb. 81 ist das jedoch nicht der

Fall. Hier paßt zumindest eine der Meßgrößen (hier die Armlänge) nicht zu den restlichen. In diesem Fall spricht man von Disharmonie; die einzelnen Teile des Ganzen passen nicht optimal zusammen.

Wie läßt sich nun objektiv feststellen, ob verschiedene Meßgrößen zusammenpassen und damit eine harmonische Situation besteht?

Mit Hilfe von Korrelationsuntersuchungen an einer Referenzgruppe der entsprechenden ethnischen Gruppe kann herausgefunden werden, welche Variablen einen Zusammenhang aufweisen. Entsprechende Untersuchungen wurden z.B. von SOLOW in seiner Arbeit „The general pattern of the cranio-facial association“ durchgeführt. Er zeigte, daß vielfältige Zusammenhänge von Variablen im Bereich des Gesichtsschädels bestehen, die zusammen sogar ein Muster des Gesichtsschädelaufbaus ergeben.

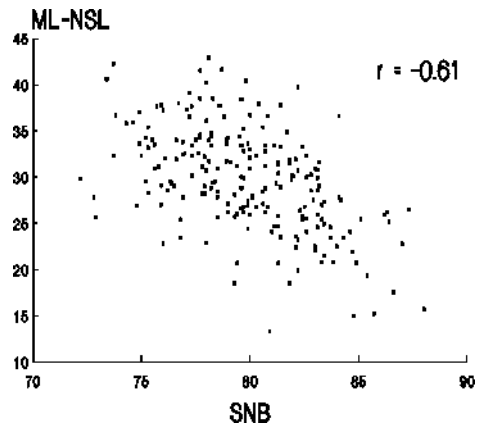


Abb. 82 Streudiagramm der Variablen SNB und ML-NSL. Beachte die längliche Orientierung der Punktwolke.

Als Beispiel für den Zusammenhang zwischen zwei angularen Variablen des Gesichtsschädels seien die Winkel SNB und ML-NSL genannt (Abb. 82).

Die Intensität des Zusammenhangs zwischen den zwei Variablen wird dabei mit dem linearen Korrelationskoeffizienten („r“) beschrieben. Je größer der Betrag dieser Korrelationskoeffizienten ist, desto größer ist der Zusammenhang zwischen den beteiligten Variablen. Der Maximalwert beträgt dabei 1. Wenn der Korrelationskoeffizient dagegen Werte um Null annimmt, besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Variablen.

Das Vorzeichen des Koeffizienten gibt Auskunft über die Richtung des Zusammenhangs. Bei positivem Vorzeichen ist der Zusammenhang zwischen den Variablen gleichgerichtet, d.h. ein größerer Wert für die eine Variable ist auch mit einem größeren Wert für die andere Variable verbunden. Bei negativem Vorzeichen ist dagegen ein großer Wert für die eine Variable mit einem kleinen Wert für die andere Variable verbunden, wie das zum Beispiel bei den Variablen SNB und ML-NSL in Abb. 82 der Fall ist.

Die Stärke des Zusammenhangs und damit der Betrag des Korrelationskoeffizienten läßt sich an der Form der Punktwolke im Streudiagramm abschätzen. Besteht kein oder kaum ein Zusammenhang, so erscheint diese Punktwolke rundlich und stark gestreut. Eine längliche und stark gestreckte Punktwolke, wie zum Beispiel in Abb. 82, läßt dagegen einen hohen Korrelationskoeffizienten erwarten. Bei einem Koeffizienten von 1 würden sich alle Punkte im Streudiagramm auf einer geraden Linie befinden. Diese Gerade läßt sich durch eine Gleichung der Form

$$y = a x + b$$

beschreiben. Dabei gibt der Betrag von a die Steigung der Geraden an, während das Vorzeichen von a angibt, ob die Gerade

nach rechts ansteigt (positives Vorzeichen) oder abfällt (negatives Vorzeichen). Der Summand b gibt an, wo die Gerade die y-Achse schneidet. Ein Sonderfall besteht, wenn die Gerade parallel zur x- oder y-Achse verläuft. In diesen Fällen ist die eine Variable konstant und die andere hängt damit nicht von der ersten ab. Deshalb beträgt der Korrelationskoeffizient auch 0.

Auch im Regelfall, wo trotz eines Zusammenhangs zwischen zwei Variablen nicht alle Punkte auf einer Geraden liegen, kann mit der Methode der kleinsten Quadrate eine Gerade angegeben werden, die geeignet ist, den Zusammenhang zwischen den beiden Variablen zu beschreiben. Diese Gerade stellt die Längsachse der Punktwolke im Streudiagramm dar (siehe auch Abb. 82). Mit Hilfe dieser Regressionsgeraden kann für einen gegebenen Wert der Variable auf der x-Achse der optimal dazu passende Wert für die Variable auf der y-Achse gefunden werden. Es ist dies der Wert, den man –basierend auf den im Referenzkollektiv gefundenen Zusammenhängen– für diesen Einzelfall erwarten würde. Es handelt sich also um einen individuellen Erwartungswert, der nichts mit dem Mittelwert zu tun hat.

Tab. 2 Korrelationen zwischen den 5 skelettalen Variablen SNA, NL-NSL, NSBa, ML-NSL und SNB

	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB
SNA	-0.37	-0.36	-0.42	0.82
NL-NSL		0.46	0.32	-0.44
NSBa			0.31	-0.45
ML-NSL				-0.61
n = 275				
p < 0.001 für alle Korrelationen				

Die linearen Korrelationskoeffizienten für die wichtigsten skelettalen Variablen SNA, SNB, NSBa, NL-NSL und ML-NSL sind in Tabelle 2 aufgeführt. Es zeigt sich, daß es zwischen all diesen Variablen deutliche Zusammenhänge gibt. Alle Korrelationskoeffizienten liegen zwischen 0.31 und 0.82 und sind hochsignifikant.

Am Beispiel SNB und ML-NSL soll erklärt werden, was der Korrelationskoeffizient von 0.61 aussagt. Wenn bei gegebenem SNB-Winkel die Streuung s^2 des ML-NSL-Winkels beurteilt wird, so stellt man fest, daß ein Teil dieser Varianz durch die Varianz des SNB-Winkels erklärt werden kann. Die Größe dieses erklärten Teils kann aus dem Korrelationskoeffizienten berechnet werden, indem dieser quadriert wird (r^2).

Ein weiterer Teil, die sogenannte Restvarianz, kann nicht durch den Winkel SNB erklärt werden und hat andere, nicht ohne weiteres ersichtliche Ursachen. Es gilt also

$$s^2_{\text{ML-NSL}} = s^2_{\text{rest}} + r^2_{(\text{ML-NSL/SNB})}$$

In diesem Beispiel kann also 37% der Varianz der Variable ML-NSL durch die Variable SNB erklärt werden ($37\% = 0.37 = 0.61^2$). Die anderen 63% der Varianz können so nicht erklärt werden und gehören zur Restvarianz.

Die Beurteilung, ob eine Anzahl kephalometrischer Variablen harmonisch zueinander passen, kann also durch die Berechnung der Erwartungswerte mittels der jeweiligen Regressionsgleichungen und anschließendem Vergleich mit den tatsächlich beobachteten Werten erfolgen. Die Erwartungswerte stellen somit eine individuelle Norm für den zu untersuchenden Patienten dar.

Um das aufwendige Rechnen mit den Regressionsgleichungen zu umgehen, können diese einmalig ausgerechnet und dann in einem graphischen Schema wie in Abbildung 83 dargestellt werden. Zur Anwendung kommen die Regressionen aus Tabelle 3. Jeweils auf einer horizontalen Linie stehen zueinander passende Werte für die fünf Variablen SNA, NL-NSL, NSBa, ML-NSL und SNB. Wenn die einzelnen Meßwerte eines Patienten alle um eine horizontale Linie herum liegen, kann gesagt werden, daß dieser Patient einen harmonischen Aufbau des Gesichtsschädels zeigt (Abb. 84, oben). Bei größeren Abweichungen von dieser Harmonielinie handelt es sich dagegen um einen eher disharmonischen Gesichtsschädelaufbau (Abb. 84, unten). Zu beachten ist hierbei wieder die Tatsache, daß es unerheblich ist, ob die Werte vertikal gesehen in der Mitte der Box und damit nahe den Bevölkerungsmittelwerten oder im oberen beziehungsweise unteren Teil der Box liegen.

Tab. 3 Regressionen zwischen den 5 verwendeten basalen kephalometrischen Variablen. Das Material, auf dem die Regressionen basieren, besteht aus 275 unbehandelten, jungen Erwachsenen mit Idealokklusion aus Hamburg, München und Bergen.

NL-NSL	=	-0.34 SNA + 35.50
NSBa	=	-0.49 SNA + 171.17
ML-NSL	=	-0.70 SNA + 86.05
SNB	=	0.79 SNA + 15.56
ML-NSL	=	-1.07 SNB + 114.37
SNA	=	-0.27 NSBa + 117.06

3. Gesichtstyp und Harmonie

Variationen des Gesichtsschädels können sowohl in Relation auf eine frontale als auch auf eine horizontale oder sagittale Ebene beschrieben werden. Mit Hilfe des seitlichen Profilröntgenbildes ist es jedoch nur möglich, sagittale und vertikale Variationen zu erörtern.

Ein Großteil der klinisch-kephalexmetrischen Analyse beschäftigt sich mit diesen Ebenen, weil die allermeisten in Frage kommenden Anomalien sich zumindest auch in anterior-posteriorer oder vnervertikaler Richtung manifestieren und deshalb auch mit Hilfe eines Profilröntgenbildes beschrieben werden können.

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	61		143	43	64	28
	62			42	65	
-2	63	14	142	41	66	27
	64			40	67	
	65	13	141	39	68	26
	66		140	38	69	
-1	67	12	139	37	70	25
	68			36	71	
	69	11	138	35	72	24
	70		137	34	73	
0	71	10	136	33	74	23
	72		135	32	75	
	73	9	134	31	76	22
	74			30	77	
1	75	8	133	29	78	21
	76		132	28	79	
	77	7	131	27	80	20
	78			26	81	
2	79	6	130	25	82	19
	80		129	24	83	
	81	5	128	23	84	18
	82			22	85	
3	83	4	127	21	86	17
	84		126	20	87	
	85	3	125	19	88	16
	86			18	89	
4	87	2	124	17	90	15
	88			16	91	
	89	1		15	92	14
	90			14	93	
5	91				94	13
	92				95	
	93				96	
6	94				97	
	95					
	96					
	97					

Abb. 83 Kombination von harmonischen Werten für die skelettalen Variablen SNA, NL-NSL, NSBa, ML-NSL und SNB. Die Wertekombinationen können auf gleicher Höhe in der „Harmonie-Box“ gefunden werden.

Fernröntgenaufnahmen in anderen Ebenen können ebenfalls wertvolle Informationen enthalten und werden auch im Einzelfall erstellt; ihre praktische Anwendung ist jedoch begrenzt, da diese Aufnahmen methodische Probleme aufweisen und ihre Analyse kompliziert und aufwendig ist (Segner und Scheuer 1990). In diesem Buch wird daher nur auf das seitliche Fern-

röntgenbild eingegangen. Es sollte jedoch bei der klinischen Anwendung immer daran gedacht werden, daß sowohl die Zahnbögen als auch der Schädel dreidimensionale Gebilde darstellen.

Die wichtigste sagittale Einteilung des Gesichtstyps ist die Beschreibung des Prognathiegrades, basierend auf der sagittalen Relation von Maxilla und Mandibula zur vorderen Schädelbasis. Als Grundlage für die Klassifizierung wird -wie auf den Seiten 47/48 beschrieben- für die Maxilla der SNA-Winkel und für die Mandibula der SNB-Winkel herangezogen.

Für die Beurteilung der Vertikalebene wird die Neigung der Nasal- und Mandibularebene in Relation zur Schädelbasis (NL-NSL und ML-NSL) verwendet. Zusätzlich wird das Verhältnis aus Mittelgesichtshöhe und Untergesichtshöhe („Index“) benutzt.

Eine derartige Einteilung, basierend auf Prognathie- und Neigungsgrad, erlaubt, eine Unzahl von Gesichtstypen zu klassifizieren. Wären diese Variablen ganz unabhängig voneinander, so könnte es theoretisch eine große Anzahl extremer morphologischer Kombinationen geben. Die oben genannte Korrelationen zwischen den, den Gesichtsschädelaufbau beschreibenden Variablen, schränken die Häufigkeit solcher extremen morphologischen Kombinationen stark ein.

Um den Zusammenhang zwischen Prognathiegrad und Neigung der Maxilla sowie Abknickung der Schädelbasis zu zeigen, sollen die drei Beispiele in Abb. 85 dienen. Ein Fall mit kleinem SNA-Winkel (retrognath) weist oft einen großen NL-NSL-Winkel (posteriore Neigung) und einen großen NSBa-Winkel auf (Abb. 85a). Fälle mit einem großen SNA-Winkel (prognath) und kleinem NL-NSL-Winkel (anteriore Neigung) gehen jedoch gern mit einem kleinen NSBa-Winkel, also einer

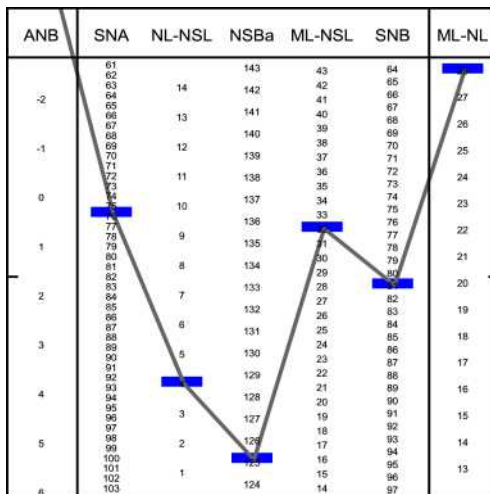
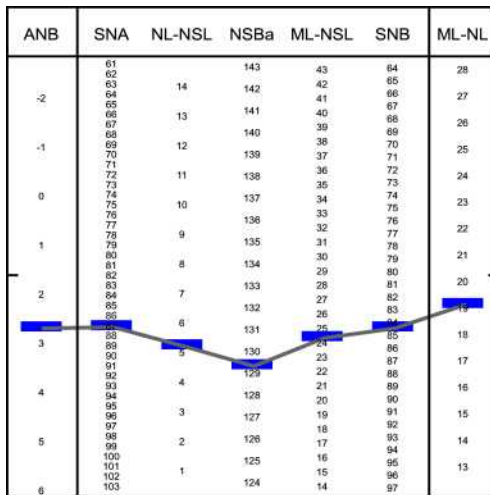
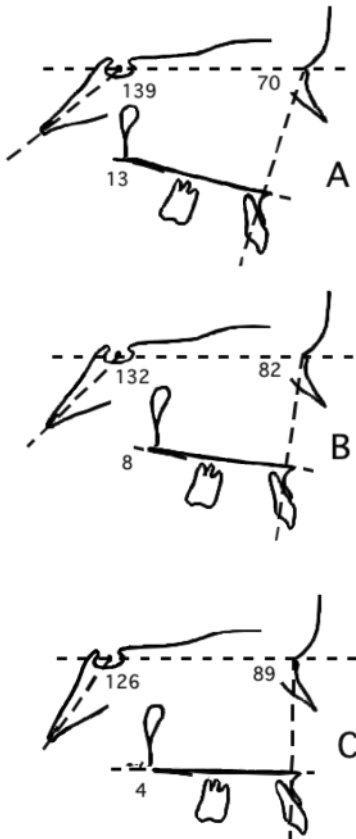


Abb. 84 Harmonie-Box mit harmonischen (oben) bzw. disharmonischen Werten (unten).

deutlichen Abknickung der Schädelbasis, einher (Abb. 85c). Fälle mit einer orthognath stehenden Maxilla liegen zwischen diesen Grenzwerten (Abb. 85b). Diese Beobachtungen der Zusammenhänge von Prognathie und Neigung im Mittelgesicht sowie Abknickung der Schädelbasis stellt sich auch in der Harmoniebox dar. Rechts in Abb. 85 sind die drei Beispiele in die Harmoniebox eingetragen. Es wird deutlich, daß sie jeweils etwa auf einer horizontalen Linie liegen.

Es gibt eine Vielzahl von Variablen, die in das Harmonieschema aufgenommen werden könnten; aus Gründen der Übersichtlichkeit und Relevanz für die Klinik ist die Box jedoch auf die wichtigsten skelettalen, kephalometrischen Variablen beschränkt.

Für das Untergesicht wird ebenfalls der Prognathiegrad (Winkel SNB), die Neigung der Mandibularebene (Winkel ML-NSL) in Verbindung mit der Abknickung der Schädelbasis verwendet. Für die Mandibula wurde eine negative Korrelation zwischen



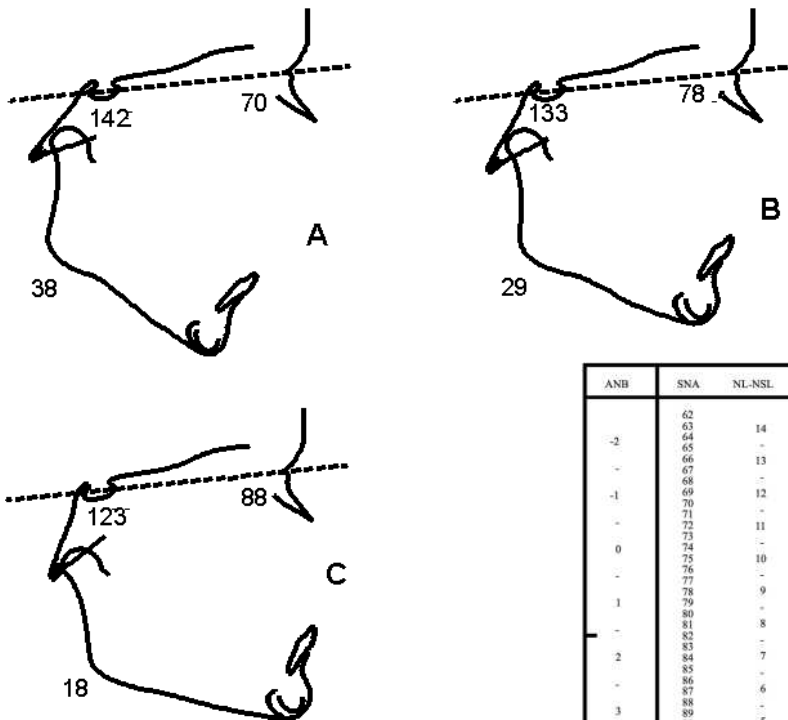
ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
-2	62		141	43	64	28
	63	14		42	65	
	64		140	41	66	27
	65			40	67	
	66	13	139	39	68	26
	67			38	69	
	68		138	37	70	25
	69	12	137	36	71	
	70			35	72	24
	71		136	34	73	
	72	11	135	33	74	23
	73			32	75	
	74		134	31	76	22
	75	10	133	30	77	
	76			29	78	21
	77	9	132	28	79	
	78			27	80	20
	79		131	26	81	
	80	8	130	25	82	19
	81			24	83	
	82	7	129	23	84	18
	83			22	85	
	84		128	21	86	17
	85	6	127	20	87	
	86			19	88	16
	87		126	18	89	
	88	5	125	17	90	15
	89			16	91	
	90	3	124	15	92	14
	91			14	93	
	92		123	13	94	13
	93	2	122		95	
	94			12	96	12
	95	1	121		97	
	96				98	
	97					
	98					
	99					
	100					
	101					
	102					
	103					
6		0				

Abb. 85 Zusammenhang zwischen Prognathie (SNA) und Neigung (NL-NSL) der Maxilla sowie Abknickung der Schädelbasis (NSBa) anhand dreier Beispiele. Die entsprechenden Werte sind auch in die Harmonie-Box eingetragen.

SNB und ML-NSL gefunden ($r = -0.61$). In klinischer Hinsicht bedeutet dies, daß eine um so schwächere Neigung der Mandibula erwartet werden kann, je prognather ihre Lage ist (Abb. 86c). Andererseits kann bei einer retrognathen Mandibula (kleiner SNB-Winkel) eine größere (posteriore) Neigung der Mandibula (großer ML-NSL) erwartet werden (Abb. 86a). Im orthognathen Gesicht treten entsprechend vorzugsweise Werte nahe dem Durchschnitt auf (SNB 78°, ML-NSL 29°; Abb. 86b).

Auch für das Untergesicht können -wie für das Mittelgesicht- die Zusammenhänge aus der Harmoniebox abgelesen werden. Unten rechts in Abbildung 86 sind wieder die Werte für die drei dargestellten Fälle eingetragen.

Alle bisher gezeigten Beispielfälle zeigten einen harmonischen Gesichtsschädelaufbau. Es gibt aber selbstverständlich auch zahlreiche Fälle, bei denen Prognathie- und Neigungsgrad eines Kiefers nicht zueinander passen und die damit disharmonisch



ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		14	43	64	28
	63	14	140	42	65	65
-2	64	-	139	41	66	27
	65	-	138	40	67	67
	66	13	138	39	68	26
	67	-	137	37	69	69
-1	68	-	136	36	71	25
	69	12	136	35	72	72
	70	-	135	34	73	24
	71	-	134	33	74	74
	72	11	134	32	75	23
	73	-	132	31	76	76
0	74	-	132	30	77	22
	75	10	132	29	79	79
	76	-	131	28	80	21
	77	9	131	27	81	81
1	78	-	130	26	82	20
	79	-	129	25	83	83
	80	-	128	24	84	19
	81	8	127	23	85	85
	82	-	127	22	86	18
	83	-	126	21	87	87
2	84	7	126	20	89	17
	85	-	125	19	90	16
	86	-	124	18	91	15
	87	6	122	17	92	92
	88	-	122	16	93	14
3	89	5	122	15	94	94
	90	-	121	14	95	13
	91	-	121	14	96	96
	92	4	121	14	97	17
	93	-	121	14	97	97
4	94	-	121	14	97	15
	95	3	121	14	97	97
	96	-	121	14	97	14
	97	-	121	14	97	97
5	98	2	121	14	97	14
	99	-	121	14	97	97
	100	-	121	14	97	14
	101	1	121	14	97	97
	102	-	121	14	97	14
6	103	0	121	14	97	97

Abb. 86 Zusammenhang von Prognathie und Neigung der Mandibula mit dem Schädelbasiswinkel (SNB, ML-NSL und NSBa)

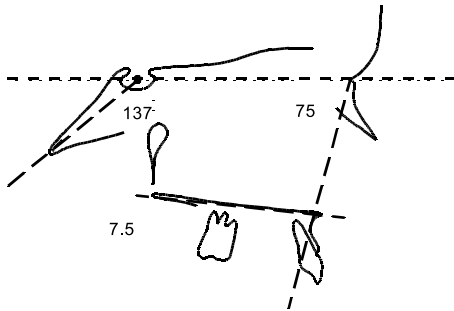


Abb. 87 Kombination von Werten des Mittelgesichtes, die nicht dem allgemeinen Muster folgen.

genannt werden müssen. Drei Beispiele dafür sind in den Abbildungen 87 bis 89 dargestellt. In Abbildung 90 sind die dazugehörigen Meßwerte in der Harmoniebox zu sehen.

In Abbildung 87 ist ein Fall mit retrognathen Maxilla (SNA 75°) und offenem Schädelbasiswinkel (NSBa 137°) in Verbindung mit einer orthognathen Neigung

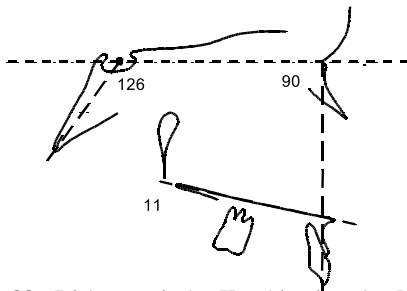


Abb. 88 Disharmonische Kombination des Mittelgesichtes

der Nasalebene (NLNSL 7.5°) dargestellt. In anderen Fällen kann eine prognathe Maxilla (SNA 90°) und ein kleiner Basiswinkel (NSBa 126°) in Kombination mit einer deutlich posterioren Neigung der Oberkieferenebene (NL-NSL 11°) gefunden werden (Abb. 88). Als drittes Beispiel soll Abbildung 89 dienen. Hier ist eine harmonische Kombination aus Prognathie (SNA 75°) und Neigung (NL-NSL 11°) der Maxilla zu beobachten. Der Schädelbasis-

winkel hat mit 130° einen Wert, der eher zu einem orthognathen oder prognathen Gesicht passen würde.

Es gibt in einer Gruppe vom Patienten in der Regel auch Kombinationen von Meßwerten, die nicht dem Idealmodell harmonisch zueinander passender Werte folgen. Diese Tatsache wird durch die im vorigen Abschnitt beschriebene Restvarianz erklärt.

Im Zusammenhang mit der klinisch-kephalometrischen Analyse sollte es möglich sein, die unterschiedlichen Kombinationen verschiedener Wachstumsmuster bei den einzelnen Individuen auf irgendeine Weise

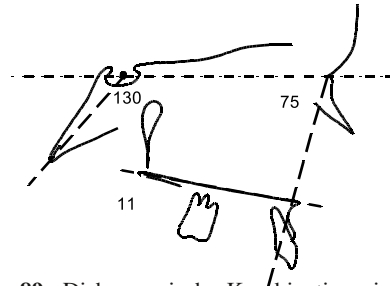


Abb. 89 Disharmonische Kombination eines retrognathen Mittelgesichtes mit zu starker Abknickung der Schädelbasis

beschreiben zu können, und zwar, ob der jeweilige Gesichtsschädelaufbau dem Idealmodell der harmonisch zueinander passenden Werte folgt, oder ob er mit individuellen Abweichungen entsprechend der Abbildung 90 einhergeht.

Folgen die drei Variablen des Obergesichtes dem Idealmodell aus der Harmoniebox, so wird dieser Zusammenhang als harmonisch bezeichnet. Abbildung 85a zeigt eine harmonisch prognathe, Abbildung 85c eine harmonisch retrognathe Kombination, während Abbildung 85b eine harmonische, orthognathe Kombination aufweist, die im übrigen (zufällig) mit dem jeweiligen Mittelwert der drei Variablen zusammenfällt. Aus der Harmoniebox (Abb. 83)

ergibt sich eine große Anzahl harmonischer Kombinationen, nämlich alle Werte, die jeweils auf gleicher Höhe stehen.

Wenn jedoch die drei Variablen nicht diesem Idealmodell folgen, wird dies als Disharmonie bezeichnet. In Abbildung 87 besteht eine eindeutige Disharmonie zwischen Prognathiegrad (SNA 75°) und

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
-2	63	14	140	41	66	27
	65	-	139	40	67	
-	66	13	138	39	68	26
	67	-	136	37	70	
-1	68	12	136	37	71	25
	69	-	136	36	72	
-	70	-	135	35	73	24
	71	-	135	34	74	
-	72	10	134	33	75	23
0	73	-	133	32	76	22
	74	-	133	31	77	
-	75	9	132	30	78	21
	76	-	131	29	79	20
1	77	8	129	27	81	19
	78	-	128	26	82	19
-	79	7	128	25	83	18
	80	-	127	24	84	18
-	81	6	127	23	85	17
	82	-	125	22	86	17
2	83	5	125	21	87	16
	84	-	125	20	88	16
-	85	4	124	19	89	15
	86	-	124	18	90	15
-	87	3	123	17	91	14
	88	-	122	16	92	14
3	89	2	122	15	93	13
	90	-	121	14	94	13
-	91	1	121	13	95	12
	92	-	121	13	96	12
4	93	0	121	13	97	
	94	-	121	13	98	
-	95	-	121	13	98	
	96	-	121	13	98	
5	97	-	121	13	98	
	98	-	121	13	98	
-	99	-	121	13	98	
	100	-	121	13	98	
-	101	-	121	13	98	
	102	-	121	13	98	
6	103	-	121	13	98	

Abb. 90 Werte der disharmonischen Kombinationen aus Abb. 87 bis 89 in der Harmoniebox

Neigung (NL-NSL 7.5°). Diese Disharmonie-Klassifizierung allein sagt noch nichts darüber aus, bei welcher der beiden Variablen der Fehler liegt. Erst wenn weitere Variablen, z.B. der Winkel NSBa, in die Betrachtung mit einbezogen werden, wird deutlich, daß einige Variablen harmonisch zueinander passen, während mindestens eine Variable sich zu allen anderen disharmonisch verhält. In diesem Beispiel paßt die dritte Variable Schädelbasiswinkel mit 137° recht gut zum Prognathiegrad (SNA 75°). Die Neigung der Maxilla mit einem NL-NSL-Winkel von 7.5° paßt weder zum Prognathiegrad noch zu der

Flexion der Schädelbasis. Es scheint also, als würde -gemessen an der individuellen Norm für diesen Fall- eine Abweichung bei der Neigung der Maxilla bestehen.

Auch Abbildung 88 zeigt eine Disharmonie zwischen Prognathie (SNA 90°) und Neigung (NL-NSL 11°), und auch hier besteht wieder eine gute Relation zwischen Prognathiegrad und Abknickung der Schädelbasis (NSBa 126°), wie aus der Harmoniebox zu erkennen ist. Die Neigung folgt hierbei nicht dem allgemeinen Gesichtsmuster. Im Gegensatz dazu zeigt Abbildung 89 Harmonie zwischen Prognathie (SNA 75°) und Neigung (NL-NSL 11°). Die Kombination aus retrognathen Position und posteriorer Neigung der Maxilla paßt gut zusammen, während eine geringere Abknickung der Schädelbasis im Vergleich zu der beobachteten (NSBa 130°) zu erwarten wäre.

Dieselben Beziehungen werden bei der Diskussion der Mandibula zu Grunde gelegt. Auch hier können die Zusammenhänge zwischen den drei Variablen SNB, ML-NSL und NSBa aus der Harmoniebox (Abb. 83) abgelesen werden. In Abbildung 86c ist eine harmonische, prognathe Kombination mit großem SNB-Winkel (88°) und anteriorer Neigung der Mandibula (ML-NSL 18°) und starker Abwinkelung der Schädelbasis (NSBa 123°) dargestellt. Abbildung 86b zeigt eine harmonisch orthognathe Kombination, die auch wieder (zufällig) mit den Mittelwerten der drei Variablen zusammenfällt. Schließlich gibt in Abbildung 86a eine harmonisch retrognathe Kombination (SNB 70°) mit stark posterior geneigter Mandibula (ML-NSL 38°) und einen offenen Basiswinkel (NSBa 142°) an. Neben den gezeigten drei Kombinationen können natürlich beliebig viele andere harmonische Kombinationen auftreten.

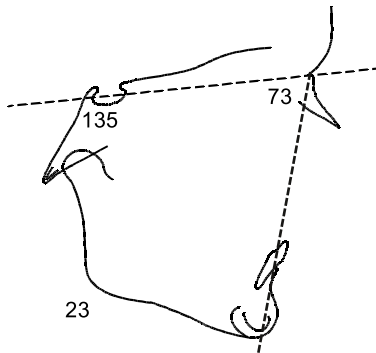


Abb. 91 Disharmonie zwischen Neigungs- und Prognathiegrad der Mandibula

Folgen die drei Variablen für den Unterkiefer nicht dem harmonischen Idealmodell, wird dies als Disharmonie eines oder mehrerer der drei Winkel bezeichnet. In Abbildung 91 besteht eine klare Disharmonie zwischen Prognathie (SNB 73°) und Neigung der Mandibula (ML-NSL 23°). Auch in diesem Fall läßt sich bei der Klassifizierung der Disharmonie zwischen Prognathiegrad und Neigung nicht auf Anheb feststellen, wo der Fehler liegt. Wird jedoch die dritte Variable (NSBa) mit in die Betrachtung einbezogen, ergibt sich eine bessere Grundlage. Im vorliegenden Fall ist NSBa 135° . Aus der Harmoniebox ergibt sich, daß NSBa und SNB gut zusammen passen, während der ML-NSL-Winkel aus dem Rahmen fällt. Betrachtet man allein die Mandibula, so würde ein Wert von $34,5^\circ$ für ML-NSL eine gute harmonische Kombination ergeben.

Es ist zwar gefährlich, diesen Gedanken weiter zu verfolgen, ohne die Maxilla in die Betrachtung mit einzubeziehen, jedoch könnte diese Kombination z.B. für die Mandibula in einem Fall mit einem großen ANB-Winkel und Angle-Klasse II zu finden sein. Die Harmoniebeurteilung würde dann den Schluß zulassen, daß der B-Punkt zu weit hinten liegt. Bekanntlich beschreibt dieser Wert entweder die sagittale Position oder die Größe der Man-

dibula. Die sagittale Position der Mandibula ist über die Kiefergelenksposition mit der räumlichen Orientierung des Clivus und damit mit dem NSBa-Winkel verbunden. Mit einer Abknickung der Schädelbasis, die einer orthognathen Position der Mandibula (NSBa 131°) entspricht, scheint es keine Grundlage für die Annahme zu geben, die Lage der Mandibula in toto wäre zu weit posterior. Der Grund scheint mehr in der absoluten Größe der Mandibula zu liegen.

In einer Gruppenuntersuchung würde sich eine ganze Reihe anderer Kombinationen dieser drei Winkel finden, die als disharmonisch bezeichnet werden müssen. Aber sowohl für die Maxilla als auch für die Mandibula muß hinzugefügt werden, daß eine Abweichung von den in der Harmoniebox (Abb. 83) angegebenen harmonischen Idealkombinationen keine Disharmonie-klassifizierung erlaubt, wenn die Abweichung nur wenige Grade beträgt. Einerseits beinhalten die kephalometrischen Messungen immer einen gewissen Meßfehler, andererseits muß aufgrund der doch immerhin erheblichen Restvarianz eine gewisse Toleranz geübt werden.

Klinisch müssen die Harmoniemuster von Maxilla und Mandibula immer gemeinsam betrachtet werden. In diesem Zusammenhang ist besonders die Harmonie zwischen den Prognathiegraden (sagittale Harmonie) einerseits und der Harmonie zwischen den Neigungen (vertikale Harmonie) andererseits von Interesse.

Eine Disharmonie zwischen den Prognathiegraden kommt in der Größe des ANB-Winkels zum Ausdruck. Die sagittale basale Abweichung wird aufgrund des Wertes für den ANB-Winkel, wie auf Seite 49 beschrieben, klassifiziert. Wie dort aber schon erwähnt, gibt es einen Zusammenhang zwischen Prognathiegrad und ANB-Winkel dahingehend, daß der ANB-Winkel in einem retrognathen Gesicht kleiner und

in einem prognathen Gesicht größer ist. Diese wird auch aus der linken Spalte der Harmoniebox (Abb. 92) deutlich. Während im retrognathen Gesicht zu einem SNA-Winkel von 73° ein SNB-Winkel von ebenfalls 73° paßt, also ein ANB-Winkel von 0° zu erwarten ist, gibt es im prognathen Gesicht eine harmonische Kombination von zum Beispiel 93° für SNA und 89° für SNB, also einen ANB-Winkel von 4° . Lediglich im orthognathen Bereich ergeben sich harmonische Kombinationen aus SNA und SNB mit einer Differenz (ANB) von um 2° . Auch der ANB-Winkel kann also nicht von einer individualisierten Betrachtung ausgenommen werden. Vielmehr muß für jeden Patienten ausgehend von seinem gesamten Gesichtstyp eine individuelle Norm für den ANB-Winkel erstellt werden.

In Verbindung mit der klinischen Beurteilung des ANB-Winkels ist es von Interesse, wo die morphologische Ursache für den betreffenden ANB-Winkel liegt. Hierbei kommt wieder die Harmoniebeurteilung ins Spiel. In der Regel ist ein großer ANB-Winkel klinisch ein Problem. Morphologisch kann eine solche Abweichung von folgenden Faktoren verursacht werden:

1. Die Position der Maxilla ist zu weit anterior
2. Die Mandibula ist zu klein
3. Die Position der gesamten Mandibula ist zu weit posterior
4. Die Mandibula ist stark posterior geneigt
5. Es besteht eine Retroposition, d.h. eine große Differenz zwischen dem SNB- und dem SNPg-Winkel ($>2^\circ$)

Diese Faktoren können einzeln oder auch in Kombination auftreten.

Die Beurteilung des ANB-Winkels baut also auf den Harmonieverhältnissen der Mandibula und der Maxilla auf. Dieser

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
-2	62	-	141	43	64	28
-	63	14	140	42	65	-
-	64	-	139	41	66	27
-	65	-	139	40	67	-
-	66	13	138	39	68	26
-	67	-	138	38	69	-
-1	68	-	137	37	70	25
-	69	12	136	36	71	-
-	70	-	136	35	72	24
-	71	-	135	34	73	-
-	72	11	134	33	74	23
0	73	-	134	32	75	-
-	74	10	133	31	76	22
-	75	-	132	30	77	-
-	76	-	131	29	78	21
-	77	-	131	28	79	-
-	78	9	130	27	80	20
-	79	-	129	26	81	-
-	80	-	129	25	82	19
-	81	8	128	24	83	-
-	82	-	128	23	84	18
-	83	-	127	22	85	-
-	84	7	127	21	86	17
-	85	-	126	20	87	-
-	86	6	126	19	88	16
-	87	-	125	18	89	-
-	88	-	124	17	90	15
-	89	5	124	16	91	-
-	90	-	123	15	92	14
-	91	-	122	14	93	-
-	92	4	122	13	94	13
4	93	-	121	12	95	-
-	94	-	121	11	96	12
-	95	3	121	10	97	-
-	96	-	120	9	98	11
-	97	-	120	8	99	-
-	98	2	120	7	100	10
-	99	-	119	6	101	-
-	100	-	119	5	102	9
-	101	1	118	4	103	-
-	102	-	118	3	104	8
-	103	0	117	2	105	-
-	104	-	117	1	106	7
-	105	-	116	0	107	-
-	106	-	116	-	108	6
-	107	-	115	-	109	-
-	108	-	115	-	110	5
-	109	-	114	-	111	-
-	110	-	114	-	112	4
-	111	-	113	-	113	-
-	112	-	113	-	114	3
-	113	-	112	-	115	-
-	114	-	112	-	116	2
-	115	-	111	-	117	-
-	116	-	111	-	118	1
-	117	-	110	-	119	-
-	118	-	110	-	120	0
-	119	-	109	-	121	-
-	120	-	109	-	122	-
-	121	-	108	-	123	-
-	122	-	108	-	124	-
-	123	-	107	-	125	-
-	124	-	107	-	126	-
-	125	-	106	-	127	-
-	126	-	106	-	128	-
-	127	-	105	-	129	-
-	128	-	105	-	130	-
-	129	-	104	-	131	-
-	130	-	104	-	132	-
-	131	-	103	-	133	-
-	132	-	103	-	134	-
-	133	-	102	-	135	-
-	134	-	102	-	136	-
-	135	-	101	-	137	-
-	136	-	101	-	138	-
-	137	-	100	-	139	-
-	138	-	100	-	140	-
-	139	-	99	-	141	-
-	140	-	99	-	142	-
-	141	-	98	-	143	-
-	142	-	98	-	144	-
-	143	-	97	-	145	-
-	144	-	97	-	146	-
-	145	-	96	-	147	-
-	146	-	96	-	148	-
-	147	-	95	-	149	-
-	148	-	95	-	150	-
-	149	-	94	-	151	-
-	150	-	94	-	152	-
-	151	-	93	-	153	-
-	152	-	93	-	154	-
-	153	-	92	-	155	-
-	154	-	92	-	156	-
-	155	-	91	-	157	-
-	156	-	91	-	158	-
-	157	-	90	-	159	-
-	158	-	90	-	160	-
-	159	-	89	-	161	-
-	160	-	89	-	162	-
-	161	-	88	-	163	-
-	162	-	88	-	164	-
-	163	-	87	-	165	-
-	164	-	87	-	166	-
-	165	-	86	-	167	-
-	166	-	86	-	168	-
-	167	-	85	-	169	-
-	168	-	85	-	170	-
-	169	-	84	-	171	-
-	170	-	84	-	172	-
-	171	-	83	-	173	-
-	172	-	83	-	174	-
-	173	-	82	-	175	-
-	174	-	82	-	176	-
-	175	-	81	-	177	-
-	176	-	81	-	178	-
-	177	-	80	-	179	-
-	178	-	80	-	180	-
-	179	-	79	-	181	-
-	180	-	79	-	182	-
-	181	-	78	-	183	-
-	182	-	78	-	184	-
-	183	-	77	-	185	-
-	184	-	77	-	186	-
-	185	-	76	-	187	-
-	186	-	76	-	188	-
-	187	-	75	-	189	-
-	188	-	75	-	190	-
-	189	-	74	-	191	-
-	190	-	74	-	192	-
-	191	-	73	-	193	-
-	192	-	73	-	194	-
-	193	-	72	-	195	-
-	194	-	72	-	196	-
-	195	-	71	-	197	-
-	196	-	71	-	198	-
-	197	-	70	-	199	-
-	198	-	70	-	200	-
-	199	-	69	-	201	-
-	200	-	69	-	202	-
-	201	-	68	-	203	-
-	202	-	68	-	204	-
-	203	-	67	-	205	-
-	204	-	67	-	206	-
-	205	-	66	-	207	-
-	206	-	66	-	208	-
-	207	-	65	-	209	-
-	208	-	65	-	210	-
-	209	-	64	-	211	-
-	210	-	64	-	212	-
-	211	-	63	-	213	-
-	212	-	63	-	214	-
-	213	-	62	-	215	-
-	214	-	62	-	216	-
-	215	-	61	-	217	-
-	216	-	61	-	218	-
-	217	-	60	-	219	-
-	218	-	60	-	220	-
-	219	-	59	-	221	-
-	220	-	59	-	222	-
-	221	-	58	-	223	-
-	222	-	58	-	224	-
-	223	-	57	-	225	-
-	224	-	57	-	226	-
-	225	-	56	-	227	-
-	226	-	56	-	228	-
-	227	-	55	-	229	-
-	228	-	55	-	230	-
-	229	-	54	-	231	-
-	230	-	54	-	232	-
-	231	-	53	-	233	-
-	232	-	53	-	234	-
-	233	-	52	-	235	-
-	234	-	52	-	236	-
-	235	-	51	-	237	-
-	236	-	51	-	238	-
-	237	-	50	-	239	-
-	238	-	50	-	240	-
-	239	-	49	-	241	-
-	240	-	49	-	242	-
-	241	-	48	-	243	-
-	242	-	48	-	244	-
-	243	-	47	-	245	-
-	244	-	47	-	246	-
-	245	-	46	-	247	-
-	246	-	46	-	248	-
-	247	-	45	-	249	-
-	248	-	45	-	250	-
-	249	-	44	-	251	-
-	250	-	44	-	252	-
-	251	-	43	-	253	-
-	252	-	43	-	254	-
-	253	-	42	-	255	-
-	254	-	42	-	256	-
-	255	-	41	-	257	-
-	256	-	41	-	258	-
-	257	-	40	-	259	-
-	258	-	40	-	260	-
-	259	-	39	-	261	-
-	260	-	39	-	262	-
-	261	-	38	-	263	-
-	262	-	38	-	264	-
-	263	-	37	-	265	-
-	264	-	37	-	266	-
-	265	-	36	-	267	-
-	266	-	36	-	268	-
-	267	-	35	-	269	-
-	268	-	35	-	270	-
-	269	-	34	-	271	-
-	270	-	34	-	272	-
-	271	-	33	-	273	-
-	272	-	33	-	274	-
-	273	-	32	-	275	-
-	274	-	32	-	276	-
-	275	-	31	-	277	-
-	276	-	31	-	278	-
-	277	-	30	-	279	-
-	278	-	30	-	280	-
-	279	-	29	-	281	-
-	280	-	29	-	282	-
-	281	-	28	-	283	-
-	282	-	28	-	284	-
-	283	-	27	-	285	-
-	284	-	27	-	286	-
-	285	-	26	-	287	-
-	286	-	26	-	288	-
-	287	-	25	-	289	-
-	288	-	25	-	290	-
-	289	-	24	-	291	-
-	290	-	24	-	292	-
-	291	-	23	-	293	-
-	292	-	23	-	294	-
-	293	-	22	-	295	-
-	294	-	22	-	296	-
-	295	-	21	-	297	-
-	296	-	21	-	298	-
-	297	-	20	-	299	-
-	298	-	20	-	300	-
-	299	-	19	-	301	-

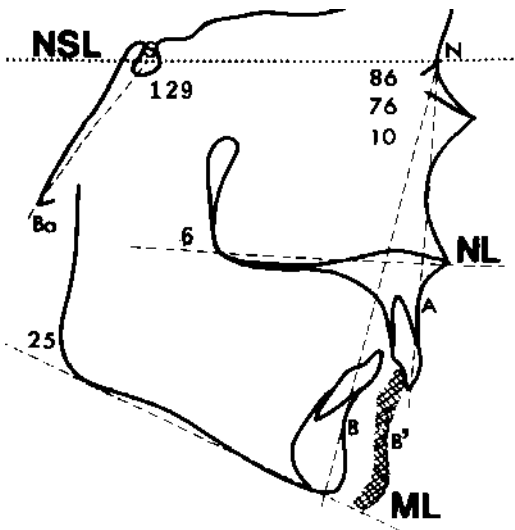


Abb. 93 Profildurchzeichnung für die Harmoniebeurteilung. Erklärung siehe Text.

geben, so daß auch sagittale Harmonie mit einem ANB-Winkel von 2.5° bestehen würde. Da auch die Werte für die Neigungen der beiden Einzelkiefer in etwa auf der gleichen Höhe in der Harmoniebox zu finden sind, besteht auch eine gute vertikale Harmonie.

Aufgrund dieser Werte erscheint es nahelegend, der Mandibula den Hauptanteil an der morphologischen Abweichung, die den großen ANB-Winkel von 10° ergibt, zuzuschreiben. Da sowohl der Basiswinkel NSBa als auch die Neigung ML-NSL gut in das Harmoniemuster passen, besteht weiterhin Grund anzunehmen, daß die Mandibula im vorliegenden Fall zu klein ist. Es wäre folglich vorteilhaft, sie dem Wachstum „auszusetzen“, wobei das Wachstum dann möglichst gut auszunutzen ist. Wenn das Wachstum nicht das gewünschte Ergebnis in Menge und Richtung bringt, wird dieser Fall zum Problemkasus.

Bei anderen Kombinationen kann die morphologische Abweichung unter Um-

ständen bei der Maxilla liegen, und eine Verschiebung des A-Punktes nach posterior würde eine harmonische Kombination ergeben. Da dies meist schwer zu erreichen ist, wird in diesen Fällen meist lediglich auf eine Hemmung des sagittalen Wachstums der Maxilla hingearbeitet, so daß sich zumindest eine relative Reduktion des SNA-Winkels ergibt (siehe auch Seite 114).

Bei der Beurteilung der Harmonie wird sich in einzelnen Fällen zeigen, daß der Gesichtsschädel aus einer in sich harmonischen Maxilla einerseits und aus einer in sich harmonischen Mandibula andererseits zusammengesetzt ist, daß aber zwischen beiden Einzelkiefern sowohl in Hinblick auf den Prognathiegrad als auch auf die Neigung eine Disharmonie besteht.

Es ist hier oft schwierig, eindeutig festzulegen, wo der morphologische Fehler für diese basale Abweichung liegt, und daraus ergibt sich dann meist ein Kompromiß in der Behandlung. Die Erfahrung zeigt, daß die Behandlung bei solchen Patienten schwierig werden kann.

Die Harmonie der Neigungen sollte immer in Hinblick auf den Interbasiswinkel ML-NL gesehen werden. Nach der Harmoniebox (Abb. 83) ist zu erwarten, daß er in einem retrognathen Gesicht größer und in einem prognathen Gesicht kleiner als der Mittelwert von 21° ist. Ein großer ML-NL-Winkel muß also in einem retrognathen Gesicht anders beurteilt werden als ein Winkel derselben Größe in einem prognathen Gesicht. Entsprechendes gilt für einen kleinen Interbasiswinkel. Es zeigt sich wiederum, daß eine Beurteilung nur auf individualisierter Basis möglich ist.

Wenn die Werte für NL-NSL und ML-NSL ungefähr auf gleicher Höhe in der Harmoniebox liegen (Abb. 94; „2“), wird auch der Wert für ML-NL in etwa auf der gleichen Höhe liegen; es handelt sich um einen Fall

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	61		143	43	64	28
	62		142	42	66	
-2	63	14				27
	64		141	41	"1"	
	65	13				26
	66		140	39		
-1	67					25
	68	12				
	69		139	37		24
	70					
	71		138	36		23
0	72					
	73		137	35		22
	74					
	75	10				21
	76		136	33		
	77					20
1	78		135	32		
	79					19
	80		134	31		18
	81	8				17
	82		133	30		16
	83					
2	84	7				15
	85		132	29		14
	86					
	87	6				13
	88		131	25		
3	89					12
	90	5				
	91		130	24		11
	92					
	93	4				10
	94		129	23		
	95					9
	96		128	22		8
	97					7
	98					6
	99		127	21		5
	100					4
	101		126	20		3
	102					2
5	103	2				1
6		1				

Abb. 94 Harmoniebeurteilung der Neigungen der Kieferbasen relativ zueinander:

- 1 - Interbasiswinkel relativ zu groß
- 2 - im Normbereich
- 3 - Interbasiswinkel relativ zu klein

mit vertikaler Harmonie. Wenn der Wert für ML-NSL deutlich höher liegt als derjenige für NL-NSL, zeigt der Fall vertikale Disharmonie. Es liegt ein zu großer Interbasiswinkel vor; es handelt sich um einen "high angle case".

Ein ML-NSL-Winkel, der in der Harmoniebox deutlich tiefer liegt als derjenige für NL-NSL, führt auch zu einem zu geringen Interbasiswinkel. In diesen Fällen von vertikaler Disharmonie verlaufen die Kieferbasen nahezu parallel, und bei der Behandlung wäre es schwierig oder gar unmöglich, einen möglicherweise vorhandenen Tiefbiß zu beseitigen.

Wie oben bereits angedeutet, ergeben sich die Abgrenzung zwischen den Bezeichnungen „1“, „2“ und „3“ des Interbasiswinkels ML-NL aus der Box. Wird vom Wert für NL-NSL eine horizontale Linie nach rechts gezogen, so erhält man den Erwartungswert für ML-NSL. Liegt der tatsächliche Wert

für ML-NSL um mehr als 6° darüber, so wird der Fall als „1“ oder „high-angle“ bezeichnet. Liegt der tatsächliche Wert um mehr als 6° darunter, so handelt es sich um einen Fall der mit „3“ bezeichnet wird. Die Fälle, die dazwischen liegen, werden als „2“ klassifiziert. Graphisch ergibt sich so für den „Neutral“-Bereich („2“) ein nach rechts offener Winkel von ca. 60° mit dem Meßwert NL-NSL an seinem Scheitelpunkt (Abb. 96). Prinzipiell wäre ein Vorgehen von rechts nach links, also ausgehend von ML-NSL ebenfalls machbar. Das Intervall für den Neutralbereich von NL-NSL wäre dann 3° ober- bzw. unterhalb des Erwartungswertes.

Bei der computerunterstützten Auswertung läßt sich diese Beurteilung verfeinern, indem das Programm die vertikale Diskrepanz zwischen NL-NSL-Wert und ML-NSL-Wert auf die SNA-Spalte projiziert und die Differenz berechnet. Es ergibt sich dann der relative Interbasiswinkel (abgekürzt RIB), der angibt, inwieweit der tatsächlich gemessene Interbasiswinkel ML-NL von dem individuell erwarteten abweicht. Bei einem Wert von 0 liegt der Idealwert vor, bei negativen Werten ist der tatsächliche Wert zu groß (hyperdivergent), bei positiven Werten ist der tatsächliche Meßwert zu klein (hypodivergent). Der Zusammenhang zwischen RIB und der vertikalen Klassifikation ergibt sich aus

- RIB < -8.5 : „1“
- 8.5 < RIB < +8.5 : „2“
- RIB > +8.5 : „3“

Wenn etwa ein RIB von -19 vorliegt so erkennt man, daß ein sehr schwerer Fall von Hyperdivergenz vorliegt, was bei der einfachen Klassifizierung „1“, „2“ oder „3“ in dieser Eindringlichkeit nicht so klar wird.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß es durchaus Fälle geben kann, bei denen sowohl sagittale, als auch vertikale Harmonie

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
-2	63	14	140	42	65	
	65	-		41	66	27
	66	13	139	40	67	
-	67	-	138	39	68	26
-1	68	12	137	38	69	
	69	-	136	37	70	25
	70	-		36	71	
-	71	-	135	35	72	
	72	11	134	34	73	24
0	73	-		33	74	
	74	10	133	32	75	23
	75	-	132	31	76	
-	76	-	131	30	77	22
	77	9	130	29	78	
1	78	-		28	79	21
	79	-	129	27	80	
	80	8	128	26	81	20
-	81	-	127	25	82	
	82	-	126	24	83	19
2	83	-		23	84	
	84	7	125	22	85	18
	85	6	124	21	86	
	86	-	123	20	87	17
3	87	-	122	19	88	
	88	5	121	18	89	16
	89	-	120	17	90	
-	90	-	119	16	91	15
	91	-	118	15	92	
	92	4	117	14	93	14
4	93	-	116	13	94	
	94	-	115	12	95	13
	95	3	114	11	96	
-	96	-	113	10	97	12
	97	-	112	9	98	
5	98	2	111	8		
	99	-	110	7		
	100	-	109	6		
-	101	1	108	5		
	102	-	107	4		
6	103	-	106	3		
		0	105	2		
			104	1		
			103	0		

Abb. 95 Beispiel für vertikale und sagittale Harmonie bei gleichzeitiger Disharmonie zwischen Neigung und Prognathiegrad

zwischen den beiden Kiefern herrscht, bei denen aber die Prognathiegrade und die Neigungen nicht zueinander passen. In diesen Fällen ist der Gesichtstyp insgesamt und in den Einzelkiefern zwar disharmonisch, trotzdem besteht Harmonie in der sagittalen und vertikalen Ebene zwischen den Kieferbasen (Abb. 95).

4. Das Harmonieschema

Um den Gesichtstyp, die sagittale und vertikale Harmonie sowie die Gesamtharmonie einfacher beurteilen zu können, wurde ein Harmonieschema eingeführt, das auf die in die Harmoniebox eingetragenen Meßwerte überlagert wird (Abb. 96).

Die vertikale Toleranzbreite dieses Schemas ergibt sich für die einzelnen Variablen aus der Enge ihres Zusammenhangs mit den anderen 4 Variablen. In der Statistik wird dies als der Standardfehler der Schät-

zung einer Variable aus den 4 anderen bezeichnet. Man sieht, daß die Toleranzbreite für die Variablen SNA und SNB geringer ist als diejenige für NSBa und ML-NSL. Für NL-NSL ist die Toleranzbreite auch etwas geringer, aber da die Werte dieser Variable in der Harmoniebox stärker auseinandergezogen sind, erscheint die Toleranzbreite größer.

Zunächst ist es das Ziel der Positionierung des Harmonieschemas zu prüfen, ob es möglich ist, alle Patientenmeßwerte innerhalb der Linie beziehungsweise der schraffierten Fläche fallen zu lassen. Im einzelnen gelten dabei folgende Regeln:

- Die zentrale Linie muß exakt horizontal orientiert sein.
- Die Summe der Abstände der einzelnen Meßwerte von der Zentrallinie oberhalb dieser Linie soll gleich derer unterhalb sein (Abb. 97).
- Dabei finden die Variablen SNA und SNB stärkere Berücksichtigung, indem diese Abstände dreifach zählen.
- Liegen einzelne Meßwerte eindeutig weit außerhalb, so handelt es sich um „Ausreißer“, die für die Ermittlung des Gesichtstyps keine Berücksichtigung finden sollten und deren Abstand deshalb nicht in die Rechnung unter Punkt 1 und 2 einbezogen wird.

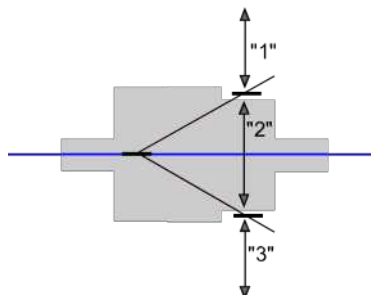


Abb. 96 Harmonieschema für die Harmoniebox. Wenn es gelingt, das Harmonieschema so anzuordnen, daß alle Meßwerte hineinfallen, liegt eine harmonische Kombination vor.

Nach dieser Positionierung erkennt man an der Position der zentralen Linie auf der SNA-Spalte den Gesichtstyp. Ein Bereich von etwa 79° bis 85° wird als orthognather Gesichtstyp bezeichnet, bei kleineren Werten handelt es sich um einen retrognathen, bei größeren um einen prognathen Gesichtstyp.

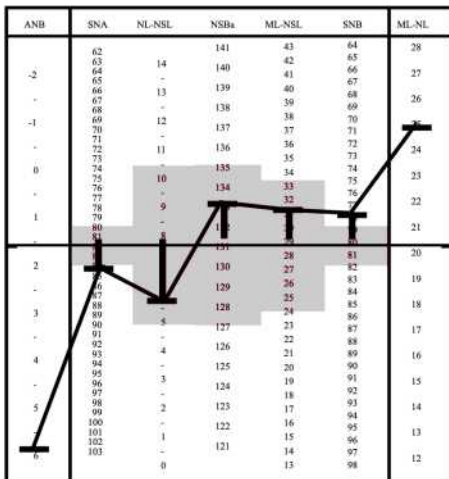
Wenn die Linien des Harmonieschemas alle Meßwerte umfassen, spricht man von einem harmonischen Gesichtstyp. Wenn einzelne Werte nicht ganz innerhalb des Schemas liegen, wird dies als leicht disharmonischer Gesichtstyp bezeichnet. Wenn die Meßwerte jedoch über die ganze Harmoniebox verteilt sind, handelt es sich um einen disharmonischen Gesichtstyp. In den Spalten ANB beziehungsweise ML-NL kann man jetzt die für den vorliegenden individuellen Gesichtstyp passenden idealen Werte für ANB und ML-NL ablesen.

Im nächsten Schritt wird die sagittale Harmonie beziehungsweise sagittale basale Relation geprüft. Die zentrale Linie wird auf den gemessenen SNA-Wert gelegt. In der Spalte für SNB findet man dann unter der Zentrallinie den zu diesem SNA-Wert passenden SNB-Wert. Die Relation des tatsächlich gemessenen Wertes für SNB zu

diesem erwarteten ergibt die sagittale Kieferrelation. Beträgt diese Differenz bis zu 2°, so wird die Kieferrelation als sagittal neutral bezeichnet. Liegt der tatsächlich gemessenen Wert für SNB mehr als 2° über dem erwarteten (erkennbar durch die dicke Linie) handelt es sich um eine distale basale Relation. Liegt er jedoch unterhalb der unteren dicken Linie, so handelt es sich um eine mesiale basale Relation.

Als letztes wird die Divergenz der Kieferbasen bzw. vertikale Harmonie analysiert. Dazu wird das Harmonieschema mit der Zentrallinie auf den tatsächlich gemessenen NL-NSL-Wert gelegt. In der Spalte ML-NSL erkennt man dann, ob der gemessene Wert innerhalb der beiden dicken Linien liegt ("2"), oberhalb der oberen ("1") oder unterhalb der unteren ("3").

Die Analysen der sagittalen und vertikalen basalen Relation erlauben für sich noch keine Rückschlüsse darauf, welcher der beiden Kiefer für eine eventuelle Abweichung verantwortlich ist. Besteht eine Abweichung, muß das Harmonieschema wieder in die ursprüngliche Position (Bestimmung des Gesichtstyps) gebracht werden. Man kann dann einfach feststellen, welcher Wert (SNA oder SNB bzw. NL-NSL oder ML-NSL) weiter von der zentralen Gesichtstyp-Linie entfernt liegt.

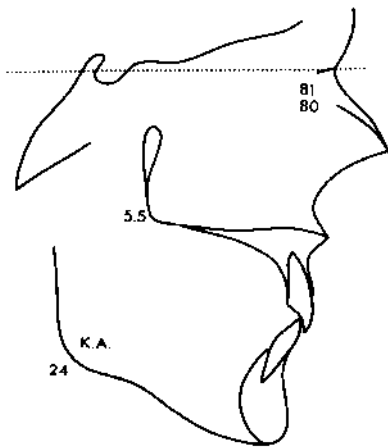


5. Basale kephalometrische Normen

In klinischem Zusammenhang muß bei der Beurteilung des Gesichtstyps sowohl für den Prognathiegrad als auch für die Harmonie zwischen Prognathie und Neigung mit einer großen Variationsbreite gerechnet werden. Wenn die basalen kephalometrischen Werte in praxi angewendet werden sollen, muß vollkommene

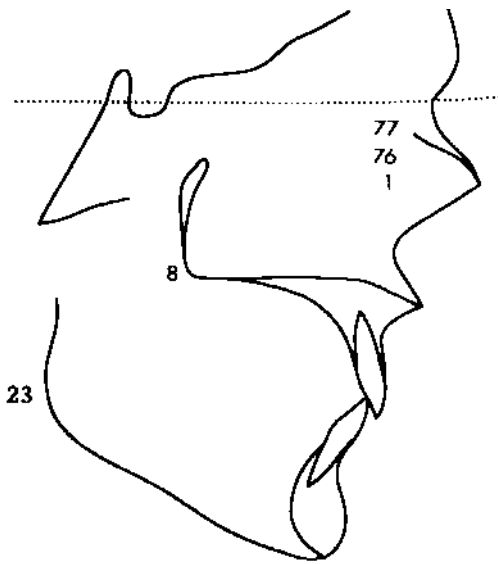
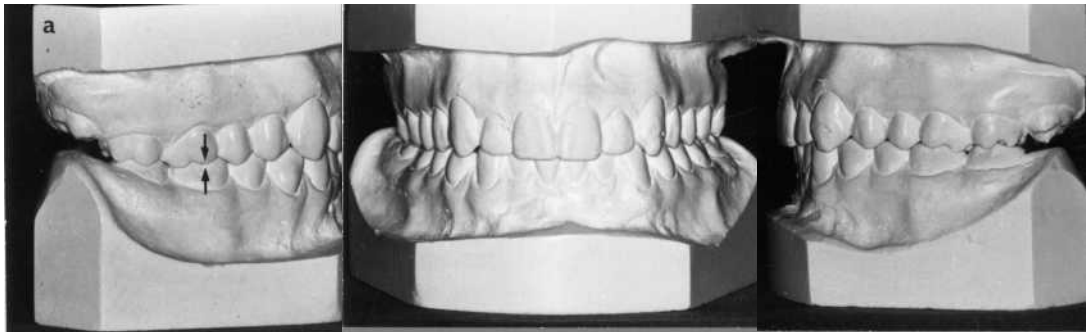
Klarheit darüber bestehen, daß Anomalien ebenso wie Idealokklusionen in allen Gesichtstypen vorkommen können (Abb. 99, 100 und 101).

Andererseits muß man sich auch darüber im klaren sein, daß dieselben dentoalveolären Abweichungen in unterschiedlichen Gesichtstypen zu finden sind (Abb. 102 und 103).



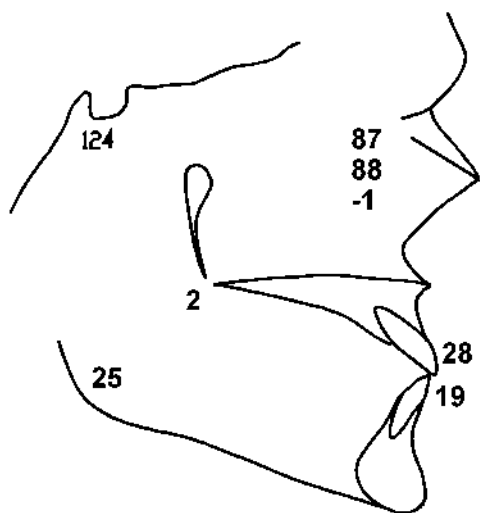
ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
	63	14	140	42	65	27
-2	64	-	140	41	66	28
	65	-	139	40	67	27
	66	13	139	39	68	26
	67	-	138	39	69	26
	68	-	138	38	70	25
-1	69	12	137	37	71	25
	70	-	137	37	71	25
	71	-	136	36	72	24
	72	11	136	35	73	24
	73	-	135	34	74	23
0	74	-	135	34	74	23
	75	10	133	33	75	23
	76	-	133	32	76	22
	77	-	133	31	77	22
	78	9	132	30	78	21
	79	-	132	29	79	21
	80	8	131	28	80	20
	81	-	130	27	81	20
2	82	-	130	27	82	19
	83	7	129	26	83	19
	84	-	129	25	84	18
	85	-	128	25	85	18
	86	-	128	24	86	17
	87	-	127	23	87	17
3	88	-	126	22	88	16
	89	4	126	21	89	16
	90	-	125	20	90	15
	91	-	124	19	91	15
	92	3	124	18	92	14
	93	-	123	17	93	14
4	94	-	122	16	94	13
	95	-	122	15	95	13
	96	1	121	14	96	13
	97	-	121	14	97	12
	98	-	121	13	98	12
	99	2	123	17	99	14
	100	-	122	16	100	13
	101	1	121	15	101	13
	102	-	121	14	102	12
	103	-	121	14	103	12
6		0				

Abb. 99 Annähernde Idealokklusion in einem orthognathem Gesicht mit Disharmonie zwischen Prognathie und Neigung der Mandibula



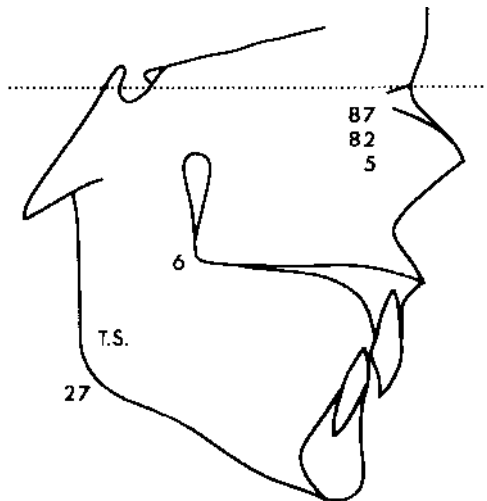
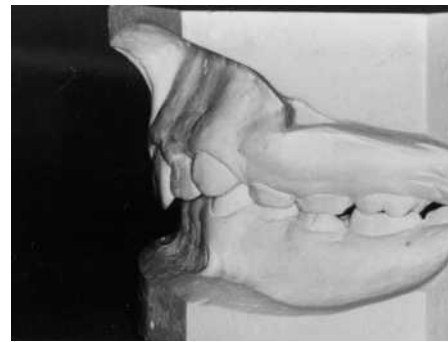
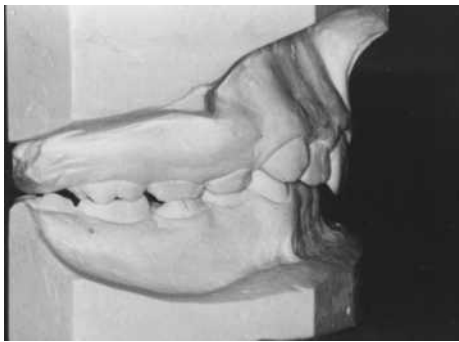
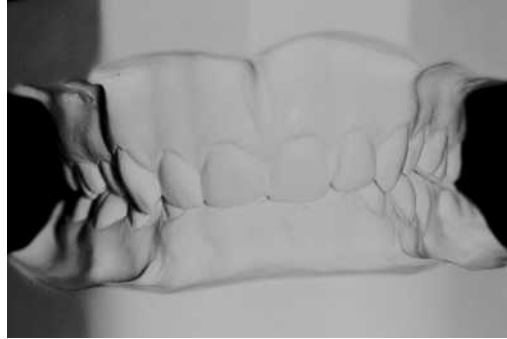
ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43		64
	63		140	42		65
-2	64	14	140	41		66
	65		139	40		67
	66	13	138	39		68
	67		137	38		69
-1	68		136	37		70
	69	12	135	36		71
	70		134	35		72
	71		133	34		73
	72	11	132	33		74
	73		131	32		75
0	74		130	31		76
	75	10	129	30		77
	76		128	29		78
	77		127	28		79
	78	9	126	27		80
	79		125	26		81
	80		124	25		82
	81		123	24		83
	82		122	23		84
	83		121	22		85
	84	7	120	21		86
2	85		119	20		87
	86		118	19		88
	87	6	117	18		89
	88		116	17		90
3	89		115	16		91
	90	5	114	15		92
	91		113	14		93
	92		112	13		94
	93		111	12		95
4	94		110	11		96
	95	3	109	10		97
	96		108	9		98
	97		107	8		99
5	98	2	106	7		100
	99		105	6		101
	100		104	5		102
	101		103	4		103
	102	1	102	3		104
	103		101	2		105
6			100	1		106
		0	99	0		107

Abb. 100 Annähernde Idealokklusion in einem retrognathen Gesicht mit Disharmonie zwischen Prognathie und Neigung der Mandibula



ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
	63	14		42	65	
-2	64	-	140	41	66	27
	65			40	67	
	66	13	139	39	68	26
	67	-		38	69	
	68		138	37	70	25
	69	12		36	71	
	70		137	35	72	24
	71			34	73	
	72	11	136	33	74	
	73			32	75	
	74		135	31	76	
0	75	10		30	77	22
	76		134	29	78	
	77			28	79	21
	78	9	133	27	80	
1	79			26	81	20
	80		132	25	82	
	81	8		24	83	19
	82		131	23	84	
	83			22	85	18
2	84	7	130	21	86	
	85			20	87	17
	86		129	19	88	
	87	6		18	89	16
	88		128	17	90	
3	89			16	91	15
	90	5	127	15	92	
	91			14	93	14
	92		126	13	94	
	93	4		12	95	13
	94		125	11	96	
	95			10	97	12
	96	3	124	9		
	97			8		
	98		123	7		
5	99			6		
	100		122	5		
	101			4		
	102	1	121	3		
	103			2		
6		0		1		
				0		

Abb. 101 Annähernde Idealokklusion in einem prognathen Gesicht. Im gezeigten Fall liegt ein negativer ANB-Winkel vor (-1°), der durch die Achsenneigungen der Ober- und Unterkieferinzisivi kompensiert wird.

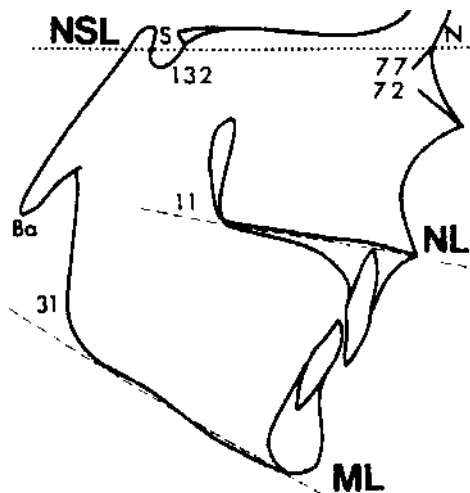


ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
	63		140	42	65	
-2	64	14	140	41	66	27
	65	-			67	
	66	13	139	40	68	26
	67	-	138	39	69	25
-1	68	12		38	70	
	69		137	37	71	24
	70			36	72	
	71	11	136	35	73	23
0	72	-		34	74	
	73		135		75	22
	74	10			76	
	75	-	134	33	77	21
	76				78	
	77	9	133	32	79	20
1	78			31	80	
	79		132	30	81	19
	80	8			82	18
	81	-	131	29	83	17
	82			28	84	16
	83	7	130	27	85	15
2	84	-			86	14
	85		129	26	87	13
	86			25	88	12
	87		128	24	89	
3	88	5		23	90	
	89	-	126	22	91	
	90			21	92	
	91	4	125	20	93	
	92	-		19	94	
4	93		124	18	95	
	94	3		17	96	
	95	-	123	16	97	
	96			15	98	
	97	2	122	14	99	
	98			13	100	
	99		121		101	
	100	1			102	
	101	-			103	
	102					
	103	0				

Abb. 102 Angle-Klasse II₂ in einem prognathen Gesicht

Es gibt daher für diese basalen kephalometrischen Variablen keine Werte, die mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer Normokklusion führen würden, aber auch keine, die obligatorisch zu dentalen Anomalien führen müssen. Folglich können diese kephalometrischen Werte nicht auf dieselbe einfache Art und Weise verwendet werden, wie z.B. die Angle-Klassifizierung bei der Modellanalyse. Das bedeutet, daß für diese Winkel keine Idealnorm im Sinne einer Neutralverzahnung gefunden werden können. Was die Molarenrelation betrifft, so

ergibt die Abweichung nach der einen oder anderen Seite in den allermeisten Fällen eine okklusale Anomalie. In der Kephalemetrie wurden teilweise ähnliche Gedankengänge versucht. Dabei wurde von dem Mittelwert der einzelnen Messungen bei einer bestimmten Population ausgegangen. Eine derartige Anwendung der kephalometrischen Messungen muß jedoch abgelehnt werden. Zur Erläuterung sei ein Beispiel genannt. Beim SNA-Winkel beträgt der Mittelwert (\bar{x}) 82°. Daraus kann aber nicht unmittelbar gefolgert werden, daß bei einem



	ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
		62		141	43		64
		63		140	42		65
-2		64	14	140	42		66
		65	-	139	41		67
		66	13	139	40		68
		67	-	138	39		69
-1		68	12	137	38		70
		69	-	137	37		71
		70	-	136	36		72
		71	-	136	35		73
		72	-	135	34		74
0		73	10	134	33		75
		74	-	134	32		76
		75	9	133	32		77
		76	-	133	30		78
1		77	8	132	29		79
		78	-	131	28		80
		79	-	130	27		81
		80	7	129	26		82
2		81	-	129	25		83
		82	6	128	24		84
		83	-	128	23		85
		84	-	127	22		86
3		85	-	126	21		87
		86	5	125	20		88
		87	-	125	19		89
		88	-	124	18		90
		89	-	123	17		91
		90	4	122	16		92
		91	-	122	15		93
4		92	-	121	14		94
		93	3	121	13		95
		94	-	121	13		96
		95	-	121	13		97
		96	-	121	13		98
		97	-	121	13		99
		98	-	121	13		100
		99	-	121	13		101
		100	-	121	13		102
		101	-	121	13		103
		102	-	121	13		104
6		103	0	121	13		105

Abb. 103 Angle-Klasse II₂ in einem retrognathen Gesicht

Patienten mit einem ANB-Winkel von 7° und einem SNA-Winkel von 87° dieser Wert für SNA um 5° zu groß ist ($87^\circ - 82^\circ = 5^\circ$), und damit die Hauptschuld der Abweichung bei der Maxilla liegt.

Ist der hohe Stellenwert der Kephalometrie dann überhaupt gerechtfertigt, wenn ihr gegenüber so viele Vorbehalte bestehen? Trotz der Vorbehalte gibt es mehrere gewichtige Gründe, die kephalometrische Messungen für die meisten kieferorthopädischen Behandlungsplanungen unentbehrlich machen:

1. In klinischem Zusammenhang ist es äußerst wichtig, sich über den Gesichtstyp klar zu werden, da die klinische Erfahrung gezeigt hat, daß in der Regel Kieferanomalien in retrognathen Gesichtstypen größere Behandlungsprobleme aufwerfen als in orthognathen oder prognathen Gesichtstypen. Dies gilt insbesondere für Abweichungen in sagittaler Richtung, wo besondere Anstrengungen in Hinblick auf die Verankerung in retrognathen Gesichtern unternommen werden müssen. Wie oben gezeigt, ist solch eine Klassifizierung möglich.
2. Morphologisch ist der Gesichtsschädel aus mehreren Komponenten zusammengesetzt. Gleichgültig, ob sie nun in den basalen oder in den dentoalveolären Anteilen (Alveolarfortsätze) liegen, besitzen die meisten davon kompensierende Eigenschaften, die einzeln oder zusammen die ungünstige Einwirkung anderer Komponenten auf das morphologische Muster reduzieren können. Über diesen kompensierenden Mechanismus oder das Fehlen desselben möchte man im Einzelfall gern Aufschluß gewinnen. Oft sind durch derartige Kompensationsmechanismen schwerwiegende basale Abweichungen maskiert, treten aber bei einer etwaigen kieferorthopädischen Behandlung zu Tage.
3. Der Gesichtstyp hat Einfluß auf dentale Normen und stellt damit die Ausgangsbasis für die Beurteilung der Achsenstellung der Zähne dar. Dieses Problem wird im nächsten Kapitel erörtert.
4. Es gibt Fälle, bei denen das Ausmaß der skelettalen Abweichung erwarten läßt, daß eine rein kieferorthopädische Behandlung entweder von vornherein nicht erfolgsversprechend ist, oder bei denen eine ausreichende Stabilität des Behandlungsergebnisses nicht zu erwarten ist. Es ist von großer Wichtigkeit, diese Fälle vor Beginn einer Behandlung zu erkennen und sie möglicherweise einer entsprechenden orthognathisch-chirurgischen Behandlung zuzuführen.

Die Lösung dieser Aufgabe wird wesentlich erleichtert, wenn eine systematische Beurteilung des Gesichtsschädels vorgenommen wird. Die Daten des Patienten werden also in Relation zu denjenigen Werten gesetzt, die als „Norm“ für diesen Patienten verwendet werden. Da es ja beliebig viele Normen gibt (alle Kombinationen, die auf gleicher Höhe in der Harmoniebox liegen), ist es wichtig, daß diese individuelle „Norm“ so nahe wie möglich im Bereich der Werte des Patienten liegt.

6. Dentale kephalexmetrische Normen

Die Position der Schneidezähne ist von überragender Bedeutung für die gesamte Behandlungsplanung, da ein direkter Zusammenhang zwischen Schneidezahnstellung und Platzsituation besteht. Durch Protrusion der Inzisivi kann Platz gewonnen werden, während durch behandlungsbedingte oder rezidivbedingte Retrusion Platz verlorengelht bzw. Engstand entstehen kann. Über die Platzproblematik ist die Beurteilung der Frontzahnposition auch mit der wichtigen Entscheidung gekoppelt, ob die Extraktion von Zähnen im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung notwendig ist oder nicht.

Die Natur versucht, mit den Inzisivi basale Abweichungen zu kompensieren und zwar sowohl in sagittaler Richtung (wie auf Seiten 50 - 52 unter dem Abschnitt ANB-Winkel erörtert) als auch in vertikaler Richtung. Es ist weiterhin einsichtig, daß die Inzisivi direkt dysplastischen Einwirkungen durch atypische Muskelfunktionen und Angewohnheiten ausgesetzt sind. In klinischem Zusammenhang besteht daher großes Interesse, die Auswirkungen dieser Einflüsse aufzuschlüsseln.

Weiterhin kann die Position und Achsenrichtung der Inzisivi durch eine orthodontische Apparatur beeinflusst werden. Dies geschieht entweder durch Kippen oder durch körperliche Bewegung bzw. Torqueeffekte bei Behandlungssystemen, wo dies möglich ist.

Sowohl für die Klassifizierung und die Diagnose als auch für die Behandlungsplanung ist es daher notwendig, Normwerte aufzuzeigen, mit deren Hilfe die Werte des Patienten diskutiert werden können. Es stellt sich hierbei jedoch wieder die Frage, ob es möglich ist, die dentalen kephalexmetrischen Werte auf die gleiche Art und Weise zu benutzen wie die Angle-Klassifizierung bei der sagittalen Modellanalyse, bei der in den meisten Fällen eine Abweichung von einer gegebenen Norm direkt als Anomalie klassifiziert werden kann, oder ob für die Stellung der Inzisivi andere Variablen zur Erstellung einer Referenznorm im Sinne fließender Normen herangezogen werden müssen.

Dieselbe Frage stellt sich auch bei der Behandlungsplanung, nämlich ob der Patient idealerweise nach einer festen Norm für die Schneidezahnstellung behandelt werden soll, oder ob das Behandlungsziel

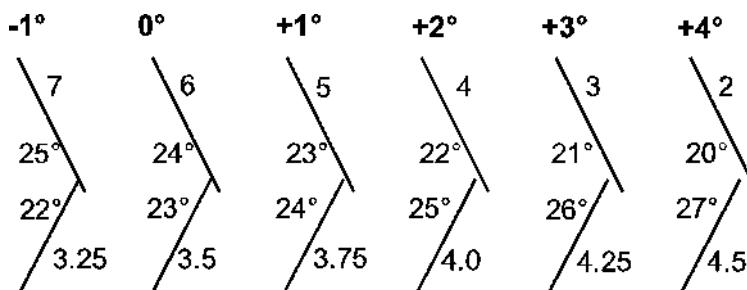


Abb. 104 Steiner's „Akzeptable Kompromisse“ zur individuellen Einstellung der Schneidezähne auf der Grundlage des ANB-Winkels

individualisiert werden muß. Wenn eine Individualisierung notwendig ist, stellt sich als nächstes die Frage, welche kephalometrischen Variablen geeignet sind, als Leitfaden für eine auf individualisierte, „fließende“ Normen aufbauende Behandlungsplanung zu dienen.

Fließende Normen sind kein neues Prinzip innerhalb der Kephalemtrie; bereits STEINER benutzte eine Art fließende Norm bei seinen „akzeptablen Kompromissen“ (Abb. 104). STEINER bestimmt hier, mit dem ANB-Winkel als Leitwert, Normen für die Stellung der Inzisivi. Der ANB-Winkel ist bei ihm die „leitende Variable“, sowohl für den Abstand der Schneidekanten von der NB- beziehungsweise NA-Linie als auch für die Achsenneigungen. Für eine Reihe von ANB-Winkeln in dem am häufigsten vorkommenden Bereich werden Werte für die Stellung von \perp -NA und T-NB in Grad und Millimeter angegeben. Aus seinem Schema ergibt sich, daß jede Änderung des ANB-Winkels um 1° auch eine Änderung von \perp -NA um 1 mm bzw. 1° ergibt und entsprechend für T-NB um 0.25 mm bzw. 1° . Diese Werte sind die Grundlage für weitere Interpolation.

Dieser Zusammenhang zwischen Stellung der Inzisivi und ANB-Winkel wurde auch in mehreren europäischen Untersuchungen nachgeprüft, wobei klar wurde, daß die Stellung der Inzisivi auf keinen Fall ohne Betrachtung des ANB-Winkels erörtert werden sollte. Da für die Behandlungsplanung von Interesse ist, wo die Schneidezähne am Ende der Behandlung bzw. des Wachstums stehen sollen, ist auch eine Prognose der Veränderung des ANB-Winkels bis zu diesem Zeitpunkt erforderlich.

Aus Abbildung 104 ist ersichtlich, daß die Schneidezahn-Konfigurationen in STEINER's „akzeptablen Kompromissen“ eine lineare

Funktion des ANB-Winkels, also eine Regressionsgleichung mit ANB als alleiniger, unabhängiger Variablen, darstellt. Der Zusammenhang zwischen ANB und den Werten für die Zahnstellung kann mit folgenden Gleichungen dargestellt werden:

$$Y_{(\perp\text{-NA})\text{mm}} = a_1 X_{(\text{ANB})} + d_1$$

$$Y_{(\perp\text{-NA})\text{Grad}} = a_2 X_{(\text{ANB})} + d_2$$

$$Y_{(\text{T-NB})\text{mm}} = a_3 X_{(\text{ANB})} + d_3$$

$$Y_{(\text{T-NB})\text{Grad}} = a_4 X_{(\text{ANB})} + d_4$$

wobei a und d jeweils Konstante darstellen, die sich von Gleichung zu Gleichung unterscheiden.

In diesem Zusammenhang ergeben sich folgende Fragen:

1. Basieren STEINER's „akzeptable Kompromisse“ auf einer Korrelationsanalyse mit berechneten Regressionslinien oder stellen sie zufällig passende Größen dar, die sich allem Anschein nach klinisch gut anwenden lassen? In der Literatur wird darüber nicht klar Auskunft gegeben. Auf alle Fälle dürfte es nur natürlich sein, für die Behandlung europäischer Patienten auch Regressionskoeffizienten zu verwenden, die auf einem europäischen Material basieren.
2. Ist der ANB-Winkel die einzige der basalen skelettalen Messungen, die für die Erörterung der Schneidezahnstellung als leitende Variable dienen kann? Die Regressionsanalyse könnte sonst durch Einbeziehung weiterer unabhängiger (=leitender) Variablen zu einer multiplen Regressionsanalyse mit mehreren unabhängigen Variablen erweitert werden. Mit zwei Variablen ergäbe sich folgende Formel:

$$y = ax + by + d$$

Bei Einbeziehung einer dritten unabhängigen Variable, die die Stellung der Inzisivi beeinflusst, ergäbe sich folgende Gleichung:

$$y = ax + bz + cq + d$$

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, daß der Gesichtstyp in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielt. HASUND und ULSTEIN fanden, daß die Neigung der Unterkieferebene einen Einfluß auf die Stellung der Inzisivi hat. Sie benutzten dabei den Winkel ML-NSL als Ausdruck der Neigung. NORDERVAL fand später einen noch größeren Einfluß für den Interbasiswinkel ML-NL, sowohl für die oberen als auch für die unteren Schneidezähne.

Auch das knöcherne Kinn scheint einen Einfluß auf die Position der Schneidezähne zu haben. Im Zusammenhang mit der oben erwähnten Steiner-Analyse wurde die Holdaway-Differenz angewendet. Dabei ergaben sich jedoch Anpassungen, die im Einzelfall klinische Probleme aufwerfen können. NORDERVAL fand, daß die verschiedenen Kombinationen der Schneidezahnstellung eindeutiger durch die Anwendung des NORDERVAL-Winkels dargestellt werden können. SEGNER fand einen noch etwas höheren Zusammenhang mit der linearen Variable $PgNB_{mm}$, die auch eine günstigere Meßbarkeit aufweist.

Nachdem NORDERVAL, sowie HASUND und BOE jeweils multiple Regressionsgleichungen mit den unabhängigen Variablen ANB, ML-NL und dem Norderval-Winkel aufgestellt haben und damit einen multiple Korrelationsfaktor für die Berechnung der korrekten Unterkieferschneidekantenposition von 0.71 erzielten, fanden VORMELKER und SEGNER eine Regressionsgleichung, die auf den Variablen ANB, $PgNB$ und Index aufbaut. Als Referenzlinie wurde hierbei nicht die NB-Linie, sondern die NPg -Linie verwendet. Dadurch ergeben sich höhere Korrelations-

koeffizienten, auch wenn die Genauigkeit der Schätzung (Standardfehler der Schätzung, S.E.) nicht günstig beeinflusst wurde.

Für jedes untersuchte Patientenkollektiv ergeben sich geringfügig unterschiedliche Regressionskoeffizienten, die auf den ersten Blick das Vertrauen in eine derartige Gleichung gefährden. Bei genauerer Überprüfung kann aber festgestellt werden, daß eine Vergrößerung eines Koeffizienten durch die Verkleinerung eines oder mehrerer anderer kompensiert wird, so daß das Ergebnis der Regressionsgleichung doch recht einheitlich ist. Die im folgenden dargestellten Regressionsgleichungen basieren auf einem Material junger, unbehandelter Erwachsener mit Idealokklusionen (Angle Klasse I, kein Engstand, keine Nichtanlagen) aus Hamburg und Umland.

Die leitenden Variablen sind immer der ANB-Winkel und der Abstand Pg zur NB-Linie. Zum Teil kommt noch der Index der vorderen Gesichtshöhen hinzu. Zu beachten ist, daß alle linearen Messungen durch

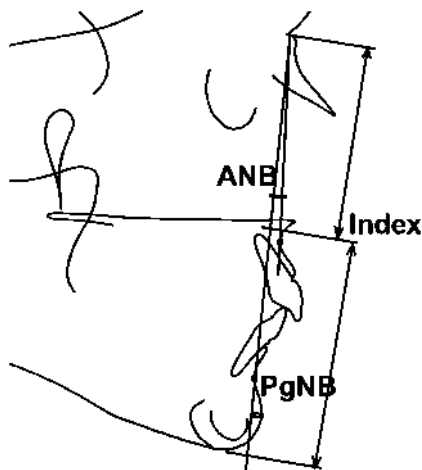


Abb. 105 Leitende Variablen bei der Bestimmung der individuell optimalen Schneidezahnposition: ANB, $PgNB_{mm}$ und Index.

etwaige Vergrößerungsfaktoren beeinflusst werden. Für die dargestellten Regressionsgleichungen wurde die röntgenologische Vergrößerung rechnerisch eliminiert. Ein Vergrößerungsfaktor von z.B. 10% kann schnell einen halben bis ganzen Millimeter Unterschied ausmachen!

Ausgehend von den Gleichungen in Tabelle 4 läßt sich eine Vielzahl anderer akzeptabler Kombinationen berechnen, die sich dadurch von STEINER's „akzeptablen Kompromissen“ unterscheiden, daß außer dem ANB-Winkel noch zwei weitere basale kephalometrische Variable mit einbezogen werden. Außerdem hat die Änderung des ANB-Winkels einen etwas stärkeren Einfluß auf die Unterkiefer-Inzisivi als STEINER dies bei seinen Werten zugrunde legte.

Die Gleichungen zeigen, daß ein Grad ANB-Winkel-Änderung recht genau eine Änderung der Position der unteren Schneidekante von 0.5 mm bewirkt. Je größer der ANB-Winkel, desto ventraler (protrudierter) stehen die unteren Inzisivi. Für die oberen Schneidezähne ergibt sich bei 1° Vergrößerung des ANB-Winkels eine um fast 0.9 mm palatinalere Position der oberen Inzisalkanten. Der Einfluß des Abstandes $PgNB_{mm}$ ist sowohl für die oberen wie auch für die unteren Inzisivi gleichgerichtet. Je prominenter das Kinn (großer Wert $PgNB_{mm}$) desto retrudierter stehen beide Fronten. Ein Millimeter $PgNB_{mm}$ bewirkt

0.23 mm in der Oberkiefer- und 0.3 mm in der Unterkieferfront. Der Einfluß des Index ist begrenzt, ein um 5 Prozentpunkte kleinerer Index bewirkt sowohl im Ober- wie auch im Unterkiefer eine um 0.4 mm ventralere Position der Schneidekanten.

Bei der Beurteilung der Achsenneigung der Inzisivi ergibt die Einbeziehung der vertikalen basalen Variable Index keinen Vorteil; deshalb ist das Regressionsmodell auf zwei unabhängige Variable beschränkt.

Für die Stellung der Inzisivi ist damit offensichtlich, daß diese nicht isoliert beurteilt werden kann, sondern in Relation zu mehreren anderen Variablen gesehen werden muß. Diese Beziehung kann angewendet werden, wenn ein Behandlungsfall klassifiziert und der Charakter der Anomalie beurteilt werden soll. Im Profilfernröntgenbild können die dentalen und basalen Größen einfach und direkt gemessen werden. Mit Hilfe der drei Variablen ANB, $PgNB_{mm}$ und Index kann der Erwartungswert für \perp -NA und T-NB berechnet werden. Auf dieser Grundlage ist ein gewisser Eindruck darüber zu erhalten, ob spezielle dysfunktionelle Faktoren die Schneidezahnstellung beeinflussen, oder ob die Stellung durch die vorliegende basale Morphologie zu erklären ist.

Wenn in der Folge der Behandlungsplan erörtert werden soll, ist es wichtig, sich zunächst eine Vorstellung über die Stellung

Tab. 4 Regressionsgleichungen zur Bestimmung der Position und Achsenneigung der Inzisivi in Ober- und Unterkiefer mittels basaler, kephalometrischer Messungen als leitende Variablen.

\perp -NA _{mm}	=	-0.86 ANB - 0.23 $PgNB_{mm}$ - 0.083 Index + 12.8
\perp -NA°	=	-2.19 ANB - 0.61 $PgNB_{mm}$ + 27.1
T-NB _{mm}	=	0.51 ANB - 0.30 $PgNB_{mm}$ - 0.084 Index + 10.4
T-NB°	=	1.51 ANB - 0.80 $PgNB_{mm}$ + 22.4

der Inzisivi am Ende der Behandlung zu machen. Hier ist von Bedeutung, daß sich von den drei leitenden Variablen der Index im Laufe des Wachstums und der Behandlung nur unbedeutend ändert. Dagegen werden die Werte für ANB und $PgNB_{mm}$ durch das Wachstum, und der Winkel ANB auch durch die Behandlung, nennenswert beeinflusst. Eine Beeinflussung des ANB-Winkels durch die Behandlung kann am wachsenden Patienten z.B. durch funktionskieferorthopädische Geräte oder auch durch die intensive Anwendung von Headgear erfolgen. Beim erwachsenen Patienten treten nennenswerte Änderungen nur im Zusammenhang mit orthognathischer Chirurgie auf.

Auf der Basis der genannten Regressionsgleichungen ist es möglich, eine sinnvolle Kombination der Schneidezahnpositionen am Ende der Behandlung zu bestimmen und als Grundlage für den Behandlungsplan zu verwenden. Die Zuverlässigkeit dieser Prognose hängt von einer möglichst genauen Abschätzung der Veränderung der Werte für ANB und $PgNB_{mm}$ durch Wachstum und/oder Behandlung ab. Die Prognose für die endgültige Schneidezahnposition kann nicht besser sein als die Prognosen der Veränderungen des ANB-Winkels und des Abstandes $PgNB_{mm}$. Diese Problematik gilt gleichermaßen auch für die STEINER-Frontzahnanalyse und andere Methoden zur Bestimmung der korrekten Frontzahneinstellung.

Es sollte deutlich geworden sein, daß den errechneten Werten nicht sklavisch gefolgt werden darf. Diese Werte stellen eine Richtschnur für die Einstellung der Inzisivi dar und bauen dabei auf die Informationen, die die kephalometrische Analyse der basalen Verhältnisse dem Kieferorthopäden geben kann. Selbstverständlich müssen die übrigen diagnostischen Methoden und der klinische Befund mit

den errechneten Werten verglichen und bei der endgültigen Festlegung des Behandlungsplans berücksichtigt werden.

So kann beispielsweise bei einer unteren Front, die zwar labial ihrer berechneten Position steht, aber eher lückig als eng ist, unter Umständen auf eine Retrusion verzichtet werden, da nicht zwingend zu erwarten ist, daß bei Beibehaltung der sagittalen Position ein Engstand entsteht.

Bei nur geringfügig geringerer Genauigkeit kann auf die dritte unabhängige Variable (Index) verzichtet werden. Damit ergibt sich folgende Gleichung:

$$T-NB_{mm} = 0.50 \text{ ANB} - 0.35 \text{ } PgNB_{mm} + 3.9$$

$$R = 0.613$$

$$S.E. = 1.78 \text{ mm}$$

Die Beschränkung auf 2 unabhängige Variable hat den Vorteil, daß sich das Regressionsmodell graphisch in einem Nomogramm darstellen läßt, und damit auf Berechnungen verzichtet werden kann. Bei dem in Abbildung 106 dargestellten Nomogramm geht man mit prognostiziertem ANB-Winkel von der x-Achse senkrecht hoch, bis man auf diejenige Linie trifft, die den entsprechenden prognostizierten Wert für $PgNB_{mm}$ darstellt. Von diesem Schnittpunkt wird horizontal nach links gegangen, wo sich der entsprechende Wert für die Position der unteren Front ablesen läßt. In Abb. 154 ist dies an einem Beispiel verdeutlicht.

Für die Einstellung der Inzisivi ist auch der Interinzisalwinkel von Interesse. Es besteht nun eine geometrische Abhängigkeit zwischen dem Interinzisalwinkel ($\perp-T$) und den Winkeln ANB, $\perp-NA^\circ$ und $T-NB^\circ$. Sind die drei letztgenannten Winkel bekannt, läßt sich der Interinzisalwinkel nach folgender Gleichung berechnen:

$$\perp-T = 180^\circ - (\text{ANB} + (\perp-NA) + (T-NB))$$

Ausgehend von den Normwerten für das orthognathe Gesicht (ANB 2°; \perp -NA 21° und T-NB 23°) ergibt sich:

$$\perp-T = 180^\circ - (2^\circ + 21^\circ + 23^\circ)$$

$$\perp-T = 180^\circ - 46^\circ = 134^\circ$$

Aber auch der Wert 134° stellt nur einen Durchschnittswert dar, er muß entsprechend der Gesichtsmorphologie angepaßt werden. Hierbei hat vor allem die Prominenz des Kinns einen Einfluß. Allerdings ist der Zusammenhang nicht so eindeutig, wie dies bei der oberen und unteren Front der Fall ist. Die Regressionsgleichung für den Interinzisalwinkel lautet

$$\perp-T = 1.59 \text{ PgNB}_{\text{mm}} + 129.3$$

$$R = 0.27; \text{S.E.} = 9.5$$

Die Gleichung verdeutlicht, daß pro Millimeter zusätzlicher Kinnprominenz der Interinzisalwinkel etwas mehr als 1.5° größer wird. Der Einfluß des ANB-Winkels ist nicht so bedeutend, daß er in der Formel erscheint. Auch wenn bei der Behandlung eines Deckbisses ein kleinerer Interinzisalwinkel sinnvoll sein kann, zeigt diese Gleichung, daß dies ohne zusätzliche, langfristige Retentionsmaßnahmen möglicherweise nicht stabil bleiben wird.

Für die klinische Behandlung ist der Interinzisalwinkel nicht von direkter Bedeutung, da jeweils die Achsenneigungen der oberen und unteren Front einzeln richtig eingestellt werden. Stehen beide Fronten korrekt, ist aufgrund des oben dargestellten Zusammenhangs auch der Interinzisalwinkel korrekt.

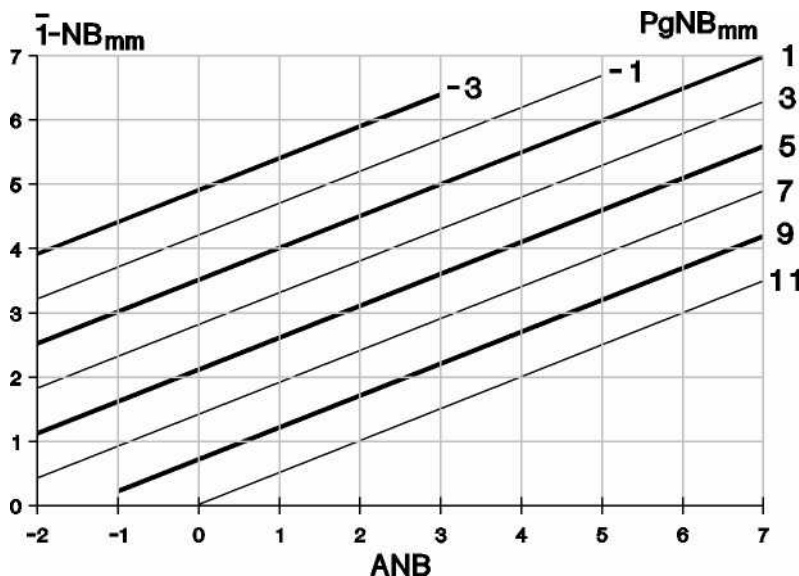


Abb. 106 Nomogramm zur Bestimmung des individuell optimalen Wertes $T-NB_{\text{mm}}$ aus den Werten ANB und $PgNB_{\text{mm}}$. Vom ANB auf der Abszisse geht man zur entsprechenden $PgNB$ -Linie und findet auf der Ordinate den gesuchten Wert.

7. Weichteil-Normen

Der Weichteilwinkel nach HOLDAWAY und der Nasolabialwinkel sind die einzigen Weichgewebmessungen, die in der Analyse verwendet werden.

Von HOLDAWAY werden auch hier fließende Normen angegeben, indem er den ANB-Winkel in Betracht zieht. Nach dieser Normbeurteilung soll bei einem ANB-Winkel zwischen 1° und 3° der H-Winkel zwischen 7° und 9° betragen. Der H-Winkel soll dabei um 1° zunehmen, wenn auch der ANB-Winkel um 1° größer wird.

Eigene kephalometrische Untersuchungen bestätigen, daß der H-Winkel eine starke Korrelation zum ANB-Winkel und zur Prominenz des Kinns ($PgNB_{mm}$) aufweist. Mittels folgender Gleichung läßt sich der zu erwartende H-Winkel berechnen:

$$\begin{aligned} \text{H-Winkel} &= 1.0 \text{ ANB} - 1.3 \text{ PgNB}_{mm} + 10.5 \\ R &= 0.75; \text{ S.E.} = 3.2^\circ \end{aligned}$$

Es zeigt sich, daß die von HOLDAWAY angegebene Relation von 1° H-Winkel Änderung zu 1° ANB-Winkel Änderung bestätigt werden kann, allerdings kommt noch ein stärkerer Einfluß durch die Größe $PgNB$ hinzu. Je größer $PgNB$ ist, desto kleiner ist der H-Winkel zu erwarten; und zwar 1.3° pro Millimeter $PgNB_{mm}$. Das entsprechende Nomogramm ist in Abb. 107 dargestellt.

Die beschriebene Norm für den H-Winkel muß mit einer gewissen Vorsicht angewendet werden. Während es bei den fließenden Normen für die Einstellung der Frontzähne in erster Linie um die Stabilität des Behandlungsergebnisses geht, ist der H-Winkel vor allem im Zusammenhang mit der Ästhetik zu sehen. Es verwundert nicht, daß in einem Gesicht mit sagittal mesialer basaler Konfiguration auch ein

relativ kleiner H-Winkel auftritt. Ob dies deswegen auch das ästhetische Optimum darstellt, sei dahingestellt.

Der berechnete Wert stellt denjenigen H-Winkel dar, der unter der Annahme durchschnittlicher Weichteildicken und -reaktionen bei der vorliegenden Morphologie des Gesichtsschädels zu erwarten wäre. Liegt der tatsächliche Wert zwischen diesem berechneten Wert und den ästhetisch erstrebenswerten 7° bis 9° , so liegt eine günstige Situation vor. Die Weichteile kompensieren dann eine ästhetisch nicht optimale sagittale basale Relation. Wenn andererseits der gemessene H-Winkel vom ästhetischen Idealwert abweicht und auch noch jenseits des für den vorliegenden Gesichtstyp zu erwartenden Wert liegt, handelt es sich um eine ungünstige Profilsituation.

Immer ist es als günstig anzusehen, wenn Behandlungsmaßnahmen den H-Winkel in Richtung auf den ästhetischen Idealwert hin verändern. Leider läßt sich das öfters nicht mit den sonstigen Behandlungszielen in Einklang bringen, so daß ein Kompromiß eingegangen werden muß. Wenn nun eine mögliche Behandlung dazu führen würden, daß sich der H-Winkel nicht nur vom ästhetischen Bereich ($7^\circ - 9^\circ$) entfernt, sondern sogar jenseits des für diesen Gesichtstyp zu erwartenden Wertes (wie oben berechnet) fällt, sollte diese Behandlungsalternative nicht gewählt werden.

Meist wirkt es ästhetisch günstiger, wenn durch unterschiedliche Weichteildicken eine Weichteilkompensation der skelettalen Diskrepanz erfolgt, und der H-Winkel damit näher bei dem Wert für das orthognathe Gesicht liegt.

Die Variable Nasolabialwinkel ist in sehr viel geringerem Maße von der skelettalen basalen Situation abhängig. Hier kommen eher Variationen in der Form der Nase

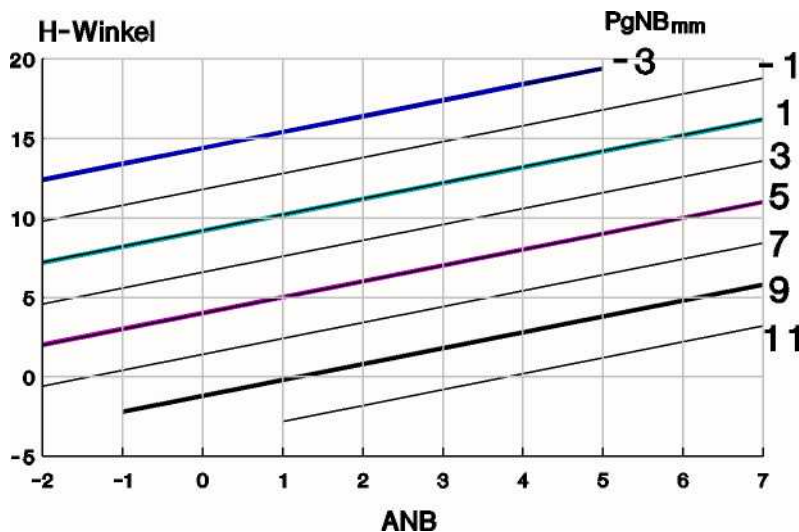


Abb. 107 Nomogramm zur Bestimmung des individuell zu erwartenden H-Winkels. Mit dem prognostizierten ANB-Winkel auf der Abszisse geht man zur entsprechenden PgNB_{mm}-Linie, um auf der Ordinate den zu erwartenden Wert zu finden.

sowie die Morphologie der Weichteile zur Geltung. Aus diesen Gründen braucht auch kein individueller Erwartungswert berechnet werden. Noch mehr als bei dem H-Winkel ist hier nur die ästhetischen günstigen Werte von $110^\circ \pm 10^\circ$ als Norm anzusetzen. Wenn sowohl der Nasolabial-

winkel als auch der H-Winkel beide zu groß oder zu klein sind, ergibt sich ein ungünstiger Summationseffekt. Wenn sie dagegen in unterschiedliche Richtungen vom ästhetischen Idealwert abweichen, ergibt sich bis zu einem gewissen Grade einen Kompensationseffekt.

E. Wachstum

Jede kieferorthopädische Behandlung von Kindern und Jugendlichen wird durch das Wachstum wesentlich beeinflusst. Dabei kann das Wachstum die Therapie sowohl unterstützen als auch behindern oder sogar unmöglich machen. Es wäre daher von überragender Bedeutung, das zu erwartende Wachstum in Intensität, Zeitpunkt und Richtung zuverlässig voraussagen zu können. Leider lassen sich diese drei Faktoren nicht alle mit guter Genauigkeit prognostizieren. Während sich Zeitpunkt und Intensität zufriedenstellend exakt abschätzen lassen, stellt sich die Prognose der Wachstumsrichtung als sehr problematisch dar und muß mit gehöriger Vorsicht angewandt werden. Das Potential, d.h. das gesamte noch zu erwartende Wachstum, läßt sich aus der Summation der bis zum Ende des Wachstums noch zu erwartenden Intensitäten ableiten. Diese Größe ist interessant, wenn entschieden werden soll, ob eine Behandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten noch sinnvoll wäre.

1. Zeitpunkt

Der Zeitpunkt der Behandlung innerhalb der Wachstumsphase des Patienten kann

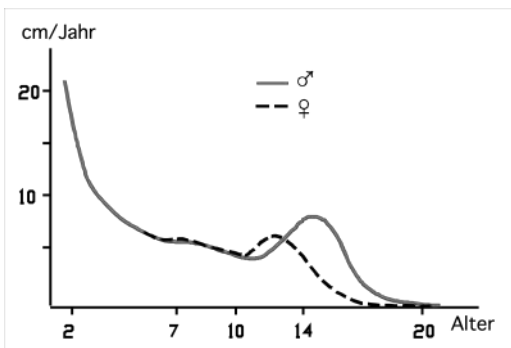


Abb. 110 Kurven der Wachstumsintensität in Abhängigkeit vom Alter für Mädchen und Jungen

aus dreierlei Gründen Einfluß auf die Behandlung haben. Erstens ist die Wachstumsintensität und damit die Geschwindigkeit etwaiger Veränderungen abhängig vom Wachstumsstadium. Zweitens ist die Menge des zu erwartenden Restwachstums abhängig von der restlichen Dauer des Wachstums. Drittens kann das Ende des Wachstums eine Beendigung der Retentionsphase ermöglichen oder aber den Beginn einer Behandlung, so z.B. die chirurgisch unterstützte Behandlung einer mandibulären Prognathie.

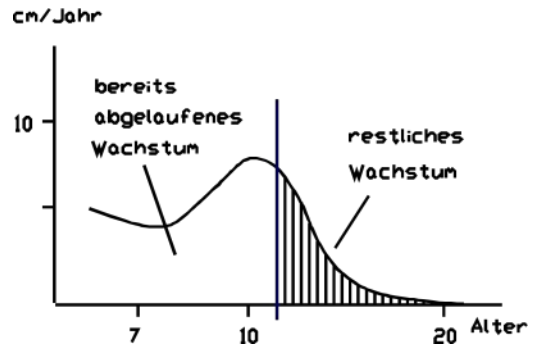


Abb. 111 Abschätzen der Menge des Restwachstums aus der Kurve der Wachstumsintensität. Die Fläche rechts der Alterslinie (skelettal) unter der Kurve entspricht dem noch zu erwartenden Restwachstum.

Bis zum Ende des Wachstums findet zu jedem Zeitpunkt ein kieferorthopädisch nutzbares Wachstum statt, wobei allerdings die Intensität zeitlich unterschiedlich ist (Abb. 110). Nach einem kleinkindlichen Höhepunkt der Wachstumsintensität nimmt die Geschwindigkeit ab, bis vor der Pubertät ein Minimum erreicht wird. Nach diesem prä-pubertären Minimum steigt die Wachstumsgeschwindigkeit wieder an, um während der Pubertät ein zweites Maximum zu erreichen. Nach diesem pubertären Wachstumsschub nimmt die Intensität des Wachstums endgültig ab, um dann bei Abschluß des Wachstums auf Null zu sinken.

Die Menge des zu erwartenden Restwachstums ergibt sich aus der Fläche unter der Kurve der Wachstumsintensität zwischen einer Linie, die das aktuelle Stadium des Patienten bis zum Ende des Wachstums wiedergibt (Abb. 111).

Sowohl die absolute Intensität des Wachstums als auch die relative Intensität der einzelnen Phasen zueinander sind individuell recht unterschiedlich. Auch der Zeitpunkt der einzelnen Phasen unterliegt individuellen Schwankungen und ist vom chronologischen Alter und vom Zahnalter unabhängig. Der puberale Wachstumsschub ist bei Mädchen weniger ausgeprägt und erfolgt zeitlich um 1 bis 2 Jahre früher als bei Jungen. Die Intensität des Wachstums im präpuberalen Minimum beträgt etwa 40 bis 60% des Maximums im puberalen Wachstumsschub. Damit ist auch in dieser

Phase eine das Wachstum ausnutzende Behandlung möglich, wenn auch nicht die maximal mögliche Effizienz erreicht wird. Oft wird aber dieser Nachteil durch andere Vorteile wie z.B. bessere Kooperation mehr als aufgewogen.

Da sich das Stadium des Wachstums nicht an dem chronologischen Alter des Patienten orientiert, ist eine direkte Bestimmung des Wachstumsstadiums nicht einfach möglich. Einen Anhalt bietet der Grad der Ausprägung der sekundären Geschlechtsmerkmale (Hägg und Taranger, 1980). Wenn diese bereits vorhanden sind, befindet sich der Patient schon im puberalen Wachstumsschub. Bei Mädchen ist der Eintritt der Monatsblutung ein Zeichen, daß das Wachstumsmaximum bereits überschritten ist (im Durchschnitt um 17 Monate) und nur noch mit begrenztem Restwachstum zu

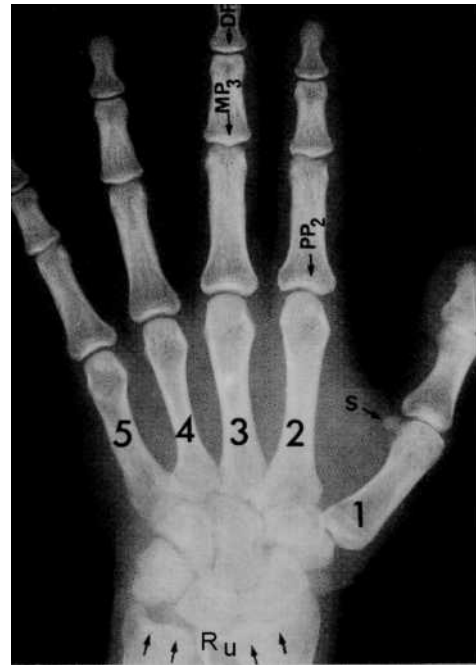


Abb. 112 Handwurzel-Röntgenaufnahmen eines Individuums vor dem puberalen Wachstumsschub und nach Abschluß des Wachstums. Die zwischenzeitliche Veränderung gibt Hinweise für die Beurteilung des skelettalen Alters

rechnen ist. Da das Längenwachstum mit dem Wachstum der Kieferknochen recht eng korreliert, ist auch das regelmäßige Verfolgen des Längenwachstums geeignet, Aussagen über das Wachstumsstadium zu machen. Allerdings erfordert dies, daß der Patient bereits über einen gewissen Zeitraum derartige Aufzeichnungen gemacht hat.

Sollten für eine Behandlung die oben genannten Abschätzmöglichkeiten nicht ausreichen und eine genaue Bestimmung des Wachstumsstadiums notwendig sein, kann diese durch die Auswertung einer Handwurzel Aufnahme erfolgen.

Björk und Mitarbeiter sowie Hägg und Taranger haben Untersuchungen über die skeletale Entwicklung der Hand in Relation zum maximalen Längenwachstum durchgeführt und dabei acht skeletale Reifungsstadien beschrieben. Dabei werden die Verknöcherungsgrade der Epiphysen und Diaphysen des zweiten und dritten Fingers (Zeige- bzw. Mittelfinger) sowie der Radix und der Ulna beurteilt.

Die einzelnen Glieder der mit dem Daumen beginnend durchnummerierten Finger werden als distale, mediale und proximale Phalange bezeichnet (Abb. 112). Die Bezeichnung der einzelnen Stadien erfolgt durch Angabe der entsprechenden Phalange und Beschreibung des entsprechenden Befundes.

a) Vorstadium

Keines der bei den folgenden Stadien beschriebenen Merkmale ist sichtbar. Der Patient befindet sich vor oder in dem präpuberalen Wachstumsminimum.

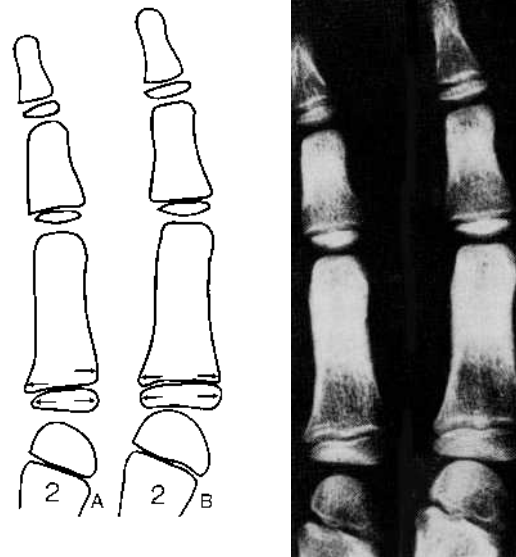


Abb. 113 Entwicklungsstadium $PP_2=$
 A. Kurz vor Erreichen des Stadiums
 B. Nach Eintritt von $PP_2=$

b) Stadium $PP_2=$

Die maßgebliche Stelle ist hierbei die proximale Phalange des Zeigefingers. Das Stadium ist erreicht, wenn die Epiphyse genauso breit wie die Diaphyse geworden ist (Abb. 113). Dieses Stadium tritt immer deutlich vor der maximalen Wachstumsintensität auf. Während dieses Entwicklungsstadiums ist die Wachstumsintensität relativ gering.

c) Stadium $MP_3=$

Hierbei wird das mittlere Glied des Mittelfingers beurteilt. Wenn hier die Epiphyse die gleiche Breite wie die Diaphyse erreicht hat (Abb. 114), ist dieses Stadium erreicht. Der Zeitpunkt des maximalen Wachstums steht unmittelbar bevor oder ist gerade eingetroffen.

d) Stadium S

Diese Entwicklungsstufe betrifft das Vorhandensein des ulnaren Sesamoids am metacarpophalangen Gelenk des Daumens (Abb. 115). Das Stadium ist erreicht, wenn sich erste Ossifikationsanzeichen zeigen. Das Wachstumsstadium und die Wachstumsintensität entsprechen dem Stadium $MP_3=$; jedoch ist die Streuung bei S geringer und die Beurteilung leichter, so daß Björk die Verwendung von S empfiehlt. Man beachte jedoch, daß in 20% von Björks Material das Sesamoid bereits 2 Jahre oder länger vor dem maximalen Wachstum sichtbar war. Außerdem wird es in 0.5% überhaupt nicht ausgebildet. So kann ein Fehlen nicht als völlig sicheres Zeichen dafür gewertet werden, daß das Stadium noch nicht erreicht ist.

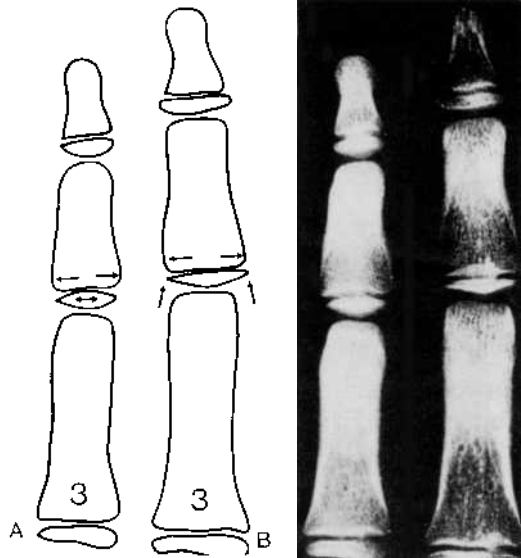
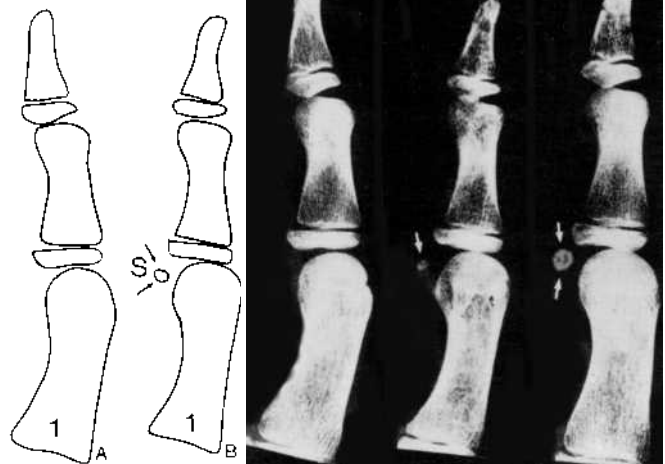


Abb. 114 Entwicklungsstadium $MP_3=$
 A. Kurz vor Erreichen des Stadiums
 B. Nach Eintritt von $MP_3=$

Abb. 115 Entwicklungsstadium S
 A. Vor dem Sichtbarwerden des Sesamoids
 B. Erste Anzeichen der Verkalkung
 C. Vollständig entwickeltes Sesamoid



e) Stadium MP_3cap

Auch für dieses Stadium wird das mittlere Glied des Mittelfingers beurteilt. Die Epiphyse der medialen Phalange ist hierbei breiter als die Diaphyse und zeigt eine Tendenz zur Umkapselung der Diaphyse (Abb. 116). Sie bekommt dabei eine Kappenform (engl. „capping“). Björk fand, daß dieses Stadium zusammen mit oder bis zu einem Jahr nach dem Zeitpunkt des maximalen Längenwachstums auftritt. Der Zeitraum zwischen den Stadien Sesamoid und MP_3cap zeigt in der Regel die Periode maximaler Wachstumsgeschwindigkeit auf.

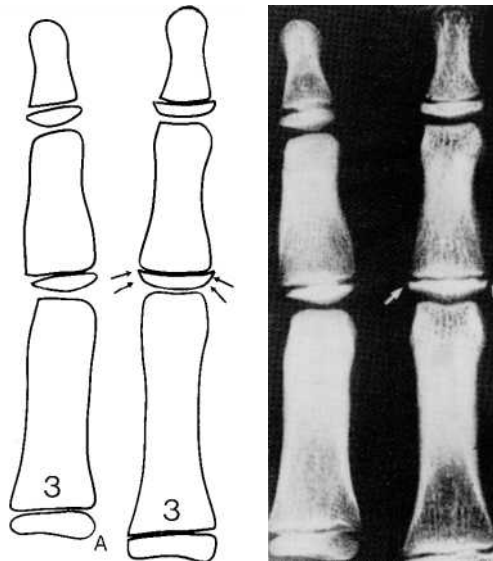


Abb. 116 Entwicklungsstadium MP_3cap
 A. Vor Erreichen des Stadiums MP_3cap
 B. Nach Eintritt des Kappenstadiums

f) Stadium DP_3u

Dieses Stadium ist erreicht, wenn die distale Phalange des Mittelfingers eine vollständige Verknöcherung (engl. „unification“) der Epiphysenlinie zeigt (Abb. 117). Bei diesem und den nächsten zwei Stadien ist der Zeitpunkt maximalen Wachstums deutlich überschritten. Die Wachstumsintensität ist wieder gering bis sehr gering, und das noch zu erwartende Restwachstum ist minimal.

g) Stadium PP_3u

Wenn die proximale Phalange des Mittelfingers vollständig verknöchert ist (Abb. 118), ist dieses Stadium erreicht.

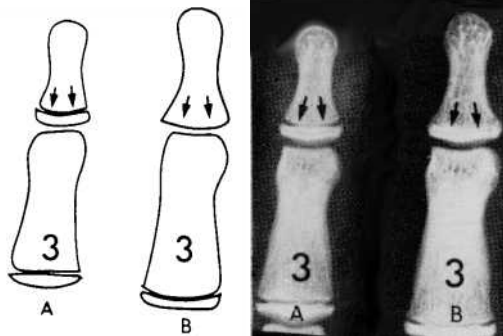


Abb. 117 Entwicklungsstadium DP_3u
 A. Vor Eintreten des DP_3u -Stadiums
 B. Verwischte Epiphysenlinie

h) Stadium MP_3u

Die vorletzte Stufe ist erreicht, wenn die Epiphysenlinie der medialen Phalange des Mittelfingers vollständig verknöchert ist (Abb. 119).

i) Stadium Ru

Dieses letzte Stadium ist erreicht, wenn eine vollständige Verknöcherung der distalen Epiphysenlinien von Radius und Ulna eingetreten ist (Abb. 120). Ist dieses Stadium erreicht, kann das Wachstum als abgeschlossen angesehen werden. Lediglich geringfügiges Restwachstum kann in manchen Fällen beobachtet werden, besonders im Unterkiefer, der in seinem Wachstum etwas hinter dem Längswachstum und dem Wachstum des restlichen Gesichtsschädels hinterhinkt.

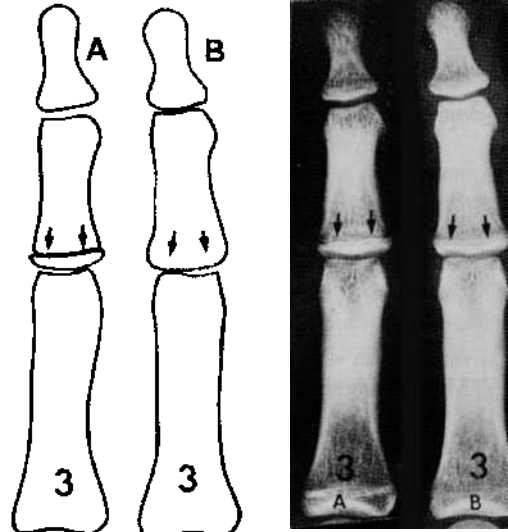


Abb. 119 Entwicklungsstadium MP_3u
A. Vor Eintreten des MP_3u -Stadiums
B. Vollständige Verknöcherung

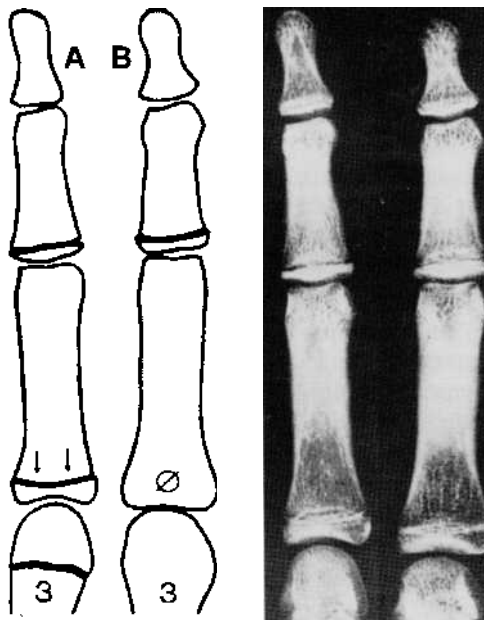


Abb. 118 Entwicklungsstadium PP_3u
A. Vor Erreichen des PP_3u -Stadiums
B. Vollständige Verknöcherung



Abb. 120 Stadium Ru
A. Vor Erreichen des Ru-Stadiums
B. Vollständige Verknöcherung

2. Richtung

Für die klinische Behandlungsplanung ist die Richtung des Wachstums vor allem von Maxilla und Mandibula von Interesse. In der Schädelbasis findet zum üblichen Zeitpunkt einer kieferorthopädischen Behandlung kein klinisch relevantes Wachstum mehr statt. Auswirkungen auf die Kephalmetrie hat lediglich die Apposition, die im Bereich des Nasions stattfindet. Sie bewirkt immer eine Ventralverlagerung des Nasions, häufig auch verbunden mit geringen Verschiebungen in der Vertikalebene.

Das Wachstum der beiden Kiefer kann als Kombination einer Rotation und einer Translation angesehen werden (Abb. 121). Bei einer Translation werden alle Teile des Kiefers in derselben Richtung um die gleiche Strecke verlagert. Die Rotation bewirkt dagegen für jeden Teil eines Kiefers eine unterschiedliche Bewegungsrichtung und ein unterschiedliches Bewegungsausmaß. In der Nähe des Drehpunktes ist das Ausmaß der Bewegung quasi gleich Null; je weiter ein Punkt jedoch vom Drehpunkt entfernt ist, desto größer ist seine Bewegung. Auch wenn sich mathematisch jede Kombination von Translation und Rotation als alleinige Rotation bei entsprechender Verschiebung des Rotationszentrums ausdrücken läßt, ist es für das Verständnis der Wachstumsvorgänge vorteilhafter, das Rotationszentrum in der Nähe des Knochens zu belassen und eine getrennte Translation auszuweisen. Fast ausnahmslos findet sich eine Kombination aus Translation und Rotation. Die Translation hat vor allem Auswirkungen auf die sagittalen Veränderungen, während die Rotation in erster Linie (aber nicht nur!) die vertikale Relation (Interbasiswinkel ML-NL) beeinflußt.



Abb. 121 Translation (oben) und Rotation (unten) am Beispiel des Unterkiefers. Beachte die Länge und Richtung der einzelnen Verschiebungsvektoren

Es wäre wünschenswert, wenn sowohl für die Maxilla als auch für die Mandibula eine Vorhersage der Wachstumsrichtung in Bezug auf Translation und Rotation möglich wäre. Leider hat sich gezeigt, daß eine Prognose der Wachstumsrichtung der Maxilla praktisch nicht möglich ist, da es erstens keine röntgenologisch stabilen Strukturen gibt, und zweitens keine einheitlichen oder vorhersagbaren Muster bestehen. Es läßt sich lediglich sagen, daß die Maxilla normalerweise nach ventral und kaudal wächst, wobei die Variation von fast nur ventral bis zu rein kaudal reicht. Trotz der Unmöglichkeit einer Wachstumsprognose

für die Maxilla bringt dies klinisch keine großen Probleme mit sich, da die Maxilla sich sehr viel besser als die Mandibula durch kieferorthopädische Maßnahmen beeinflussen und in die gewünschte Richtung lenken läßt. Wenn im folgenden von Wachstumsrichtung gesprochen wird, ist immer die der Mandibula gemeint.

Wie weiter oben schon erwähnt, ist eine Prognose der Wachstumsrichtung sehr problematisch. Alle Prognosemethoden basieren auf der Extrapolation morphologischer Merkmale, die sich bis zum Untersuchungszeitpunkt manifestiert haben. Dabei wird angenommen, daß das Wachstum gleichmäßig abläuft und sich insbesondere die Richtung des Wachstums nicht ändert. Es gibt zahlreiche Untersuchungen, die dieser Annahme widersprechen.

Baumrind et al. (1986) untersuchten, wie genau Kliniker mit langjähriger Erfahrung anhand von vor der Behandlung erstellten Fernröntgenseitenbildern die wachstumsbedingte Rotation der Mandibula vorhersagen oder nur abschätzen konnten. Das Ergebnis war erschütternd. Keiner der Experten war in der Lage, Prognosen zu erstellen, die signifikant besser als der Zufall waren.

Es gibt zahlreiche morphologische Merkmale und kephalometrische Variablen (z.B. Björk 1969, Ødegaard 1970), die eine Korrelation mit der Wachstumsrichtung, bezogen auf die Translation und Rotation, haben. Deren Aussagekraft für eine Abschätzung des zu erwartenden Wachstums ist aber trotzdem so gering, daß sich in den meisten Fällen kein deutlicher Vorteil gegenüber der Annahme ergibt, das Wachstum würde durchschnittlich ablaufen. Ari-Viro und Wisth (1983) fanden zwar eine akzeptable Reproduzierbarkeit der Beurteilung struktureller Merkmale, jedoch keine signifikante Korrelation mit der tatsächlich eingetretenen Wachstumsrichtung.

Die von Skieller et al. (1984) vorgeschlagene, auf multiplen Regressionen basierende Prognosemethode zeigt zwar in dem von Skieller et al. verwendeten Untersuchungsgut recht brauchbare Korrelationskoeffizienten. Dieses Material besteht jedoch zu einem großen Teil aus nachträglich ausgewählten, extremen Wachstumsmustern. Auf ein durchschnittliches Kollektiv angewendet ergeben sich wiederum keine Aussagen, die besser als Mittelwerte wären (Lee et al. 1987 sowie eigene Untersuchungen).

Nach Johnston (1968) nimmt der erklärte (richtig prognostizierte) Anteil an der Variationsbreite der Wachstumsrichtung auch bei Ausnutzung des besten Prognosemodells nur von 64% auf 78% zu.

Auch die Anwendung von Großrechnern (Rocky Mountain Data System) ergibt nach einer Untersuchung von Witt und Köran (1982) keinerlei höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit als andere, übliche Methoden.

Eine Beurteilung der Morphologie im Sinne einer Wachstumsprognose ist trotzdem notwendig, um extreme Wachstumsmuster isolieren zu können. Solche weit abseits der durchschnittlichen Wachstumsrichtung liegende Einzelfälle lassen sich mit einer gewissen Sicherheit vorhersagen (Skieller et al. 1984, Ari-Viro 1983), und zwar unabhängig von der verwendeten Vorhersagemethode. Gerade dies sind aber diejenigen Fälle, die in der Behandlungsplanung besondere Berücksichtigung finden müssen. Für die eher durchschnittlichen Fälle kann ohne Nachteile von Durchschnittswerten ausgegangen werden.

3. Strukturelle Methode

Um extreme Wachstumsmuster frühzeitig zu erkennen und die Behandlung darauf

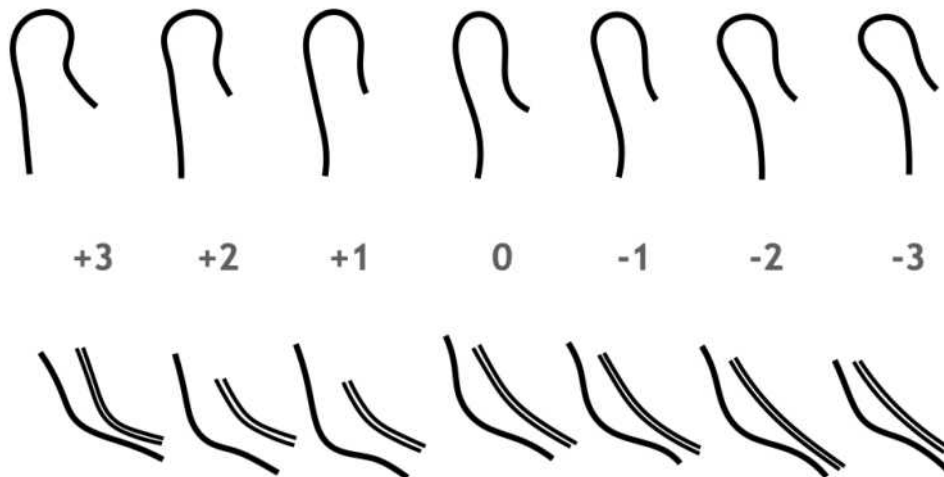


Abb. 122 Übliche Variationsbreite der strukturellen Merkmale Form der Condylen und Canalis mandibularis

abstimmen zu können, ist die strukturelle Methode, die ursprünglich von Björk entwickelt wurde, oft hilfreich. Es wird hierbei der Ausprägungsgrad bestimmter morphologischer Merkmale des Unterkiefers beurteilt. Jedes dieser Merkmale wird mit einem Punktwert zwischen +3 und -3 beurteilt, wobei ein positiver Wert immer ein nach anterior gerichtetes Wachstum erwarten läßt. Die verwendeten Strukturmerkmale sind:

1. Form der Kondylen
2. Canalis mandibularis
3. Unterrand der Mandibula
4. Anteriore Ausprägung des Kinns
5. Index der anterioren Gesichtshöhe
6. Kieferwinkel

Die ersten drei Merkmale werden beurteilt, indem sie mit den in Abbildungen 122 und 123 dargestellten Beispielen verglichen werden. Bei den letzten drei Merkmalen kön-

nen die entsprechenden kephalometrischen Zahlenwerte verwendet werden, um anhand von Tabelle 5 den zugehörigen Punktwert zu bestimmen.

Um eine Aussage über das zu erwartende Wachstumsmuster des Unterkiefers zu erhalten, werden nun zum einen alle Punktwerte zusammengerechnet, zum anderen nur diejenigen des ersten und letzten Merkmals. Der erste Wert erlaubt eine Aussage über die Tendenz der zu erwartenden Rotation des Unterkiefers, der zweite über die zu erwartende Tendenz der Translation.

Der durchschnittliche Wert für die Summe aus allen sechs Merkmalen beträgt etwa +3. Wenn dieser Wert kleiner ist als -6, muß mit einer deutlich posterioren Rotation der Mandibula, also einer wachstumsbedingten Öffnung der basalen Kieferrelation gerechnet werden. Liegt die Summe oberhalb von +12 muß mit einer deutlich anterioren Rotation und einer entsprechenden Ver-

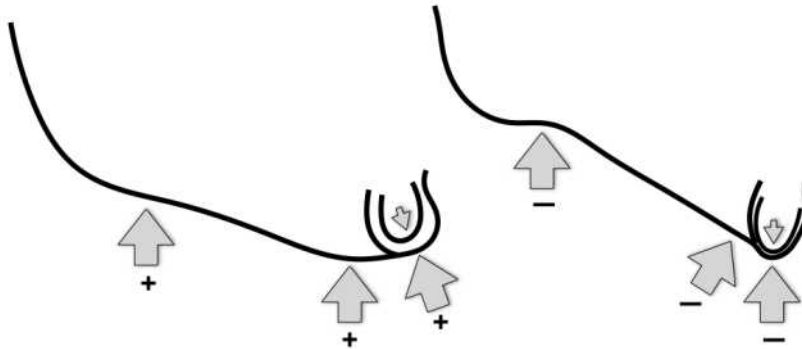


Abb. 123 Beurteilung der strukturellen Merkmale am Unterrand der Mandibula. Dargestellt sind die extreme Ausbildung eines anterior (links) und eines posterioren Wachstumsmusters (rechts). Die Pfeile deuten die zu analysierenden Bereiche an.

tiefung der basalen Kieferrelation gerechnet werden. Entsprechend kann bei einem Wert von kleiner als -3 für die Summe aus den Merkmalen 1. und 6. nicht damit gerechnet werden, daß der Unterkiefer nach anterior wächst und damit durch das Wachstum prognather werden wird. Andererseits ist bei einem Wert von +6 für diese Summe mit einem deutlich überdurchschnittlich prognather werdenden Unterkiefer zu rechnen.

Alle anderen, nicht in diesem Extrembereich liegenden Werte lassen ein eher durchschnittliches Wachstum erwarten, dessen genaue Richtung sich aufgrund der oben erwähnten Probleme nicht beliebig genau vorhersagen läßt. Eine Vorhersage der kephalometrischen Werte am Ende der Behandlung bzw. des Wachstums sollte dann basierend auf Durchschnittswerten – wie unter 4. beschrieben – erfolgen.

Tab. 5 Schema zur Beurteilung der Variablen $PgNB_{mm}$, Index und Kieferwinkel für die Prognose der Wachstumsrichtung nach der strukturellen Methode.

Rotations- tendenz	Kinn- prominenz ($PgNB_{mm}$)	Index %	Kieferwinkel (Gn-tgo-Ar) °
+++	> 3.0	> 88	< 118
++	2.0 - 3.0	84 - 88	118 - 123
+	1.5 - 2.0	80 - 84	123 - 127
0	1.0 - 1.5	75 - 80	127 - 133
-	0.5 - 1.0	71 - 75	133 - 136
--	0.0 - 0.5	66 - 71	136 - 140
---	< 0.0	< 66	> 140

3. Überlagerung von Fernröntgenaufnahmen

Da eine genaue Vorhersage der zu erwartenden Wachstumsrichtung des Unterkiefers mit so vielen Problemen behaftet ist und damit nicht mit ausreichender Genauigkeit möglich ist, erweist sich oft eine weitere Methode zur Bestimmung der zu erwartenden Wachstumsrichtung als sehr vorteilhaft. Dabei wird bei der ersten Untersuchung des Patienten ein seitliches Fernröntgenbild erstellt. Danach wird mindestens ein Jahr abgewartet, bevor ein zweites Fernröntgenbild erstellt wird.

Diese Zeit des Abwartens kann sich oft problemlos ergeben, wenn die Eltern mit dem Kind sehr zeitig kommen, so daß bis zum Beginn der Behandlung noch etwas abgewartet werden kann, oder es kann eine einleitende Behandlung notwendig sein, die das Wachstum nicht oder nicht wesentlich beeinflusst. Solche Behandlung kann z.B. in einer Steuerung des Zahndurchbruchs oder einer eventuell notwendigen Protrusion der Oberkieferfront bestehen. Auch die Unterweisung in Mundhygienemaßnahmen in Verbindung mit der Überprüfung der Patientenkooperation kann während dieser Phase erfolgen.

Nachdem die zweite Aufnahme erstellt worden ist, können die beiden Bilder überlagert werden, und das in der Zwischenzeit erfolgte Wachstum kann in Richtung und Ausmaß beurteilt werden. Die Überlagerung kann dabei sowohl auf dem Unterkiefer als auch auf der anterioren Schädelbasis erfolgen. Die Überlagerung auf der Schädelbasis ist meist vorteilhafter, da die Unterschiede im anterioren Bereich der Kieferbasen (Spina, A-Punkt, B-Punkt, Pogonion) alle Veränderungen durch das Wachstum in Fossa artikularis, Kondyle und Maxilla zusammengefaßt beinhalten,

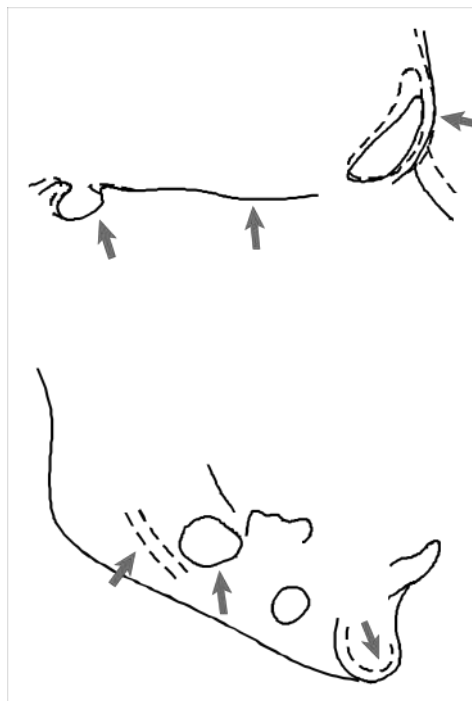


Abb. 124 Strukturen zur Überlagerung auf der Schädelbasis (oben) und auf der Mandibula (unten). Nach Houston (1985) sowie Björk und Skieller (1983)

also das für die Behandlung interessante Gesamtergebnis wiedergeben. Die Überlagerung sollte dabei auf der ventralen Begrenzung der Sella turcica und den Abbildungen der anterioren Schädelbasis erfolgen (Abb. 124; Houston 1987). Da der Punkt Nasion sich wachstumsbedingt nach ventral bewegt, ist er auf den beiden Aufnahmen meist nicht in Deckung.

Eine Überlagerung auf der Mandibula kann durchgeführt werden, indem der Innenrand der Symphyse, der Canalis mentalis und häufig der Unterrand des Weisheitszahnkeims maximal in Deckung gebracht werden (Abb. 124; Björk und Skjeller 1983). Bei dieser Art von Überlagerung ist zu bedenken, daß sich der kaudale und ventrale

Rand der Mandibula nicht unbedingt in Deckung befinden, da hier Appositions- und Resorptionsvorgänge stattfinden.

Obwohl sich Richtung und Intensität des Wachstums im Laufe der Zeit in gewissen Grenzen ändern können, ist eine grundlegende Änderung ohne externe Gründe nicht zu erwarten. Somit kann eine Abschätzung des zu erwartenden Wachstums durch Extrapolation der auf der Überlagerung deutlich gewordenen Änderung erfolgen. Auf diese Weise ist auch eine Beurteilung des maxillären Wachstums möglich. Da bisher keinerlei Zusammenhänge zwischen morphologischen Merkmalen und Wachstumsrichtung der Maxilla bekannt sind, ist dies die einzige Möglichkeit, das Wachstum der Maxilla zu beurteilen.

Auch bei dieser Methode ist jedoch ein Wort der Warnung angebracht. Die Extrapolation der in der Beobachtungszeit abgelaufenen Wachstumsvorgänge birgt gewisse Unsicherheiten, da durchaus im Laufe des Wachstums begrenzte Änderungen des Wachstumsmusters auftreten können. Trotzdem muß diese Methode wohl als die zuverlässigste angesehen werden.

4. Prognose der Veränderung von kephalometrischen Werten

Für die korrekte Einstellung der Frontzähne im Rahmen der Behandlung ist es wichtig, einen Eindruck von der Gesichtskonfiguration nach Abschluß der Behandlung bzw. des Wachstums zu haben. Deshalb muß versucht werden, die Veränderung einiger Variablen durch Wachstum und/oder Behandlung vorherzusagen. Es handelt sich dabei um den Winkel ANB sowie den Abstand PgNB in mm. Ausgehend von den Überlegungen über die Problematik der Vorhersage der Wachstumsrichtung ergibt sich für Patienten ohne extremes Wachstumsmuster folgende Vorgehensweise:

Ohne auf eine Verringerung des ANB-Winkels angelegte kieferorthopädische Behandlung ist im Mittel eine Reduktion des ANB-Winkels um 2.5° im Altersabschnitt zwischen 6 und 16 Jahren zu erwarten. Gleichzeitig SNPg um 2.5° und PgNBmm um 2.6 mm zu. Die zu erwartenden Änderungen können mit etwa 1/10tel der gesamten oben genannten Änderung pro Jahr bis zum Ende des Wachstums angenommen werden.

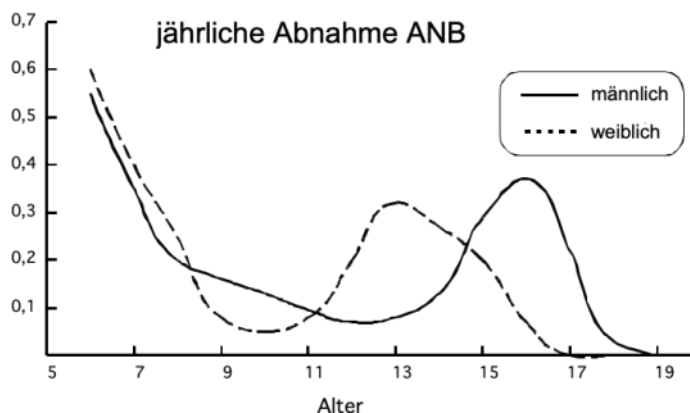


Abb. 125 Mittlere jährliche Abnahme des ANB-Winkels in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

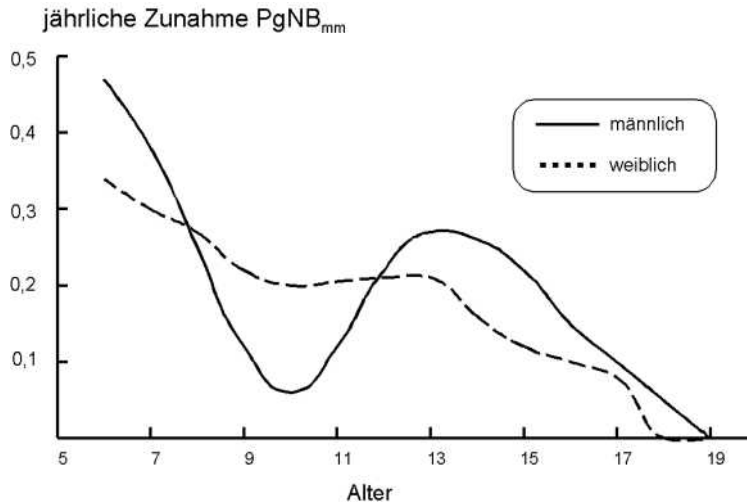


Abb. 126 Mittlere jährliche Zunahme des Abstandes PgNB_{mm} in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht.

Genauere Abschätzungen ergeben sich bei Anwendung von Tabelle 6, die auf einer seriellen Langzeituntersuchung von 141 unbehandelten Fällen beruht. Aus den Abbildungen 125 und 126 ist zu erkennen, daß sowohl die jährlichen Änderungen von ANB als auch von PgNB_{mm} vom Geschlecht und Alter abhängen. In Tabelle 6 sind die jährlichen Änderungen von rechts (Abschluß des Wachstums) ausgehend kumulativ summiert und können somit für die Abschätzung der noch zu erwartenden Veränderungen herangezogen werden.

Durch eine kieferorthopädische Behandlung mit Geräten, die eine basale Wirkung zeigen, läßt sich diese wachstumsbedingte Veränderung in gewissen Grenzen beeinflussen. So kann z.B. durch Headgear-Wirkung das Wachstum der Maxilla sowohl in sagittaler als auch in vertikaler Richtung gebremst werden, andererseits kann die Behandlung mit einem funktionskieferorthopädischen Gerät zu einer Änderung der Unterkiefer-Wachstumsrichtung

und damit zu einer Vorentwicklung der Mandibula führen. Wenn also bei einer skelettal distalen Relation eine auch basal wirkende Behandlung durchgeführt wird, kommt es neben der oben genannten wachstumsbedingten Verkleinerung des ANB-Winkels zu einer weiteren Reduktion des Winkels. Diese zusätzliche Reduktion kann um so größer sein, je distaler die ursprüngliche Situation ist. Hierbei hat auch das Ausmaß der dentalen Abweichung (sagittale Stufe) eine Auswirkung, da die Behandlung einer skelettalen Distalbißlage nicht zu einer progenen Verzahnung führen soll. Das Ausmaß der zusätzlichen Reduktion des ANB-Winkels wird in den meisten Fällen mit Distalrelation 2° betragen; bei ausgeprägten Fällen auch 3°.

Der Abstand PgNB_{mm} kann durch kieferorthopädische Behandlungsmaßnahmen nicht nennenswert verändert werden, und die prognostizierten wachstumsbedingten Veränderungen können damit direkt übernommen werden.

Tab. 6 Bis zum Abschluß des Wachstums noch zu erwartende Änderungen von ANB und PgNB_{mm} bei männlichen (links) und weiblichen (rechts) Patienten. „FKO-Behandlung“ bezieht sich auf eine Klasse II-Behandlung mit FKO-Geräten wie zum Beispiel Aktivator, Hansagerät oder Vorschubdoppelplatte.

Jungen				Mädchen			
	Δ PgNB _{mm}	Δ ANB			Δ PgNB _{mm}	Δ ANB	
		ohne FKO Behandlung	mit FKO Behandlung			ohne FKO Behandlung	mit FKO Behandlung
6	+2.7	-2.7	-4.2	6	+2.4	-2.5	-4.0
7	+2.2	-2.1	-3.5	7	+2.1	-1.9	-3.3
8	+1.8	-1.8	-3.1	8	+1.8	-1.5	-2.9
9	+1.6	-1.6	-2.8	9	+1.5	-1.3	-2.6
10	+1.5	-1.4	-2.4	10	+1.3	-1.2	-2.3
11	+1.4	-1.3	-2.0	11	+1.1	-1.1	-1.9
12	+1.3	-1.2	-1.7	12	+0.9	-1.1	-1.8
13	+1.1	-1.1	-1.6	13	+0.7	-0.9	-1.4
14	+0.8	-1.0	-1.4	14	+0.5	-0.5	-0.8
15	+0.5	-0.9	-1.1	15	+0.3	-0.3	-0.5
16	+0.3	-0.6	-0.7	16	+0.2	-0.1	-0.1
17	+0.2	-0.3	-0.3	17	+0.1	0.0	0.0
18	+0.1	0.0	0.0	18	0.0	0.0	0.0

Somit ergeben sich die Werte in Tab. 6 für die Veränderung der Werte für ANB und PgNB_{mm} vom Zeitpunkt der Untersuchung bis zum Abschluß des Wachstums. Die Angaben „mit Behandlung“ beziehen sich auf Behandlungen mit Apparaturen, die eine basale Wirkung in Richtung der Behebung einer durchschnittlichen distalen Kieferrelation haben. Wie oben bereits erwähnt, handelt es sich bei den dargestellten Werten um *Durchschnittswerte* für Patienten mit einer Angle-Klasse I bzw. Angle-Klasse II Okklusion. Wenn bestimmte Wachstumsmuster mit einer gewissen Sicherheit erkannt worden sind (zum Beispiel durch serielle Überlagerung), sollten diese Durchschnittswerte entsprechend modifiziert werden. Besteht etwa ein ausgeprägtes sagittales Wachstumsmuster

mit deutlicher horizontaler Translation der Mandibula, kann damit gerechnet werden, daß sich der ANB-Winkel stärker reduziert und der PgNB_{mm} stärker vergrößert als dies in der Tabelle angegeben ist. Umgekehrt müssen die Werte der Tabelle 6 bei deutlich vertikalem Wachstumsmuster nach unten korrigiert werden.

Für Fälle mit extremen Wachstumsmustern, insbesondere bei Vorliegen einer mesialen Relation, muß die Prognose der Veränderungen der Variablen ANB-Winkel und PgNB_{mm} individuell erfolgen. Allgemeinen Richtlinien, und damit auch den Werten in Tabelle 6, kann hier nicht gefolgt werden. Insbesondere bei mesialen Konfigurationen ist meist nicht mit einer günstigen Entwicklung des ANB-Winkels zu rechnen.

F. Klinische Relevanz der Analyse

Bevor in Abschnitt G einige Fallbeispiele diskutiert werden, sollen nunmehr die Konsequenzen der kephalometrischen Analyse für die praktisch-klinische Behandlung dargestellt werden.

1. Klassifikation des Gesichtstyps

Die Einteilung des Gesichtstyps hat Auswirkungen auf die Schwierigkeit einer kieferorthopädischen Behandlung. So zeigt die Erfahrung, daß sich orthognathe und prognathe Gesichtstypen wesentlich leichter und angenehmer behandeln lassen als retrognathe. Dies gilt sowohl für orthodontische (Zahn-)Bewegungen als auch für orthopädische Beeinflussungen des Wachstums. Der Grund für dieses Phänomen ist



Abb. 130 Fernröntgenseitenbild eines Patienten mit retrognathem Gesichtstyp. Beachte die engen räumlichen Verhältnisse.

nicht genau bekannt, es ist aber wahrscheinlich, daß der deutlich geringere zur Verfügung stehende Platz in sagittaler und vertikaler Richtung eine entscheidende Rolle spielt (Abb. 130). Auch zeigen serielle Untersuchungen, daß das Wachstumspotential des Unterkiefers bei retrognathen Gesichtstypen geringer als bei orthognathen und prognathen ist. Ein geringeres Wachstumspotential wiederum bedeutet weniger Möglichkeiten der Wachstumsbeeinflussung und damit schlechtere Behandelbarkeit basaler Fehlstellungen.

Die Beurteilung des Harmoniegrades des Gesichtstyps beeinflusst ebenfalls die Behandelbarkeit. Jede dentale Malokklusion läßt sich bedeutend einfacher behandeln, wenn die basalen Strukturen harmonisch zueinander passen. Ein zunehmender Grad von Disharmonie des Gesichts läßt auch vermehrt Probleme bei der Behandlung erwarten. Diese können z.B. in einer komplizierteren Verankerungssituation oder der Gefahr einer ungewollten Bißöffnung oder -senkung liegen. Weiterhin kann das Behandlungsergebnis bei deutlich disharmonischem Gesichtstyp weniger stabil sein. Eventuell ist dann eine lange oder sogar permanente Retention erforderlich.

Ab einem gewissen Grad von Disharmonie ist es nicht mehr sinnvoll, rein kieferorthopädisch zu behandeln, da die Instabilität des Behandlungsergebnisses, das Ausmaß der ungünstigen Nebenwirkungen oder schlicht die Undurchführbarkeit eine derartige Behandlung verbieten. In der Regel kann in diesen Fällen nur im Rahmen einer kombiniert kieferorthopädisch-chirurgische Behandlung ein vernünftiges Behandlungskonzept gefunden werden.

2. Basaler Trend der Anomalie

Die dentoalveolären Verhältnisse können eine ungünstige basale Situation in allen drei Ebenen des Raumes sowohl verstärken als auch kompensatorisch maskieren. Für die Behandlung ist es nun von großem Interesse, ob die im Mund bzw. auf den Schaumodellen sichtbare Situation repräsentativ für die vorliegende Gebißanomalie ist. Besonders Fälle mit dentaler Kompensation einer skelettalen Fehlbildung bergen Gefahren in der kieferorthopädischen Behandlung.

Eine noch so geringfügige Angle-Klasse II-Verzahnung wird sich äußerst schwer korrigieren lassen, wenn basal sagittal eine stark distale Relation besteht. Noch problematischer sind Fälle mit einer offenen basalen Konfiguration, die dental soweit kompensiert sind, daß kein offener Biß besteht (Abb. 131). Fast jede kieferorthopädische Behandlungsmaßnahme wird in derartigen Fällen zu einer spontanen und ungewollten Bißöffnung führen, die nur äußerst schwer wieder korrigierbar ist.



Abb. 131 Basal offene Konfiguration (O1), die dental kompensiert ist. Es besteht ein tiefer Biß.

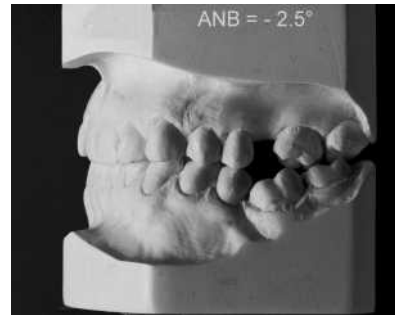


Abb. 132 Basaler Trend und dentoalveoläre Fehlstellung sind einander entgegengerichtet und kompensieren sich gegenseitig. Es besteht eine Angle-Klasse II bei mesialer Relation der Kieferbasen.

Werden solche Fälle rein kieferorthopädisch behandelt, muß unbedingt von Anfang an jede denkbare bißsenkende Maßnahme ergriffen werden. Gleichzeitig verbietet sich der Einsatz von Apparaturen, die eine bißöffnende Nebenwirkung haben, so z.B. ein Aktivator in seiner Standardform oder ein Gesichtsbogen mit Nackenzug.

Entsprechendes gilt auch für Fälle mit einer tiefen basalen Konfiguration, auch wenn hierbei im allgemeinen nicht ganz so dramatische Überraschungen auftreten. Jedoch wird auch in diesen Fällen die Auswahl des Behandlungsgerätes, die Entscheidung, ob extrahiert werden soll oder nicht, und z.B. die Zugrichtung von extraoralen Verankerungen durch den basalen Trend der Anomalie beeinflusst.

Glücklicherweise für den Behandler gibt es auch Patienten, die entgegengerichtete basale und dentale Fehlstellungen aufweisen. So kann etwa eine leicht mesiale skelettale Relation in Verbindung mit einer Angle-Klasse II auftreten (Abb. 132) oder ein frontal offener Biß bei neutraler oder tiefer basaler Kieferrelation. Diese Malokklusionen lassen sich meist schnell, problemlos und mit stabilem Ergebnis behandeln.

Die komplexe Entscheidung, ob bei einem

Patienten Zähne extrahiert werden sollen oder nicht, und wenn ja, welche, wird ebenfalls neben anderen Faktoren vom basalen Trend beeinflusst. Bei distaler basaler Relation wird eine isolierte Extraktion von zwei Prämolaren im Oberkiefer in Betracht kommen, während bei neutraler oder mesialer Relation der Kieferbasen eher die Extraktion von vier Prämolaren in Frage kommt. Eine tiefe Konfiguration spricht eher gegen die Extraktion von Zähnen, während eine offene Konfiguration an die Extraktion von Zähnen denken läßt. Selbstverständlich muß die Extraktionsentscheidung immer vor allem im Zusammenhang mit der Platzanalyse und der Profilbetrachtung gesehen werden.

Eine der wichtigsten Aussagen des basalen Trends ist die objektivierbare Abgrenzung der sinnvoll kieferorthopädisch behandelbaren Fälle von jenen, die derartig gravierende basale Anomalien zeigen, daß eine

konventionelle Behandlung nicht zum gewünschten Erfolg führt. Es ist in diesen Fällen von äußerster Wichtigkeit, diese Abgrenzung möglichst vor Beginn einer Behandlung zu treffen. Sollte eine konservative kieferorthopädische Behandlung nicht erfolgsversprechend sein und ist deshalb ein kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisches Vorgehen notwendig, ist eine vollständig andere Behandlung erforderlich. Statt die basale Fehlstellung durch dentale Verschiebungen zu kompensieren, muß bei einer derartigen Behandlung dekomponiert werden, d.h. die Zähne werden genau in die andere Richtung bewegt. Um ein unnötiges Hin- und Herbewegen der Zähne zu vermeiden (Besondere Gefahr von Wurzelresorptionen!), und mehr noch, um unnötige Extraktionen zu verhindern, muß die Entscheidung über das Behandlungskonzept frühzeitig, d.h. in der Regel vor Beginn der Behandlungsmaßnahmen erfolgen.

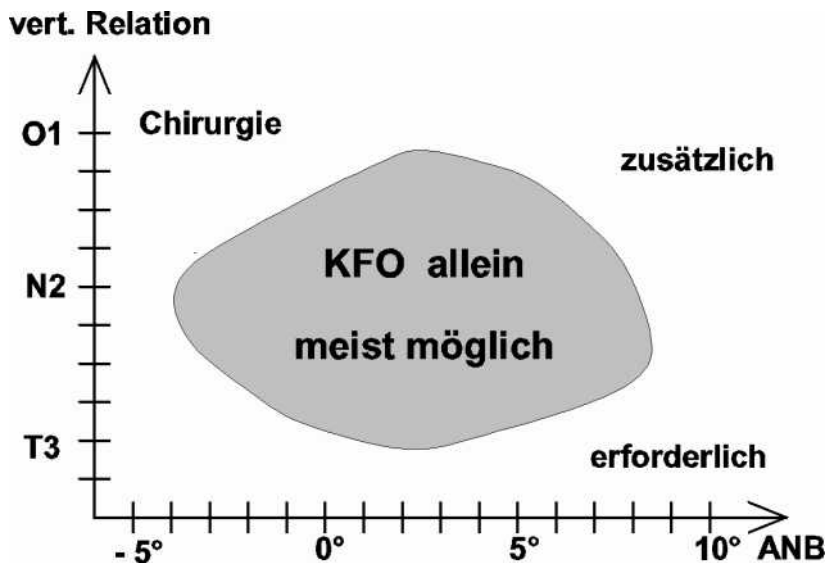


Abb. 133 Abgrenzung zwischen rein kieferorthopädisch und nur kombiniert kieferorthopädisch-chirurgisch behandelbaren Fällen anhand der sagittalen und vertikalen basalen Relation.

Außerdem ist es oft für den Patienten vorteilhafter, wenn durch Analyse der basalen Relation der voraussichtliche Mißerfolg rein kieferorthopädischer Maßnahmen deutlich geworden ist, jegliche kieferorthopädische Behandlung zu unterbrechen, bis der Zeitpunkt für ein operatives Vorgehen unmittelbar bevorsteht.

Wo liegt nun die Grenze der rein kieferorthopädischen Behandelbarkeit? Die Abweichungen in den verschiedenen Ebenen müssen bei dieser Entscheidung gemeinsam beurteilt werden; es können also nicht isolierte Grenzen für den ANB-Winkel und die vertikalen Maßzahlen gegeben werden. Vielmehr entsteht ein zweidimensionales Entscheidungsfeld (Abb. 133) mit der sagittalen und vertikalen Kieferrelation jeweils auf den Achsen des Feldes. Die Lokalisation des Schnittpunktes kann als Hinweis auf die Behandelbarkeit gewertet werden. Das abgebildete Schema kann natürlich nur als Anhalt für diese äußerst schwierige und schwerwiegende Entscheidung dienen. Eine Vielzahl von weiteren Faktoren wie z.B. transversale basale Relation, Weichteilprofil und zu einem gewissen Grad auch die dentale Situation -um nur einige zu nennen- müssen beachtet werden.

Aus dem Schema in Abbildung 133 wird jedoch deutlich, daß bei neutraler vertikaler Relation eine deutlich größere Bandbreite an sagittalen basalen Fehlstellungen konservativ therapierbar ist als bei zunehmend tiefen oder offenen vertikalen Konfigurationen. Die Kombination einer sagittalen mit einer vertikalen Diskrepanz führt dagegen recht schnell an die Grenzen des rein kieferorthopädisch Machbaren.

Es ist wichtig festzustellen, daß sowohl eine isoliert sagittal basale Diskrepanz als auch eine isolierte Anomalie der vertikalen basalen Verhältnisse ein orthognathisch-chirurgisches Vorgehen unumgänglich machen können, wenn sie ausgeprägt genug



Abb. 134 Zwei Fälle mit schwerwiegender vertikaler Disharmonie der Kieferbasen bei sagittal nahezu neutralen Verhältnissen

sind. In Abbildung 134 sind zwei Fälle dargestellt, die keine nennenswerte sagittale Fehlstellung aufweisen. Beide Fälle zeigen aber derart gravierende Abweichungen in der vertikalen basalen Relation, daß sie trotzdem nur in Zusammenarbeit mit dem Kieferchirurgen behandelt werden sollten. Auch wenn das Schema in Abbildung 133 nur als Anhalt dienen darf, kann die Bedeutung der kephalometrischen Analyse beim Erkennen der Grenzen der rein konservativen Behandelbarkeit nicht überbewertet werden.

Die Diagnostik im Zusammenhang mit dem basalen Trend der Anomalie macht auch

eine Aussage darüber, welcher Kiefer vorwiegend die entsprechende Abweichung verursacht. Dies kann -wie im Kapitel über den Begriff „Norm“ beschrieben- in der Harmoniebox abgelesen werden. Viele Behandlungsmaßnahmen lassen nun eine gewisse Selektivität der Wirkungsweise zu, so daß es sich im Sinne besserer Gesamtharmonie rentiert, den verantwortlichen Kiefer herauszufinden und individuell darauf abgestimmte Behandlungsmaßnahmen zu ergreifen.

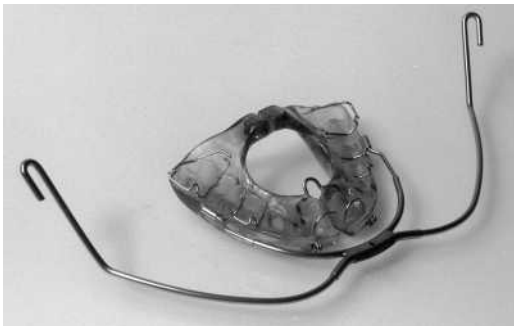


Abb. 135 Hansagerät mit Headgear, bei dem das Unterkieferteil entfernt wurde, um vor allem eine maxilläre Wirkung zu erzielen.

Eine sagittal distale Relation der Kieferbasen läßt sich beim wachsenden Patienten unter anderem mit Headgear auf den Oberkiefer oder durch ein funktionskieferorthopädisches Gerät behandeln. Beide Maßnahmen wirken sowohl auf die Maxilla als auch auf die Mandibula. Allerdings ist der jeweilige Anteil unterschiedlich: extraoraler Zug auf die Maxilla läßt eine deutlich stärkere Wirkung auf den Oberkiefer erwarten als ein langsam wirkendes funktionskieferorthopädisches Gerät. Bei einer übermäßigen Prognathie der Maxilla würde sich also die Anwendung von Headgear anbieten, während bei einer Rücklage des Unterkiefers eine Wirkung vor allem auf die Mandibula wünschenswert wäre. Der Einsatz eines funk-



Abb. 136 Offene skelettale Konfiguration mit dem Fehler im Oberkiefer (Index 67%, NL-NSL 3°, ML-NSL 40°, ML-NL 37°, SNA 77°)

tionskieferorthopädischen Gerätes mit langsamer Wirkung könnte hierbei günstig sein.

Auch wenn eine isolierte, basale mandibuläre Wirkung mit kieferorthopädischen Geräten im allgemeinen nicht zu erzielen ist, so kann doch der Anteil zwischen Oberkieferwirkung und Unterkieferwirkung bis zu einem gewissen Grade variiert werden. Die modernen funktionskieferorthopädischen Geräte sind zumeist so variabel, daß ihre Wirkungsweise den jeweiligen Gegebenheiten angepaßt werden kann. So kann meist je nach Bedarf extraoraler Zug angewendet werden, der Unterkieferteil der Geräte weggelassen werden oder der Grad der sagittalen Aktivierung variiert werden (Abb. 135).

Auch Abweichungen in der Vertikalebene können durch eine ungünstige Inklination entweder des Oberkiefers oder des Unterkiefers verursacht sein. Selbstverständlich kommen häufig auch Kombinationen vor. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß verti-



Abb. 137 Offene skelettale Konfiguration, bei der der Fehler im *Unterkiefer* liegt (Index 76%, NL-NSL 10°, ML-NSL 50°, ML-NL 40°)

kale basale Anomalien, die von der Mandibula verursacht werden, wesentlich schwieriger zu beeinflussen sind als solche, bei denen die Neigung der Maxilla nicht zum Gesichtstyp paßt. Im Oberkiefer hat der Behandler durch die Anwendung extraoraler Kräfte wesentlich mehr Einflußmöglichkeiten durch Steuerung des maxillären Wachstums sowie Zahnbewegungen innerhalb des Alveolarfortsatzes. Im Unterkiefer können wegen der Rotationsmöglichkeit der Kieferbasis im Kiefergelenk keine vertikalen, extraoralen Kräfte angewendet werden. Auch eine Kopf-Kinn-Kappe hat nur eine sehr eingeschränkte Wirkung auf den Unterkiefer; die Hauptwirkung tritt über die Okklusion im Oberkiefer auf. Weiterhin ist eine posterior geneigte Mandibula mit einer ungünstigen Muskelmatrize verbunden, die sogar die chirurgische Korrektur schwierig macht.

Da nun vertikale basale Abweichungen der Mandibula so viel schwieriger zu behand-

eln sind als solche der Maxilla, ergibt sich wiederum ein wichtiges Kriterium der Abgrenzung zur kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung. Während „O1“-Fälle mit einem Index von 65% rein kieferorthopädisch behandelbar sein mögen, wenn nur die Abweichung in einer anterioren Neigung der Maxilla liegt, wird derselbe Index von 65% bei einer posterioren Neigung der Mandibula meist nicht ohne chirurgische Unterstützung erfolgreich zu behandeln sein (Abb. 136 und 137). Analoge Prinzipien gelten auch bei skelettal tiefen Konfigurationen. Eine anterior geneigte Mandibularebene, die nur einen kleinen Winkel mit NSL bildet, ist für die Behandlung sehr viel ungünstiger als eine stark posterior geneigte Maxilla. Damit ist auch die Differentialdiagnose „maxillär“ oder „mandibulär“ verursachte, vertikale basale Diskrepanz für den Behandler von großem Interesse.

Eine weitere Differenzierung liegt in der Ursache der posterioren Neigung. Liegt die

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
	63	14	140	42	65	
-2	64	-		41	66	
	65	-		41	67	
	66	13	139	39	69	
-	67	-	138	37	70	
-1	68	-	137	37	71	
	69	12	137	36	72	25
	70	-		35	73	
	71	-		34	74	
	72	11	135	33	75	
0	73	-		32	76	
	74	10	133	31	77	22
	75	-		30	78	
-	76	-		29	79	21
	77	9	132	28	80	
1	78	-	131	27	81	20
	79	8	130	26	82	
-	80	-	129	25	83	19
	81	-	128	24	84	
2	82	-	127	23	85	18
	83	7	126	22	86	
	84	-	125	21	87	17
	85	6	124	20	88	
	86	-	123	19	89	16
	87	-	122	18	90	
3	88	5	121	17	91	15
	89	-	120	16	92	
	90	4	119	15	93	14
	91	-	118	14	94	
	92	-	117	13	95	13
	93	-	116	12	96	
4	94	-	115	11	97	12
	95	-	114	10	98	
	96	2	113	9	99	
	97	-	112	8	100	
5	98	-	111	7	101	
	99	1	110	6	102	
	100	-	109	5	103	
	101	-	108	4		
	102	-	107	3		
6	103	0	106	2		

Abb. 138 Die beiden Fälle aus den Abbildungen 136 und 137 in der Harmoniebox. In Abb. 136 liegt der Fehler im Oberkiefer, in Abb. 137 im Unterkiefer

Ursache in der Form der Mandibula (Winkel Ar-tgo-Gn groß) ist die Anomalie als schwerwiegender zu beurteilen, als wenn es sich um einen Positionsfehler (eher normaler Kieferwinkel) handelt.

3. Einfluss des Wachstums

Das Wachstum kann die Behandlung positiv oder negativ beeinflussen. Positive Wirkungen können erzielt werden, wenn das Wachstum in Größe und Richtung dazu ausgenutzt werden kann, die bestehende dentale und/oder skelettale Fehlstellung in eine günstige Richtung zu beeinflussen. So wird in den meisten Fällen das relativ stärkere Wachstum des Unterkiefers die Behandlung einer Angle-Klasse II mit skelettaler Rücklage des Unterkiefers günstig beeinflussen.

Dasselbe Wachstum kann jedoch auch einen negativen Einfluß haben. Wenn der oben genannte Fall fertig behandelt ist und die gewünschte Neutralverzahnung aufweist, kann weiteres Wachstum des Unterkiefers in moderatem Ausmaß in bestimmten Fällen zu einem (tertiären) Engstand aufgrund von Retrusion der unteren Front bei

gleichzeitiger Lückenbildung im Oberkiefer führen und in schweren Fällen sogar zu einer Angle-Klasse III-Tendenz. So wird die Art und die Dauer der Retentionsmaßnahmen direkt von dem noch zu erwartenden Wachstum abhängen. Oft kann die Retention erst beendet werden, wenn das Wachstum völlig abgeschlossen ist. In diesem Zusammenhang müssen gute Höcker bei guter Verzahnung als eine der besten Retentionsmaßnahmen angesehen werden.

Für die Behandlung eines Klasse III-Falls wäre eine derartige Wachstumsrichtung und -menge ebenfalls ungünstig und würde große Probleme bei der Behandlung verursachen oder sie sogar unmöglich machen. In diesen Fällen sollten besondere Anstrengungen unternommen werden, um die Wachstumsrichtung möglichst genau zu bestimmen. Die Erfahrung zeigt, daß das mandibuläre Wachstum nicht oder kaum behindert werden kann. Auch die Richtung ist nur sehr begrenzt beeinflussbar. Wenn die Wachstumsrichtung dann ungünstig ist, kann es leicht dazu kommen, daß die Behandlung mit dem ungünstigen Wachstum nicht Schritt halten kann. Neben



Abb. 139 Angle-Klasse III Malokklusion. Links im Alter von 12 Jahren. Nach Beseitigung des zahngößenbedingten Engstandes wurde ein Retainer geklebt und entbändert, um das Wachstum abzuwarten. Rechts der Patient 3 Jahre später.

extrem langen Behandlungen führt dies oft auch zu ästhetisch und funktionell unbefriedigenden Ergebnissen. Da die Möglichkeiten der Wachstumsbeeinflussung so begrenzt sind, kann es in diesen Fällen günstig sein, den Abschluß des Wachstums abzuwarten, um dann eine genaue und endgültige Behandlungsplanung zu erstellen (Abb. 139 und 140). Die Gesamtbehandlungsdauer und Belastung des Patienten kann dadurch oft deutlich gesenkt werden. Eventuelle interzeptive Maßnahmen bleiben von diesen Überlegungen unberührt. Es ist sehr wichtig, ein derartiges Konzept mit dem Patienten und seinen Eltern ausführlich zu besprechen.

Die Ausnutzung des pubertären Wachstumsspurts für die Behandlung einer sagittal distalen Basenrelation wird häufig angestrebt. Die Kurven auf Seiten 109/110 zeigen jedoch, daß es zu jedem Zeitpunkt vor Ende des Wachstums ein gewisses Maß an Wachstum gibt und damit auch eine funktionskieferorthopädische Behandlung möglich ist. Den möglicherweise vorhandenen Vorteilen der größeren Wachstumsrate während des Spurts stehen andere Faktoren, wie z.B. bessere Kooperation der

Patienten vor der Pubertät, gegenüber. Die Behandlungsmöglichkeit im Wechselgebiß hat weiterhin den Vorteil, daß die Okklusion aufgrund der fehlenden Höcker der Milchmolaren nicht verschlüsselt ist. Es scheint so, daß die modernen funktionskieferorthopädischen Geräte, besonders in Kombination mit extraoraler Verankerung, ihre Wirkung zu jedem Zeitpunkt des Wachstums erreichen können. Nach Untersuchungen von Teuscher ist der effektive basale Effekt eines FKO-Gerätes im Verhältnis zum natürlich vorhandenen Wachstums auch eher gering.

Die größte klinische Relevanz der Wachstumsvorgänge ergibt sich im Zusammenhang mit der Beurteilung der Zahnstellung. Da die stabile Position der Frontzähne von der Morphologie der skelettalen Teile beeinflusst wird, hat auch die wachstumsbedingte Veränderung dieser Morphologie Einfluß auf die Schneidezahnstellung. Am wachsenden Patienten kann eine zuverlässige Einstellung der Frontzähne also nur unter Berücksichtigung der noch zu erwartenden Wachstumsvorgänge erfolgen.

Wird der Status quo auf dem Anfangsfernrontgenbild für die Analyse der Frontzahn-

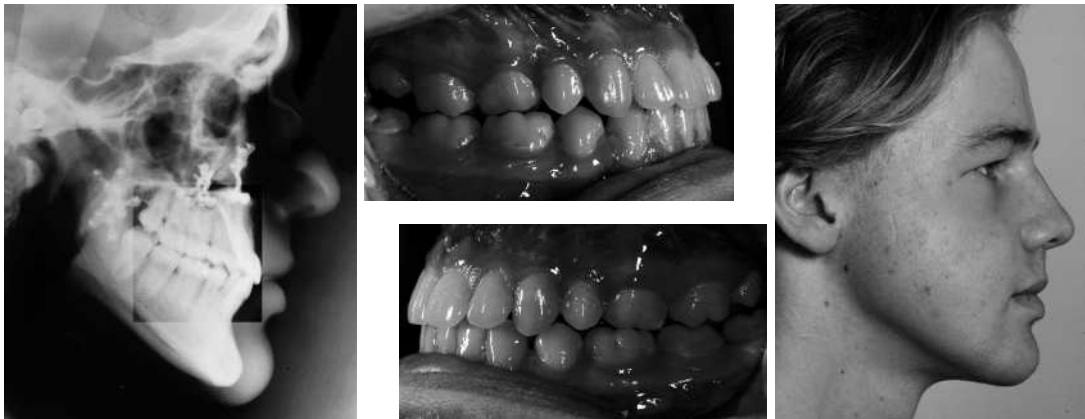


Abb. 140 Angle-Klasse III Malokklusion. Der Patient aus Abb. 139 nach Abschluß des Wachstums und postoperativ. Nach Dekompensation und Zahnbogenharmonisierung konnte der Patient durch bimaxilläre Osteotomie skelettal korrigiert werden. Profil und Okklusion konnten harmonisiert werden.

stellung zu Grunde gelegt, läßt sich nur bestimmen, welche Zahnstellung zum Zeitpunkt der Aufnahme ideal gewesen wäre. Eine im Laufe der Behandlung oder danach sich ergebende Veränderung der basalen Morphologie durch Wachstum würde diesen individuellen Sollwert für die Frontzahnstellung aber nahezu wertlos machen.

Erst die Prognose der wachstums- und behandlungsbedingten Veränderungen der Variablen ANB und $PgNB_{mm}$ erlaubt eine sinnvolle Aussage, ob und in welche Richtung die Inzisivi bewegt werden sollten. Die Genauigkeit der Frontzahnanalyse hängt damit nicht nur von der Schätzgenauigkeit des verwendeten Regressionsmodells ab, sondern auch von der exakten Einschätzung der wachstumsbedingten morphologischen Veränderungen. Es ist aus diesem Grund häufig vorteilhaft, in einer späteren Phase der Behandlung die Frontzahnstellung durch ein Fernröntgenseitenbild zu überprüfen. In dieser späten Phase ist schon ein größerer Anteil des Wachstums abgelaufen, und die Menge des zu prognostizierenden Restwachstums wird

minimal. Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, daß nur durch ein derartiges Röntgenbild die durch die Behandlung erreichten Veränderungen der Frontzahnstellung beurteilt werden können.

Beim erwachsenen Patienten gibt es keine nennenswerten wachstumsbedingten Veränderungen der skelettalen Morphologie. Wird jedoch kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisch behandelt, ergeben sich Veränderungen des Gesichtsschädels, die bei der Planung der Frontzahneinstellung berücksichtigt werden müssen. Es ist aus diesem Grund unumgänglich, vor Beginn der Behandlung zusammen mit dem Kieferchirurgen das chirurgische Vorgehen zu planen, um danach das kieferorthopädische Vorgehen und insbesondere die Einstellung der Frontzähne zu bestimmen. Aus der Platz- und Zahnstellungsanalyse ergibt sich an dieser Stelle auch, ob Zähne extrahiert werden müssen oder nicht. Da das kieferchirurgische Vorgehen sehr genau planbar ist, besteht auch nicht die Unsicherheit der Wachstumsprognose, so daß eine exakte Einstellung der Frontzähne möglich ist.

4. Kephalometrie der Weichteile

Sicherlich gilt immer noch das Hauptaugenmerk des Kieferorthopäden dem funktionierenden stomatognathen System und besonders der okklusalen Relation. Der Patient legt jedoch häufig ganz andere Schwerpunkte. Die ästhetischen Aspekte werden vom ihm meist ähnlich hoch oder sogar höher bewertet als die okklusalen Aspekte. Dies geschieht teilweise auch unterbewußt oder wird vom Patienten nicht ohne weiteres zugegeben. Spätestens im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung wird aber das Bewußtsein für die Zahnstellung und die umgebenden Strukturen geweckt, und der Patient achtet nunmehr auch auf Details.

Neben gut stehender Ober- und Unterkieferfront ist dabei auch das Weichteilprofil von Bedeutung (Abb. 141). Sowohl ein zu konvexes als auch ein zu konkaves Profil wird vom Patienten als unangenehm empfunden. Ebenso wirkt ein übergroßer Nasolabialwinkel oder ein zu dünner Streifen Lippenrot ungünstig. Eingefallene



Abb. 141 Harmonisches Weichteilprofil

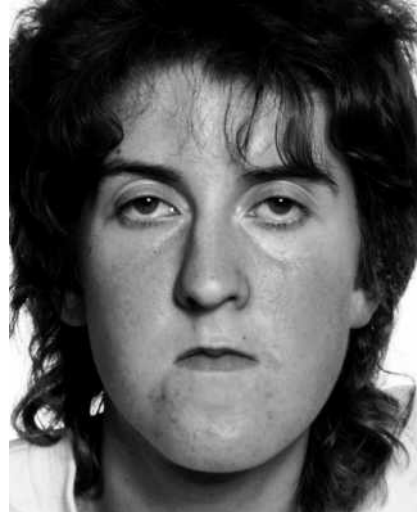


Abb. 142 Ungünstiges Weichteilprofil mit Rücklage der Lippen und nur einem dünnen Streifen Lippenrot

Lippen, insbesondere in Verbindung mit einem Defizit an Lippenrot, werden mit greisenhaftem Aussehen assoziiert (Abb. 142).

Leider kann im Rahmen einer Behandlung nicht immer das gewünschte günstige Weichteilprofil erreicht werden. Insbesondere bei Erwachsenen, bei denen die Einstellung der Verzahnung oft erst nach Extraktion erreichbar ist, kann es sogar zu ungünstigen Auswirkungen auf das Weichteilprofil kommen. Dabei handelt es sich meist um eine Retrusion der Lippen und damit um eine scheinbare Vergrößerung der Nase und des Kinns (ähnlich Abb. 143). Derartige ungünstige Auswirkungen müssen vor Beginn der Behandlung bekannt sein und bei der Abwägung der Vor- und Nachteile verschiedener Behandlungsalternativen berücksichtigt werden. Unter Umständen muß der Behandlungsplan abgewandelt werden, so daß kleine Kompromisse in Kauf genommen werden, oder es sogar zu einer gänzlich anderen Behandlung kommt. Zumindest aber muß der Patient auf die Auswirkung der Behandlung



Abb. 143 Erwachsener Patient, bei dem die Behandlung der Malokklusion (Extraktion von Prämolaren) zu einer ungünstigen Entwicklung des Weichteilprofils führen würde. Durch die Extraktionsbehandlung weitere Verkleinerung des H-Winkels.

auf sein Profil aufmerksam gemacht werden, und er muß sein Einverständnis dazu abgeben.

Das Beispiel in Abbildung 143 zeigt einen erwachsenen Fall, wo die Behandlung der Malokklusion (Angle-Klasse II) die Extraktion von zumindest zwei Prämolaren im Oberkiefer erfordert. Bei der Retrusion der Oberkiefer-Front wird sich auch die Oberlippe etwas nach posterior bewegen. Damit wird der H-Winkel kleiner und der Nasolabialwinkel größer. Es würde also zu einer ungünstigen Profilveränderung kommen, da aufgrund des prominenten Kinns der H-Winkel bereits klein genug ist. Das Nasen-Lippen-Kinn-Profil würde unvorteilhaft konkav werden.

Die Patientin in Abbildung 144 zeigt rein dental eine ähnliche Situation mit einer Angle-Klasse II bei einem Erwachsenen. Allerdings ist hier der H-Winkel eher groß und wurde durch die Extraktionsbehandlung mit Retrusion der Oberkieferfront günstig beeinflusst. Das Problem liegt bei



Abb. 144 Erwachsener Patient, bei dem die Behandlung der Malokklusion (Extraktion von zwei Prämolaren) zu einer ungünstigen Vergrößerung des Nasolabialwinkels geführt hat.

dieser Patientin im Nasolabialwinkel. Durch eine Retrusion der Oberlippe nach Extraktion von Zähnen wurde der ohnehin schon große Nasolabialwinkel noch weiter vergrößert. Dadurch ergab sich ein wesentlich ungünstigerer Profilverlauf. Aus den genannten Gründen wurde dem Patienten vor der Behandlung von einer rein kieferorthopädischen Behandlung abgeraten und ein kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisches Vorgehen vorgeschlagen - leider ohne Erfolg.

5. Kephalometrie der Zahnstellung

Ziel der orthodontischen Maßnahmen in jedem Kiefer ist es meist, einen harmonischen Zahnbogen innerhalb der gegebenen Grenzen einzustellen. Die „Grenzen“ beziehen sich auf diejenige Position in oro-vestibulärer Richtung, die gerade noch ein stabiles Behandlungsergebnis erwarten lassen. Werden sie überschritten, so muß mit erhöhter Wahrscheinlichkeit mit einem Rezidiv gerechnet werden, z.B. mit erneutem oder erstmaligem Auftreten von Engstand.

Wo liegen nun diese Grenzen? Die lateralen ergeben sich aus der Unveränderbarkeit der Inter-canindistanz und dem Verlauf des Alveolarfortsatzes im distalen Bereich (Abb. 145). Die anteriore Grenze dagegen ist nicht ohne weiteres erkenntlich. Keine Messung auf dem Modell oder direkt im Mund kann eine zuverlässige Aussage darüber machen, wo diese anteriore Grenze liegt. Erst die Beurteilung der skelettalen Morphologie des Gesichtsschädels in Verbindung mit einer entsprechenden Auswertemethodik kann diese Information bereitstellen.

Diese Auswertemethodik wird Frontzahnstellungsanalyse genannt und hat für die Behandlungsplanung überragende Bedeutung. Die Frontzahnstellungsanalyse schafft die Verbindung zwischen der Fernröntgenanalyse und der Modellanalyse. Die Übertragung erfolgt anhand der sowohl auf dem Röntgenbild als auch auf dem Modell gut zu erkennenden Inzisalkanten der unteren Schneidezähne (Abb. 145). In diesem speziellen Fall wird am Ende der Behandlung ein ANB von 5.2° und ein $PgNB_{mm}$ von 1.3 mm erwartet. Die auf dem Röntgenbild gemessene Position der Unterkieferinzisivi beträgt 4.5 mm. Durch Einsetzen in die Formel oder das Nomogramm auf Seite 93 ergibt sich 6.1 mm.

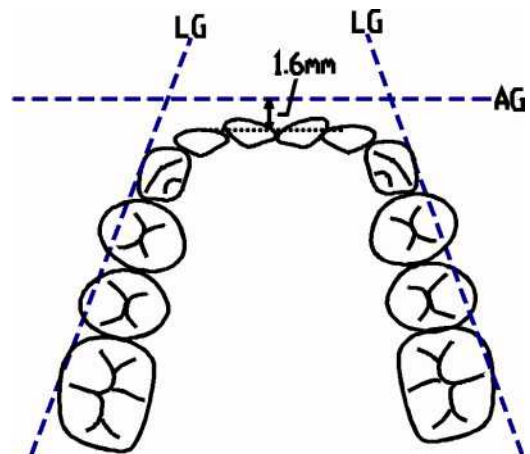
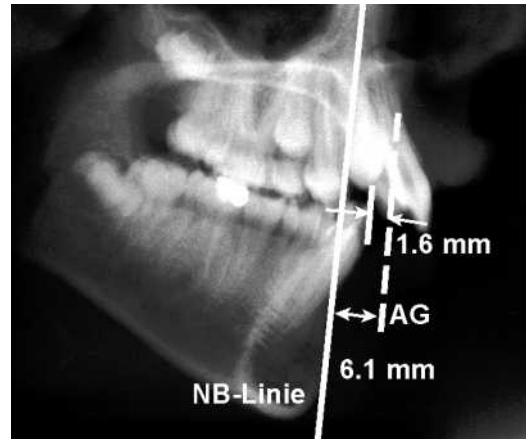


Abb. 145 Oben ist die anteriore Grenze im Fernröntgenbild eingetragen. Unten sind die Grenzen, innerhalb derer der Unterkieferzahnbogen ausgeformt werden muß, eingezeichnet.

AG = anteriore Grenze; LG = laterale Grenzen.

Dieser berechnete Wert ist um 1.6 mm größer als der gemessene Ist-Wert, die anteriore Grenze verläuft damit um diesen Betrag vestibulär der jetzigen Schneidezahnposition (Abb. 145).

Während aus dem Fernröntgenbild erkenntlich ist, wo die Frontzähne in Relation zu den Kieferbasen stehen sollten, ergibt sich in der Folge auf dem Modell, wo die

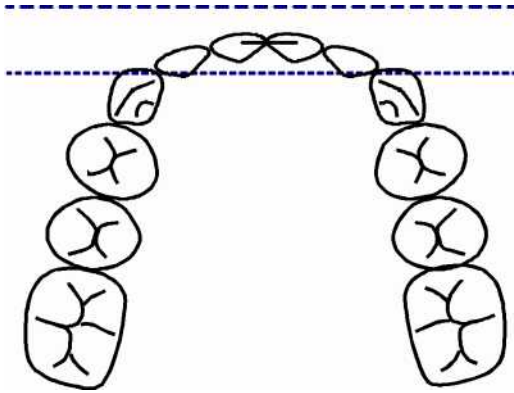


Abb. 146 Zahnbogen mit anteriorer Grenze vestibulär der Frontzähne (gestrichelt), bzw. lingual der Frontzähne (gepunktet). In einem Fall darf protrudiert werden, im anderen muß retrudiert werden.

Inzisivi hinbewegt werden müssen, ob die Platzverhältnisse dies zulassen oder ob Zähne extrahiert werden müssen. Die Modellanalyse allein erlaubt dagegen diese wichtigen Entscheidungen nicht.

Im einzelnen wird die Zahnstellungsanalyse mit den erwarteten skelettalen Werten durchgeführt. Aus der Differenz zwischen diesem berechneten Wert (Soll-Position) und dem gemessenen Wert ($T-NB_{mm}$ aus dem Fernröntgenbild, Ist-Position) ergibt sich, wo die anteriore Grenze liegt. Die gestrichelte Linie in Abb. 146 zeigt ein Beispiel, in dem die Soll-Position anterior der Ist-Position (Frontzähne) liegt. Der in der Frontzahnstellungsanalyse berechnete Wert ist hierbei größer als der gemessene Wert; die Frontzähne dürfen also protrudiert werden und der dabei gewonnene Platz kann für andere Aufgaben genutzt werden.

Es gibt jedoch auch Fälle, wo die anteriore Grenze lingual der Ist-Position der unteren Inzisivi liegt (gepunktete Linie in Abb. 146). In diesen Fällen ist der in der Frontzahn-

stellungsanalyse berechnete Wert kleiner als der gemessene Wert $T-NB_{mm}$. Die Inzisivi müssen retrudiert werden. Das erfordert überschlägig 2 mm Platz pro aufzurichtenden Millimeter. Dieses Platzbedürfnis kann unter Umständen aus bestehenden Platzüberschüssen gedeckt werden, aber häufig reichen diese nicht aus. Dann muß der erforderliche Platz geschaffen werden, entweder durch "Strippen" oder durch Extraktion von Zähnen.

Auch Fälle, bei denen die Inzisivi protrudiert werden dürfen, können Probleme bereiten. Oft ist es für die Ästhetik des Lippenprofils günstig, wenn die Inzisivi nicht zu weit lingual der prognostizierten Position stehen. Andernfalls ergeben sich häufig schmale, retrusive Lippen, die das Aussehen ungünstig beeinflussen (Abb. 142). Wenn die Inzisivi nun lingual der Erwartungsposition stehen und kein Platzbedarf für die Auflösung von Engstand besteht, führt eine Protrusion über den zwangsläufigen Platzgewinn zu ungewollter Lückenbildung. Diese Lücken müßten danach von posterior geschlossen werden, was eine sehr schwierige Verankerungssituation darstellt. Ohne spezielle Verankerungsmaßnahmen, wie zum Beispiel intermaxilläre Klasse II-Gummizüge oder Delairemaske auf die unteren Molaren ist eine ungewollte, erneute Retrusion der Inzisivi zu befürchten. Solche Situationen treten meist in Verbindung mit zu kleinen Zähnen oder Nichtanlagen auf. Aus dem oben gesagten wird auch klar, daß dann eine Behandlung mit Lückenschluß problematisch sein kann und eventuell eher eine Lückenöffnung mit späterer Autotransplantation, Implantation oder prothetischem Ersatz diskutiert werden muß.

Die Platzanalyse wird nur im Unterkiefer durchgeführt. Wenn es gelingt, im Unterkiefer einen Idealbogen innerhalb der gegebenen Grenzen einzustellen, wird es

auch im Oberkiefer möglich sein, einen harmonischen Zahnbogen zu erreichen. Die Verbindung zwischen Ober- und Unterkiefer erfolgt über die in fast allen Fällen anzustrebende Angle-Klasse I Relation im Eckzahnbereich. Wenn es kein Zahngrößenmißverhältnis zwischen den mandibulären und maxillären Zähnen gibt und die Achsenneigung der oberen Inzisivi korrekt ist, wird sich (automatisch) eine gute Frontzahnrelation ergeben. Wenn es wegen fehlendem Wachstum und ausgeprägter Klasse II-Verzahnung nicht ohne weiteres möglich ist, die Eckzähne in Klasse I einzustellen, dann ist die Extraktion aus Gründen der Bißlageverschiebung oder eine Operation erforderlich. Immer genügt es aber, wenn die Platzanalyse im Unterkiefer durchgeführt wird. Ein „isolierter Engstand“ im Oberkiefer ist in der Regel Ausdruck einer sagittalen Malokklusion. Entweder handelt es sich um eine Angle-Klasse II₂ oder um einen Stützzonenverlust im Oberkiefer mit unterschiedlicher Angle-Klasse bei den Molaren und Eckzähnen. Wenn dieses sagittale Problem gelöst ist und die Eckzahnrelation stimmt, wird sich eine gute Einstellung der Fronten ergeben. Es genügt also, die Verknüpfung von Modellen und

Fernröntgenbild über die Position der unteren Schneidekanten zu schaffen.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Frontzahnstellungsanalyse ergibt sich aus der Betrachtung der Position der Inzisivi am Anfang der Behandlung. Dazu werden die aktuellen Meßwerte für ANB und $PgNB_{mm}$ in der Regressionsgleichung verwendet. Aus dem Vergleich der Ist- und der berechneten Erwartungs-Position können Rückschlüsse gezogen werden, ob der Patient am Anfang der Behandlung eine atypische Schneidezahnposition zeigt. Diese entsteht oft aufgrund von Dysfunktionen wie zum Beispiel Daumenlutschen, Lippen-saugen oder Zungenpressen, aber auch durch einen erhöhten Muskeltonus der perioralen Muskulatur. Diese diagnostischen Aussagen lassen wiederum Rückschlüsse auf die zu erwartende stabile Position nach Abschluß des Wachstums zu. Wenn etwa am Anfang der Behandlung die Inzisivi deutlich lingual der zu erwartenden Position stehen, so kann dies zum Beispiel an einem erhöhten Muskeldruck der perioralen Muskulatur oder an einer Dysfunktion der Unterlippe liegen. Im ersten Fall wäre auch eine steile Oberkieferfront zu erwarten (Deckbiß), im zweiten eine große sagittale Frontzahnstufe.

G. Klinische Beispiele, Behandlungsansätze und -ergebnisse

1. Angle-Klasse II₁

In Abbildung 149 ist ein 8 Jahre alter Junge dargestellt. Die Vor-diagnose ergibt eine Angle-Klasse II₁-Malokklusion im Wechselgebiss. Es besteht eine Distalokklusion von ½ Prämolarenbreite rechts und einer ganzen Prämolarenbreite links bei einem Overjet von 6 mm (Abb. 150). Die Auswertung der röntgenologischen Unterlagen ergibt folgendes Bild:



Abb. 149 Patient J.K. vor der Behandlung. Alter 8 ½ Jahre

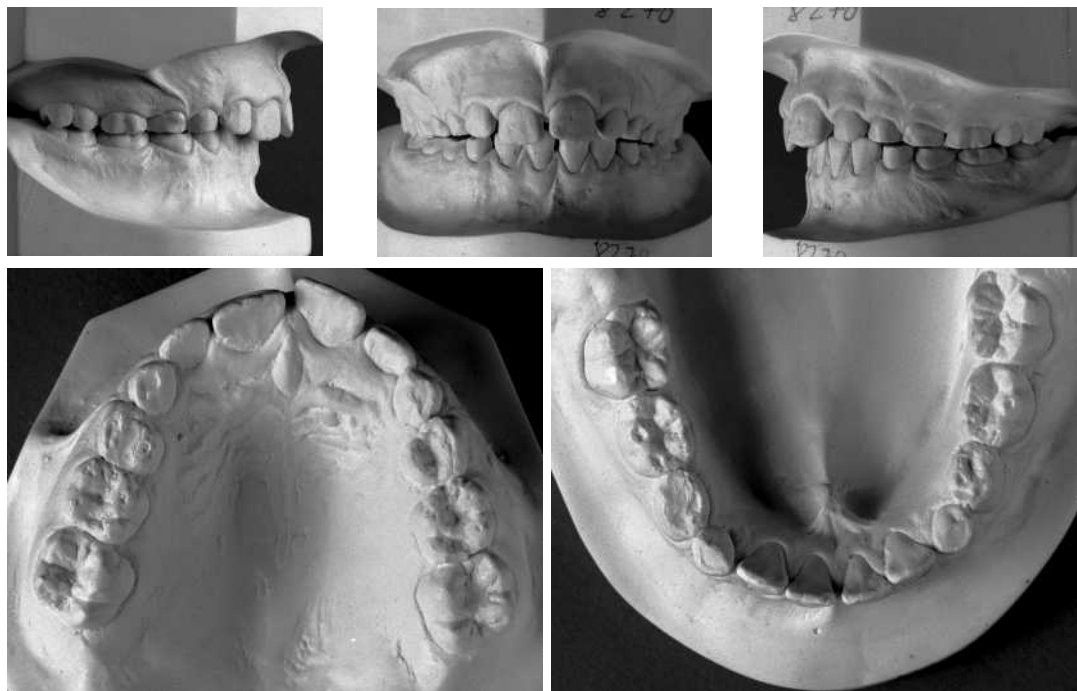


Abb. 150 Anfangsmodelle des Patienten J.K.



Abb. 151 Fernröntgenbild vor der Behandlung

Gesichtstyp

Die Harmonielinie in der Harmoniebox (Abb. 153) zeigt, daß es sich um einen nur leicht disharmonischen, retrognathen Gesichtstyp handelt. Die maxillären und mandibulären Prognathiewerte liegen 6° bis 10° unter den Mittelwerten für das orthognathe Gesicht.

Alle Werte mit Ausnahme von SNB liegen nahezu auf einer horizontalen Linie und passen daher gut zusammen. Lediglich der Prognathiegrad der Mandibula bewirkt eine gewisse Disharmonie der sagittalen Basenrelation.

Basale Relation

Sagittal besteht mit einem ANB-Winkel von 5.1° in einem retrognathen Gesicht eindeutig eine distale Relation. Aus der Abweichung des Wertes für SNB in der Harmoniebox ergibt sich, daß die Ursache im Unterkiefer

Tab. 7 Kephalometrische Meßwerte

	8,5 Jahre
SNA	75.7
SNB	70.6
ANB	5.1
SNPg	72.4
NSBa	134.6
Gn-tgo-Ar	120.7
ML-NSL	34.7
NL-NSL	10.5
ML-NL	24.2
H-Winkel	12.1
Nasolabialwinkel	120.8
⊥ - T	128.9
⊥-NA	23.9
T-NB	22.1
⊥-NA _{mm}	5.2
T-NB _{mm}	3.1
PgNB _{mm}	3.3
N-Sp'	51.8
Sp'-Gn	60.3
Index	85.9

liegt. Um den Grund genauer zu lokalisieren, werden die fünf möglichen Ursachen auf Seite 79 einzeln beurteilt: da der SNA-Winkel gut zum Gesichtstyp paßt, kann es sich nicht um eine anteriore Position der Maxilla handeln. Die Abknickung der Schädelbasis (Winkel NSBa) entspricht ebenfalls dem Erwartungswert; eine poster-



Abb. 152 Panoramaschichtaufnahme vor der Behandlung

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
-2	62		141	43	64	28
	63	14	140	42	65	
	64			41	66	27
	65				67	
	66	13	139	40	68	26
	67		138	39	69	
-1	68			38	70	25
	69	12	137	37	71	
	70		136	36	72	24
	71				73	
	72	11	135	35	74	
	73		134	34	75	23
0	74			33	76	
	75	10	133	32	77	22
	76		132	31	78	
1	77	9	131	30	79	21
	78			29	80	
	79	8	130	28	81	20
	80		129	27	82	
	81		128	26	83	19
	82		127	25	84	
2	83	7	126	24	85	18
	84		125	23	86	
	85	6	124	22	87	17
	86		123	21	88	
	87		122	20	89	16
	88		121	19	90	
3	89	5	120	18	91	15
	90		119	17	92	
	91		118	16	93	14
	92	4	117	15	94	
	93		116	14	95	13
	94	3	115	13	96	
	95		114	12	97	12
	96		113	11	98	
	97	2	112	10		
	98		111	9		
	99		110	8		
	100		109	7		
	101	1	108	6		
	102		107	5		
6	103	0	106	4		

Abb. 153 Harmoniebox für den Patienten J.K.

iore Verlagerung der gesamten Mandibula hätte dagegen einen zu großen Winkel NSBa erwarten lassen. Eine Retroposition des Alveolarfortsatzes auf der Unterkieferbasis wäre mit einer großen Differenz zwischen den Winkeln SNB und SNPg sowie mit einem großen Wert für PgNB_{mm} verbunden. Die Differenz mit 1.8° und die Kinnprominenz PgNB_{mm} mit 3.3 mm sind für das junge Alter des Patienten etwas größer als erwartet, aber nicht groß genug, um von einer ausgeprägten Retroposition zu sprechen. Schließlich paßt auch der Neigungsgrad des Unterkiefers (ML-NSL) zum Gesichtstyp, so daß auch hierin nicht der Grund liegen kann. Es bleibt als Hauptgrund für die distale Relation der Kieferbasen eine in sich zu kleine Mandibula. Das Ausmaß dieser sagittalen, skelettalen Disharmonie ist jedoch moderat und läßt keine großen Probleme erwarten, besonders da der Patient noch ein beträchtliches Wachstumspotential hat.

Vertikal bestehen neutrale Verhältnisse sowohl in Hinblick auf den Index der ante-

rioren Gesichtshöhen als auch in Hinblick auf den Interbasiswinkel ML-NL in Relation zum Gesichtstyp. Die Werte für NL-NSL und ML-NSL liegen in der Harmoniebox exakt auf gleicher Höhe, es handelt sich deshalb um gute vertikale Harmonie. Der Index ist mit 86% innerhalb des Normbereichs („N“), dabei aber leicht vergrößert. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß der Index im Wechselgebiß meist etwas größer ist (Seite 65).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die sagittale und vertikale Relation der Kieferbasen günstig für eine kieferorthopädische Behandlung z.B. mit funktionskieferorthopädischen Geräten ist.

Wachstum

Der Patient befindet sich im Alter von 8½ Jahren eindeutig vor dem pubertalen Wachstumsschub. Eine Handwurzelaufnahme wird deshalb nicht erstellt. Ein späterer Behandlungsbeginn könnte diskutiert werden. Der Patient erlitt jedoch früher ein Milchzahtrauma und, um die Traumagefahr für die bleibenden Inzisivi zu reduzieren, wird die Behandlung bereits zu diesem Zeitpunkt begonnen.

Betreffs der Wachstumsrichtung ist kein extremes Wachstumsmuster zu erwarten, deshalb können die Durchschnittswerte aus Tabelle 6 verwendet werden. Danach wird sich der ANB-Winkel von 5.1° auf 2.2° reduzieren und der PgNB_{mm}-Wert von 3.3 mm auf 5.0 mm zunehmen. Diese Werte werden später für die Zahnstellungsanalyse und die Profilbeurteilung benötigt. Durch die Aufhebung der Unterlippen-Dysfunktionen im Rahmen der Behandlung ist eine günstige Beeinflussung des mandibulären Wachstums zu erwarten. Die Dysfunktion verursacht in diesem Fall nicht nur den Steilstand der Inzisivi, sondern auch eine Hemmung des Unterkiefer-Wachstums.

Dento-basale Relation

Es besteht zum Behandlungsbeginn ein Zahnbogen ohne Stützzonenverlust und ohne Engstand. Eine Vorhersage der Zahnbreiten der bleibenden Zähne der Stützzonen (z.B. GROSS 1990) läßt erwarten, daß durch den Zahnwechsel in den Stützzonen kein Engstand entstehen wird. Es stellt sich nun die Frage, ob die unteren Inzisivi in einer stabilen Position stehen oder ob sie retrudiert werden müssen, um das Auftreten von Engstand zu verhindern.

Zu diesem Zweck werden die für das Ende der Behandlung bzw. des Wachstums erwarteten Werte für die skelettalen Variablen ANB-Winkel und $PgNB_{mm}$ (2.2° und 5.0 mm , siehe oben) in die Regressionsgleichung auf Seite 94 eingesetzt:

$$T-NB_{mm} = 0.50 \cdot 2.2 - 0.35 \cdot 5.0 + 3.9$$

Das Ergebnis $T-NB_{mm} = 3.3\text{ mm}$ läßt sich auch durch Anwendung des Nomogramms auf Seite 95 herausbekommen (Abb. 154).

Der Wert für ANB (2.2°) wird auf der unteren Achse aufgesucht. Von dort wird eine Senkrechte nach oben bis zur 5 mm -Linie von $PgNB_{mm}$ gezogen. Im Schnittpunkt mit der 5 mm -Linie wird dann horizontal nach links gegangen und auf der linken Achse der Prognosewert für $T-NB_{mm}$ gefunden.

Vor Beginn der Behandlung stehen die unteren Inzisivi 3.1 mm vor der NB-Linie. Da der berechnete Wert von 3.3 mm geringfügig größer ist als der gemessene, dürften die Inzisivi im Rahmen der Behandlung um 0.2 mm protrudiert werden. In praxi ist eine derartig geringfügige Bewegung weder kontrolliert durchführbar noch relevant, so daß im vorliegenden Fall die Position der unteren Inzisivi nicht verändert werden sollte.

Wird die Stellung der Inzisivi unter Berücksichtigung des ANB-Winkels und des $PgNB_{mm}$ -Wertes bei Behandlungsbeginn beurteilt, so wird klar, daß sie 2 mm lingual der anterioren Grenze stehen. Ein

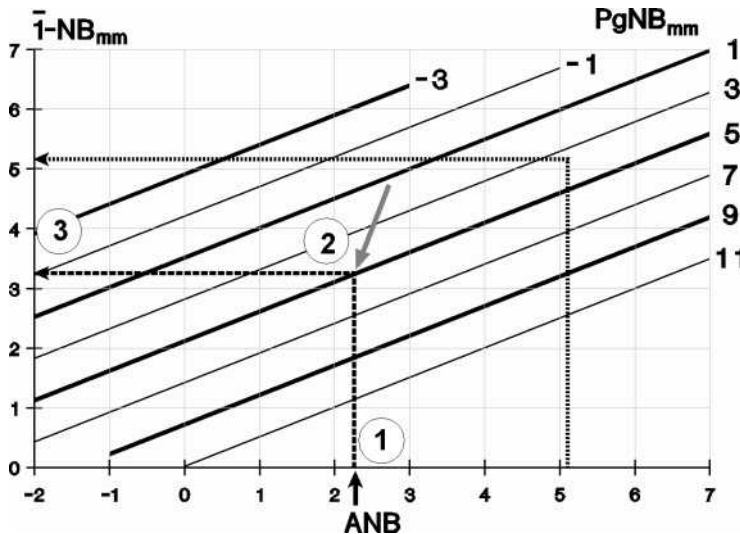


Abb. 154 Bestimmung der anterioren Grenze mit dem Nomogramm. Die gestrichelte Linie stellt die Grenze am Ende des Wachstums dar, die gepunktete Linie stellt die Grenze bei Behandlungsbeginn dar.

Grund dafür kann die bei großer sagittaler Stufe oft vorhandene Lippendysfunktion sein. Die Tatsache, daß dieselbe Schneidezahnposition (3.1 mm) am Anfang der Behandlung als relativ lingual und am Ende des Wachstums als ideal bezeichnet wird, läßt sich durch die wachstumsbedingten Veränderungen der Gesichtsschädelmorphologie erklären. Durch das relativ stärkere Wachstum der Mandibula erwartet man die unteren Inzisivi in einer mehr retrudierten Position.

Weder Position noch Inklination der oberen Inzisivi, noch der Interinzisalwinkel haben außergewöhnliche Werte, die eine besondere Beachtung verdienen würden. Sie sol-

ten durch die Behandlung nicht ungünstig beeinflusst werden. Es gilt also, unerwünschte Nebenwirkungen möglicher Behandlungsgeräte (Protrusion der unteren Front, Retrusion der oberen Front) zu vermeiden.

Weichteilprofil

Der Patient zeigt einen H-Winkel von 12° und einen Nasolabialwinkel von 121° . Beide Werte sind für einen Patienten in diesem Alter nicht ungewöhnlich. Der H-Winkel wird sich sowohl durch das Wachstum als auch durch eine non-Ex-Behandlung mit FKO-Gerät verkleinern, und es ist anzunehmen, daß er am Ende des Wachstums nahe dem ästhetischen Idealwert von 8° liegt. Für die skelettale Situa-



Abb. 155 Behandlungsapparat: Bimaxilläres Hansagerät mit Kombizug-Headgear



Abb. 156 Fernröntgenseitenbild nach 6 Monaten einleitender Behandlung mit Hansagerät



Abb. 157 Intraoraler Befund am Ende der Behandlung

tion, die nach Abschluß von Behandlung und Wachstum erwartet wird, kann nach der Regressionsgleichung auf Seite 96 mit einem H-Winkel von 6.2° gerechnet werden. Die Anwendung des Nomogramms auf Seite 97 ergibt dasselbe Ergebnis.

Vom Weichteilprofil her ist nicht mit Problemen zu rechnen, und die Behandlung mit einem FKO-Gerät hätte sogar einen günstigen Einfluß.

Behandlungskonzept

Da die Platzanalyse des Unterkiefers ergeben hat, daß kein Platzbedarf besteht und der Patient noch ein großes Wachstumspotential hat, wird eine non-Extraktionsbehandlung durchgeführt. Die Einstellung in Angle-Klasse I erfolgt mit einem funktionskieferorthopädischem Gerät, in diesem Fall mit dem bi-

maxillären Hansagerät mit extraoraler Verankerung (Abb. 155). Da keine vertikalen Abweichungen bestehen, wird die Zugrichtung der extraoralen Verankerung direkt nach posterior gewählt. Praktisch wird dies durch eine Kombination von Occipital- und Nackenzug („Kombizug“) erreicht (Abb. 155).

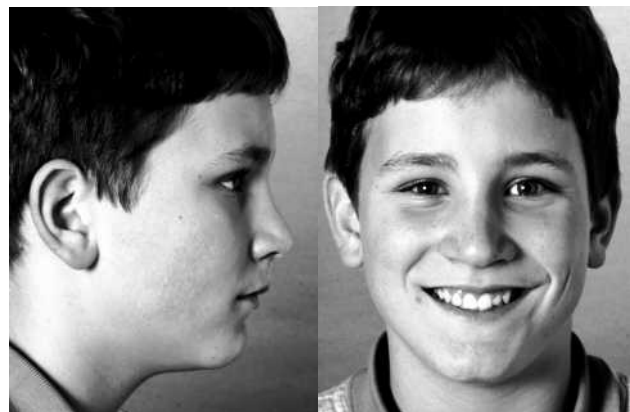


Abb. 158 Patient J.K. nach der Behandlung. Alter 12 Jahre

Die Lokalisation der sagittalen Störung in der Größe des Unterkiefers würde auch den Einsatz eines FKO-Gerätes ohne extraorale Verankerung erlauben; der relative Anteil der mandibulären Wirkung wäre dann größer, allerdings wäre auch mit einer längeren Behandlungsdauer zu rechnen. Im vorliegenden Fall wird das Headgear am Anfang der Behandlung etwa 6 Monate getragen bis eine Angle-Klasse I-Verzahnung besteht (Abb. 156). Danach wird das Gerät ohne extraorale Verankerung zur Konsolidierung des Behandlungsergebnisses weitergetragen.

Sobald die Okklusion stabil verschlüsselt ist, wird dann der Zahnwechsel beobachtet; das kann meist ohne Behandlungsgerät erfolgen. Nach oder kurz vor Beendigung des Zahnwechsels wird dann entschieden, ob eine Feineinstellung der Okklusion erforderlich ist oder nicht. Wenn ja, erfolgt

eine kurze Behandlungsphase mit fest-sitzender Apparatur.

Abbildung 157 zeigt die Okklusion nach Feineinstellung der Okklusion mit Multi-bracketapparatur nur im Oberkiefer für 10 Monate. In Abbildung 160 sind die kephalometrischen Durchzeichnungen am Anfang, nach Einstellung der Klasse I-Verzahnung und zum Zeitpunkt der Nachkontrolle überlagert. Es wird deutlich, daß während der Einleitenden Behandlung ein Wachstum der Maxilla nach anterior verhindert wurde und die Molaren distalisiert wurden. Zur selben Zeit konnte sich die Mandibula nach anterior-kaudal entwickeln, wodurch die Einstellung in Klasse I möglich wurde. In der folgenden Zeit der Multibracketbehandlung und Retention zeigte sich wieder in beiden Kiefern das Wachstum nach anterior-kaudal.



Abb. 159 Fernröntgenbild bei der Nachkontrolle

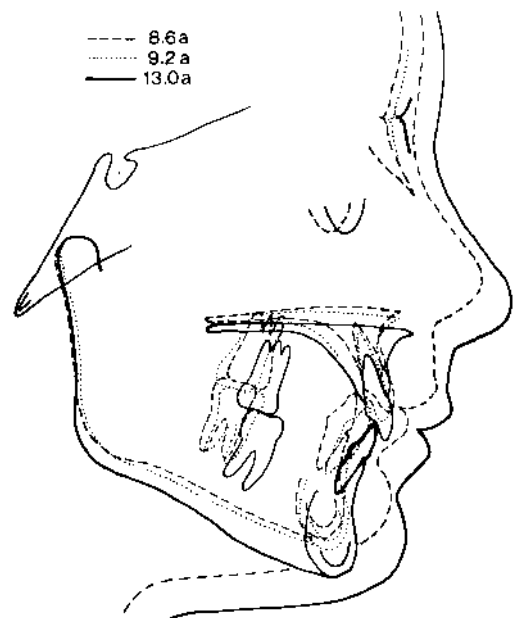


Abb. 160 Überlagerung der Durchzeichnungen vor Behandlung, nach Einleitender Behandlung und nach Ende der Behandlung.

2. Angle-Klasse II₂

Die Abbildungen 162 und 163 zeigen Fernröntgenseitenbild und Panorama-Schichtaufnahme des Patienten L.K. (Abb. 161). Die Modelle sind in Abb. 164 gezeigt. Die Vordiagnose zeigt, daß es sich um eine Angle-Klasse II₂-Malokklusion handelt. Vor dem Hintergrund dieser Vordiagnose interessiert den Behandler insbesondere die vertikale basale Relation und die Zahnstellung.

Die kephalometrischen Meßwerte in Tab. 8 und die Harmoniebox (Abb. 165) lassen folgende Beurteilung zu:



Abb. 161 Patient L.K. vor der Behandlung. Alter 12½ Jahre

Gesichtstyp

Es handelt sich um einen disharmonisch orthognathen Gesichtstyp. Zwar passen Prognathiegrad und Neigung der Maxilla harmonisch zusammen, der Unterkiefer ist jedoch sowohl in sich als auch in Relation zu Schädelbasis und Maxilla disharmonisch.



Abb. 162 Fernröntgenbild vor der Behandlung



Abb. 163 Panoramascichtaufnahme



Abb. 164 Intraoraler Anfangsbefund des Patienten L.K.

Basale Relation

In der Sagittalebene handelt es sich eindeutig um eine distale Relation mit Rücklage des Unterkiefers (der Wert für SNB weicht von der Harmonielinie ab). Der Wert von 7.1° für den ANB-Winkel ist für diesen Gesichtstyp zu groß. Zu beachten ist in diesem speziellen Fall jedoch, daß der A-Punkt durch den extremen Steilstand der oberen Inzisivi weiter ventral erscheint als dies für die Kieferbasis repräsentativ wäre. Der Grund liegt in einer „Ausbeulung“ der vestibulären Kortikalis über den Wurzeln der oberen mittleren Schneidezähne. Es ist deshalb in diesem Fall legitim, die sagittale Relation der Kieferbasen etwas günstiger anzunehmen als dies der reine Zahlenwert ausdrückt.

Vertikal besteht eine mäßig verringerte vordere Untergesichtshöhe; der Index liegt mit 88% zwar noch im „N“-Bereich, allerdings hart an der Grenze zum „T“-Bereich. Der Interbasiswinkel ML-NL liegt

ebenfalls im Grenzbereich zwischen neutral („2“) und zu klein („3“). Verantwortlich für die Abweichung ist die Inklination der Mandibula. Zusammenfassend kann die vertikale Relation als N3_{mand.} bezeichnet werden.

ANB	SNA	NL-NSL	NSB _a	ML-NSL	SNB	ML-NL
-2	62		141	43	64	28
-	63	14	140	42	65	
-	64	-	139	41	66	27
-	65	13	139	40	67	
-	66	-	139	39	68	26
-	67	12	137	38	69	
-1	68	-	136	37	70	25
-	69	11	136	36	71	
-	70	-	135	35	72	24
-	71	10	135	34	73	
0	72	-	134	33	74	23
-	73	9	134	32	75	
-	74	-	133	31	76	22
-	75	8	133	30	77	
-	76	-	132	29	78	21
-	77	7	132	28	79	
1	78	-	131	27	80	20
-	79	6	130	26	81	
-	80	-	129	25	82	19
-	81	5	129	24	83	
2	82	-	128	23	84	18
-	83	4	127	22	85	
-	84	-	126	21	86	17
-	85	3	126	20	87	
-	86	-	125	19	88	16
-	87	2	125	18	89	
-	88	-	124	17	90	15
-	89	1	124	16	91	
-	90	-	123	15	92	14
-	91	0	122	14	93	
-	92	-	122	13	94	13
-	93	-	121	12	95	
-	94	-	121	11	96	12
6	95	-	121	10	97	
-	96	0	120	9	98	11

Abb. 165 Harmoniebox

Tab. 8 Kephalometrische Meßwerte: in der rechten Spalte Situation nach Protrusion der Inzisivi.

	12,5 y	13 y
SNA	82.5	
SNB	75.4	
ANB	7.1	
SNPg	78.8	
NSBa	138.0	
Gn-tgo-Ar	118.1	
ML-NSL	25.2	
NL-NSL	7.7	
ML-NL	17.4	
H-Winkel	16.4	
Nasolabialwinkel	100.5	
⊥-T	165.7	138.6
⊥-NA	- 6.6	+ 20.4
T-NB	13.9	
⊥-NA _{mm}	- 4.9	+ 3.6
T-NB _{mm}	1.0	
PgNB _{mm}	6.1	
N-Sp'	49.7	
Sp'-Gn	56.5	
Index	88.0	

Obwohl die vorliegende basale Relation nicht als günstig bezeichnet werden kann, sieht man in Klasse II₂ Fällen häufig wesentlich unvorteilhaftere Situationen. Besonders der Interbasiswinkel nimmt in diesen Fällen durchaus Werte von unter 10° an, und der Index übertrifft nicht selten 100%.

Wachstum

Der Patient ist ein 12¹/₂ Jahre alter Junge. Ausgehend von diesem Alter und vom Entwicklungszustand (Stimmlage, Körpergröße) ist zu erwarten, daß noch ein nennenswertes Wachstumspotential besteht. Eine Handwurzelaufnahme wird nicht erstellt.

Die Gesichtsmorphologie läßt ein extremes Wachstumsmuster nicht erwarten. Deshalb kann die Prognose der zu erwartenden

Werte für ANB und PgNB_{mm} am Ende des Wachstums mit Hilfe von Tabelle 6 in Kapitel E erfolgen. Es ergeben sich unter der Annahme einer Behandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten die Erwartungswerte von 5.5° für ANB und 7.3 mm für PgNB_{mm}. Da im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung unter anderem auch die Achsenneigung der oberen Inzisivi korrigiert wird, ist zu erwarten, daß die „Ausbeulung“ durch die Zahnwurzeln im Bereich des A-Punktes verschwindet. Aus diesem Grund wird der Erwartungswert für den ANB-Winkel noch einmal um 1° auf 4.5° reduziert. Diese Werte werden in der weiteren Analyse für die Zahnstellungs- und Weichteilanalyse verwendet.

Dento-basale Relation

Der Ist-Zustand mit einem Interinzisalwinkel von fast 166° zeigt deutlich, daß es sich um einen Deckbiß handelt. Besonders die Inklination der Zahnachse des oberen Inzisivus liegt mit -6.6° deutlich niedriger als übliche Werte. Durch Einsetzen der Erwartungswerte für ANB und PgNB_{mm} in die Regressionsgleichung für die Zahnstellung der unteren Front bzw. durch graphisches Auswerten im Nomogramm (Abb. 106) erhält man den Sollwert: die unteren Inzisivi dürften am Behandlungsende 3.6 mm vor der NB-Linie stehen. Da sie zum jetzigen Zeitpunkt nur 1.0 mm vor der NB-Linie stehen, dürfen sie im Rahmen der Behandlung um 2.6 mm protrudiert werden.

Diese mögliche Protrusion von 2.6 mm stellt ein Platzpotential von etwa 5 mm dar, das zur Behebung von Engstand oder zur Lösung von sonstigen Aufgaben mit Platzbedürfnissen genutzt werden kann. In diesem Fall wird außer für die Auflösung des bestehenden Engstandes noch Platz für die Nivellierung der Spee'schen Kurve und für die Beseitigung der Fächerform in der unteren Front benötigt.

Der individuell zu erwartende Interinzisalwinkel beträgt nach der Gleichung auf Seite 94

$$\perp-T = 7.3 \text{ mm} \cdot 1.59^\circ/\text{mm} + 129.3^\circ = 140.9^\circ$$

Da der jetzige Interinzisalwinkel 166° beträgt, sollte er also um etwa 25° verringert werden. Die Protrusion der Unterkieferfront wird die Inklination der unteren Inzisivi um annähernd 8° vergrößern. Damit sollten die oberen zentralen Inzisivi um rund 20° protrudiert werden. Aus geometrischen Gründen erhöht sich der Interinzisalwinkel durch die Reduktion des ANB-Winkels (siehe Seite 94). Die Summe aus 8° Protrusion im Unterkiefer, 20° Protrusion im Oberkiefer und 2.6° ANB-Reduktion ergibt zusammen die geforderte Reduktion des Interinzisalwinkels um 25° . Bei entsprechend vorsichtiger Behandlungsweise sollte eine Protrusion dieses Ausmaßes in diesem Fall ohne Probleme durchführbar sein.

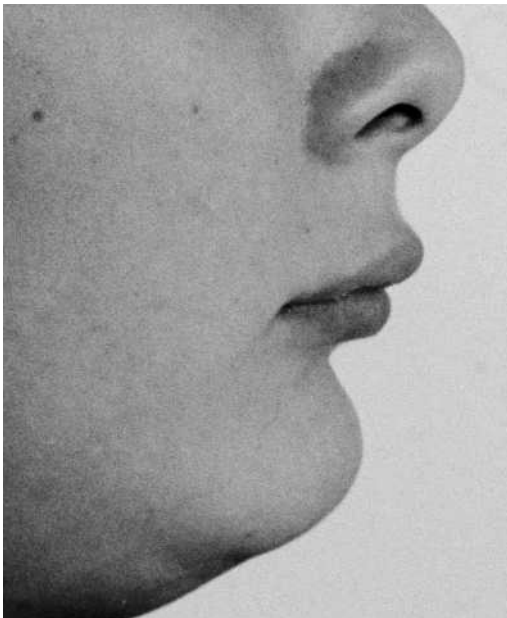


Abb. 166 Lippenprofil vor der Behandlung

Die Protrusion der oberen Inzisivi sollte vorzugsweise zu Beginn der Behandlung erfolgen, da eine Behandlung mit funktionskieferorthopädischem Gerät erst nach Schaffung einer sagittalen Stufe möglich ist. Die Angle-Klasse II_2 -Malokklusion wird also zunächst in eine Klasse II_1 -Malokklusion überführt und dann entsprechend behandelt.

Weichteilprofil

Für die nach Abschluß des Wachstums zu erwartende Gesichtsmorphologie wäre ein H-Winkel von 5.5° zu erwarten (siehe Nomogramm in Abb. 107). Zum jetzigen Zeitpunkt beträgt der H-Winkel 16° und der Nasolabialwinkel 100.5° . Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß durch eine Stauchung der Lippen der Oberlippenpunkt weiter ventral erscheint als dies repräsentativ wäre (siehe Abb. 166). Nach einer Normalisierung der Zahnstellung ist mit einer Verkleinerung des H-Winkels und einer Vergrößerung des Nasolabialwinkels zu rechnen (Abb. 168).

Die geplante Behandlung würde eigentlich im ersten Schritt (Protrusion der oberen Inzisivi und damit auch in verringertem Umfang der Oberlippe) den H-Winkel etwas vergrößern. Durch den Wegfall des Stauchungseffekts der Lippen wird in diesem Fall diese Protrusionswirkung aufgehoben. Die weiteren Maßnahmen (FKO-



Abb. 167 Utility-arch zur Protrusion der oberen Inzisivi

Gerät) in Verbindung mit dem Wachstum werden dann den H-Winkel deutlich reduzieren. Es ist also eine günstige Entwicklung der Weichteilsituation zu erwarten.

Behandlungskonzept

Da noch Wachstumspotential vorhanden ist und eine skelettale Abweichung sowohl in sagittaler als auch in vertikaler Richtung besteht, ist unbedingt der Einsatz eines funktionskieferorthopädischen Gerätes, möglichst in Verbindung mit extraoralem Zug, indiziert. Selbst wenn die Einstellung in eine Angle-Klasse I Verzahnung damit nicht vollständig gelingen sollte, wird sich einerseits eine günstige Beeinflussung der skelettalen Harmonie und des Profilverlaufs ergeben und andererseits das Ausmaß und die Dauer der anschließenden Behandlung mit festsitzenden Apparaturen deutlich verringern. Bevor ein funktionskieferorthopädisches Gerät, in diesem Fall ein bimaxil-



Abb. 168 Fernröntgenbild nach Protrusion der oberen Inzisivi.

läres Hansagerät, eingesetzt werden kann, muß der Deckbiß beseitigt werden. Zu diesem Zweck wird zunächst die Oberkieferfront mit einer kleinen, festsitzenden Apparatur (Utility-Arch) oder einer Protrusionsplatte protrudiert (Abb. 167).

Im vorliegenden Fall wird nach Protrusion der oberen Inzisivi um 8.5 mm bzw. 26° (Abb. 168, 169) ein bimaxilläres Hansagerät eingesetzt. Wegen des Tiefbisses und des zu kleinen Interbasiswinkels wird das Hansagerät mit extraoralem Zug in occipitaler Richtung kombiniert, der im anterioren Bereich des Gerätes ansetzte. Es wird damit vor allem die Neigung der Maxilla beeinflusst, auch wenn der Neigungsfehler vor allem in der Mandibula liegt. Im vorigen Kapitel wurde jedoch dargelegt, daß die skelettale Beeinflussung der vertikalen Position der Mandibula kaum zu erreichen ist. Aus diesem Grund wird die Neigung der Maxilla beeinflusst und damit zumindest die vertikale Harmonie verbessert. Weiterhin ergibt sich eine günstige dentoalveoläre, bißöffnende Wirkung. Zusätzlich wird im Bereich der unteren Molaren freigeschliffen, um deren freie Extrusion nicht zu behindern und das bißöffnende Potential auszunutzen.

Nach 6 bis 15 Monaten wird der Fall dann erneut ausgewertet. Jetzt gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:

1. Die Kombination aus skelettaler und dentoalveolärer Wirkung des FKO-Gerätes hat ausgereicht, eine Angle-Klasse I einzustellen. Dann sind nur noch Feinkorrekturen der Okklusion im Rahmen einer relativ kurzen Phase mit festsitzenden Apparaturen notwendig. Ohne eine Behandlungsphase mit Multi-bracket-Apparatur wird dieser Patient nicht auskommen, da sonst die korrekte Achsenneigung der oberen Inzisivi (viel Torque erforderlich!) und eine gute vertikale Einstellung mit Nivellierung der

Spee'schen Kurve und Korrektur der Fächerform in der Front nicht erreicht werden können.

2. Die Kombination aus skelettaler und dentoalveolärer Wirkung des FKO-Gerätes haben nicht ausgereicht, eine saubere Angle-Klasse I Verzahnung zu erreichen. In diesem Fall wird es notwendig, zwei Prämolaren isoliert im Oberkiefer zu extrahieren und die Eckzähne in eine saubere Klasse I-Verzahnung zu bringen, während die ersten Molaren in Klasse II eingestellt werden. Aufgrund der Wirkung des FKO-Gerätes wird es in den meisten Fällen ausreichen, den Eckzahn um etwa $\frac{1}{2}$ Prämolarenbreite zu distalisieren, so daß ein reziproker Lückenschluß möglich ist.

Die ebenfalls denkbare Extraktion von vier Prämolaren hätte den Vorteil, daß auch die Molaren in Klasse I eingestellt werden könnten. Dagegen stehen aber eine Reihe von Nachteilen: der Behandlungsaufwand ist deutlich größer, und die Behandlung dauert länger. Da die Zahnstellungsanalyse ergeben hat, daß die untere Front nicht retrudiert zu werden braucht, müßten die Extraktionslücken im Unterkiefer vollständig von distal geschlossen werden, um einen ungünstigen, instabilen Interinzisalwinkel und eine ungünstige Beeinflussung des Lippenprofils zu vermeiden. Dadurch ergibt sich eine extrem schwierige Verankerungssituation, die vermutlich nur durch den Einsatz von extraoraler, frontaler Verankerung (Delaire-Maske) zu lösen wäre. Schließlich würde auch die vertikale Aufgabe der Bißöffnung wesentlich erschwert.

Auch die Retentionsphase im Anschluß an die Multibandbehandlung wird von der kephalometrischen Analyse beeinflusst. Aufgrund der tiefen und distalen basalen

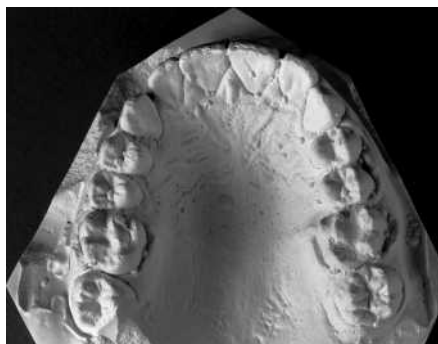


Abb. 169 Dentale Situation nach Protrusion der Inzisivi. Jetzt kann eine Behandlung mit FKO-Gerät erfolgen.

Tendenz ist eine leichte Vertiefung der dentalen Situation im Anschluß an die Behandlung nicht ganz auszuschließen. Die anteriore Rotation der Mandibula durch restliches Wachstum hat ebenfalls eine bißenkende Wirkung. Um entsprechend entgegenzuwirken, bietet sich im vorliegenden Fall die Verwendung eines Retentionsaktivators mit moderatem Konstruktionsbiß an, bei dem die Molaren und Prämolaren vertikal freigeschliffen sind.

3. Angle-Klasse I, erwachsener Patient

Der dritte Fall zeigt einen erwachsenen Patienten (Alter 25 Jahre). Der intraorale Befund (Abb. 171) ergibt die Vordiagnose Angle-Klasse I bei starkem Engstand in beiden Kiefern. Die kephalometrischen Unterlagen ergeben folgendes Bild:

Gesichtstyp

Es liegt ein disharmonischer, retrognathier Gesichtstyp vor. Die Disharmonie ergibt sich aus der zu anterioren Neigung der Maxilla; alle anderen Meßwerte passen recht gut zusammen.



Abb. 170 Patient H.K. vor der Behandlung. Alter 25 Jahre



Abb. 171 Intraoraler Anfangsbefund des Patienten H.K.



Abb. 172 Fernröntgenbild

Basale Relation

Die sagittale Relation der Kieferbasen ist mit einem ANB von 2.1° im mäßig retrognathen Gesicht noch neutral. Der Erwartungswert für diesen Gesichtstyp wäre 0.3°. Die vertikale Relation wird mit NI_{max} bezeichnet. Der Index mit 76% liegt gut im Normbereich. Während ML-NSL geringfügig größer ist als erwartet, weicht der

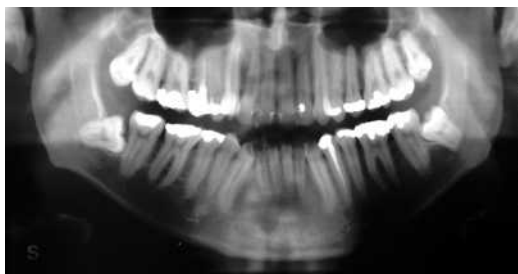


Abb. 173 Panoramaschichtaufnahme

Winkel NL-NSL deutlich von der Harmonielinie ab. Der daraus resultierende Interbasiswinkel ML-NL ist für dieses Gesicht deutlich zu groß. Da aber der Index neutral ist und der Neigungsfehler im Oberkiefer liegt, sollte sich der Fall kieferorthopädisch recht gut behandeln lassen, auch wenn die Gefahr einer ungewollten Bißöffnung bei der Behandlung beachtet werden muß.

Der große Interbasiswinkel würde für eine Extraktion sprechen, besonders wenn der Lückenschluß zumindest teilweise von distal erfolgen kann. Durch eine „umgekehrte Keilwirkung“ kann dann der Unterkiefer anterior rotieren, was den Interbasiswinkel verringert und den Biß absenkt.

Wachstum

Da es sich um einen erwachsenen Patienten handelt, wird es keine nennenswerten, wachstumsbedingten Veränderungen der skeletalen Morphologie geben. Eine eventuelle Rotation der Mandibula in anteriore Richtung infolge einer möglichen Extraktionstherapie ist in ihrem Ausmaß nicht so groß, daß sie Berücksichtigung finden muß.

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
-2	62	-	141	43	64	28
-	63	14	140	42	65	27
-	64	-	139	41	66	26
-	65	13	138	40	67	25
-	66	-	137	39	68	24
-	67	-	136	38	69	23
-1	68	12	135	37	70	22
-	69	-	134	36	71	21
-	70	-	133	35	72	20
-	71	11	132	34	73	19
-	72	-	131	33	74	18
0	73	-	130	32	75	17
0	74	10	129	31	76	16
-	75	-	128	30	77	15
-	76	9	127	29	78	14
1	77	-	126	28	79	13
-	78	-	125	27	80	12
-	79	8	124	26	81	11
-	80	-	123	25	82	10
-	81	-	122	24	83	9
-	82	7	121	23	84	8
-	83	-	120	22	85	7
-	84	6	119	21	86	6
-	85	-	118	20	87	5
-	86	-	117	19	88	4
-	87	5	116	18	89	3
-	88	-	115	17	90	2
3	89	-	114	16	91	1
-	90	-	113	15	92	0
-	91	-	112	14	93	-
-	92	4	111	13	94	-
4	93	-	110	12	95	-
-	94	-	109	11	96	-
-	95	3	108	10	97	-
-	96	-	107	9	98	-
5	97	-	106	8	99	-
-	98	2	105	7	100	-
-	99	-	104	6	101	-
-	100	-	103	5	102	-
-	101	1	102	4	103	-
-	102	-	101	3	104	-
6	103	0	100	2	105	-

Abb. 174 Harmoniebox

Tab. 9 Kephalometrische Meßwerte

	25 Jahre
SNA	76.8
SNB	74.7
ANB	2.1
SNPg	76.7
NSBa	136.4
Gn-tgo-Ar	121.2
ML-NSL	37.4
NL-NSL	5.0
ML-NL	32.4
H-Winkel	6.1
Nasolabialwinkel	114.1
⊥-T	138.0
⊥-NA	18.4
T-NB	21.5
⊥-NA _{mm}	4.2
T-NB _{mm}	4.3
PgNB _{mm}	4.6
N-Sp'	59.3
Sp'-Gn	78.1
Index	75.9

Dento-basale Relation

Hier stellt sich besonders die Frage, ob der vorhandene Engstand durch Expansion gelöst werden kann, oder ob es erforderlich sein wird, Zähne approximal zu beschleifen („Strippen“) oder zu extrahieren. Es besteht ein Platzmangel von etwa 10 mm. Da der Intereckzahnabstand nicht stabil verändert werden kann, wäre eine Protrusion von ca. 5 mm erforderlich, um das Engstandproblem im Unterkiefer zu lösen.

Durch Einsetzen der gemessenen Werte (ANB 2.1° und PgNB_{mm} 4.6 mm) in die Regressionsgleichung der Zahnstellungsanalyse oder in das entsprechende Nomogramm ergibt sich ein Wert von T-NB_{mm}=3.3 mm als anteriore Grenze für den unteren Zahnbogen. Da die Inzisivi vor der Behandlung bei 4.3 mm stehen, darf nicht protrudiert werden, es muß sogar

1 mm aufgerichtet werden, um innerhalb dieser anterioren Grenze zu bleiben. Zusätzlich zu den 10 mm Engstand ergibt sich damit ein Platzbedarf von 2 mm; insgesamt sind also 12 mm erforderlich. Dieser Platzbedarf kann nur durch Extraktion von Zähnen gedeckt werden. In diesem Fall können die ersten Prämolaren extrahiert werden, da sie dem Engstand am nächsten stehen und so die Summe der Zahnbewegungen möglichst klein gehalten wird. Die entstehenden Lücken von zusammen etwa 15 mm müssen fast vollständig von anterior geschlossen werden. Das erfordert eine gute Verankerung; ein reziproker Lückenschluß reicht in diesem Fall nicht. Andererseits ergibt sich aus dieser Tatsache, daß wir nicht die Mesialisierung von Molaren nutzen können, um den übergroßen Interbasiswinkel ML-NL zu kontrollieren bzw. eine Bißsenkung zu erreichen.

Der Interinzisalwinkel entspricht vor der Behandlung in etwa dem Erwartungswert von 137°. Es muß im Rahmen der Behandlung lediglich darauf geachtet werden, daß sich die Achsenneigung der Inzisivi nicht ungünstig verändert.

Weichteilprofil

Der Patient zeigt vor Behandlungsbeginn einen H-Winkel von 6.1° und einen Nasolabialwinkel von 114°. Für die vorliegende skelettale Morphologie ist ein H-Winkel von 6.6° zu erwarten; es besteht also sowohl beim H-Winkel als auch beim Nasolabialwinkel kaum eine Abweichung. Die Behandlung mit der Extraktion von vier Prämolaren läßt in diesem Fall eine merkliche Veränderung des Weichteilprofils nicht erwarten, da die Schneidekanten nur minimal bewegt werden (Retrusion von 1 mm). Die Extraktionslücken werden durch Auflösung des Engstandes geschlossen. Nur wenn nach Auflösung des Engstandes ein

Restlückenschluß von anterior durchgeführt würde, könnte es zu einer Abflachung des Lippenprofils kommen. In diesem Fall ergibt die Weichteilanalyse also keine Kontraindikationen für die geplante Extraktionsbehandlung.

Behandlungskonzept

Um maximale Verankerung der Molaren in beiden Kiefern zu gewährleisten, werden sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer Lingualbögen zementiert (Abb. 175). Als Lingualbogen bezeichnen wir in diesem Zusammenhang auch einen Palatinalbogen, der den Palatinalflächen der Oberkieferzähne anliegt. Nach Extraktion der Prämolaren (15, 24, 34, 44; 15 WF !) und Weisheitszähne werden die Eckzähne distalisiert und dann der Frontengstand aufgelöst. Dabei



Abb. 176 Fernröntgenbild nach Retention



Abb. 175 Lingualbögen in Ober- und Unterkiefer um Lückenschluß von mesial zu gewährleisten.

müssen jede Extrusion von Molaren und Prämolaren vermieden werden. Um die sagittale Einstellung –Beibehaltung der Angle-Klasse I– zu gewährleisten und eine vertikale Kontrolle auszuüben, trägt der Patient nachts ein Occipitalzug-Headgear. Die intrudierende Komponente der occipitalen Zugrichtung sorgt für eine Intrusion der oberen Molaren und wirkt damit bißsenkend.

Nach der Einstellung der Okklusion kann bei Patienten, die einen offenen Biß oder eine offene basale Konfiguration hatten, mit Vorteil ein individuell gefertigter Positioner als Retentionsgerät eingesetzt werden. Durch die Saugwirkung besonders auf die Frontzähne ergibt sich neben den Feinstkorrekturen der Zahnstellung ein gutes Halten der vertikalen Einstellung.

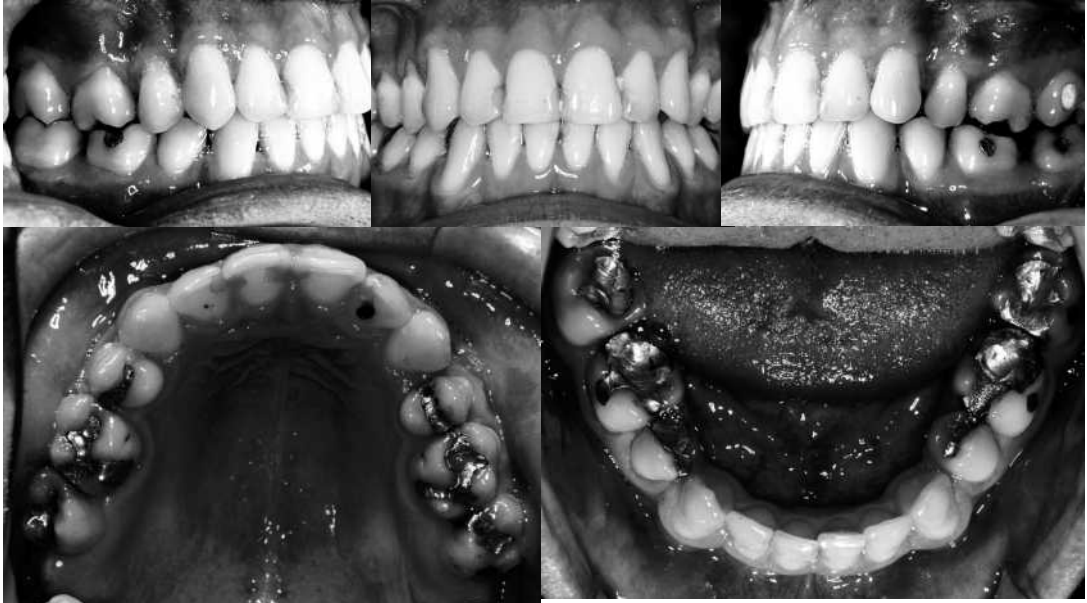


Abb. 177 Dentale Situation nach Retention

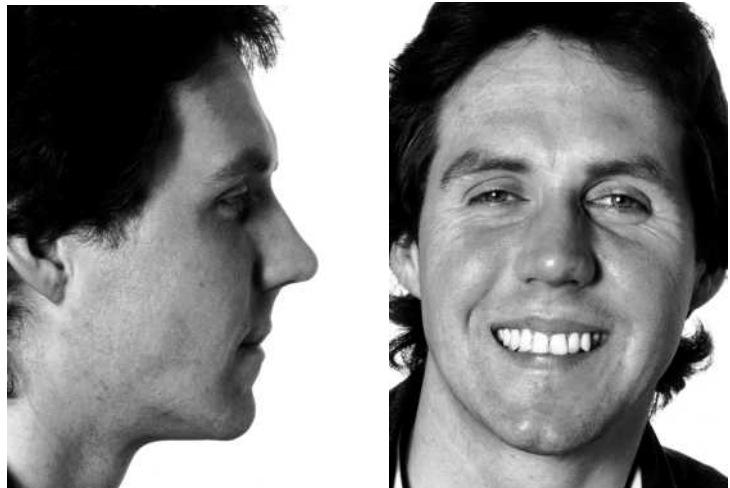


Abb. 178 Patient H.K. nach der Behandlung

4. Angle-Klasse III

Der letzte Fall zeigt wieder einen erwachsenen Patienten (Alter 23 Jahre), dem schon von extraoral eine mesiale Relation der Kiefer anzusehen ist (Abb. 181). Der intraorale Befund (Abb. 182) ergibt die Vordiagnose Angle-Klasse III mit mäßigem Engstand in beiden Kiefern. Die kephalometrischen Unterlagen ergeben folgendes Bild:

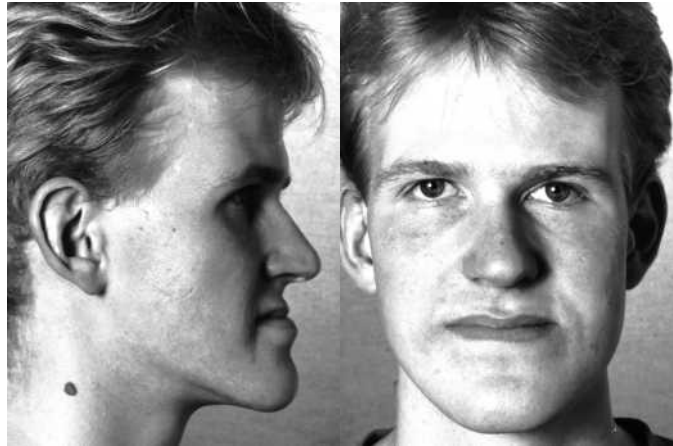


Abb. 181 Patient B.S. vor der Behandlung. Alter 23 Jahre.

Gesichtstyp

Die Harmoniebox zeigt, daß es sich um einen stark disharmonischen und deutlich prognathen Gesichtstyp handelt. Disharmonie besteht sowohl sagittal als auch vertikal. Auch die Neigungen der Einzelkiefer passen nicht zu den entsprechenden Prognathiegraden.

Obwohl der SNA-Winkel um 5° größer als der Bevölkerungsmittelwert ist, zeigt die Harmoniebox deutlich, daß der Patient eine Oberkieferrücklage in einem stark prognathen Gesichtstyp hat.



Abb. 182 Intraoraler Anfangsbefund des Patienten B.S.



Abb. 183 Fernröntgenseitenbild

Basale Relation

Bei einem ANB von -8.2° besteht eine stark mesiale sagittale Relation der Kieferbasen. Die große Diskrepanz ergibt sich aus der Kombination einer Oberkieferrücklage (SNA zu klein für den Gesichtstyp) mit einer starken Prognathie des Unterkiefers (SNB zu groß). Die sagittale skelettale Abweichung ist noch schwerwiegender wenn man den individuell optimalen ANB-Winkel für diesen Patienten betrachtet. Er ergibt sich aus der Harmoniebox in Abb. 185 und beträgt in diesem Fall $+4.4^\circ$. Die skelettale Gesamtabweichung beträgt damit -12.6° .

Vertikal liegt eine offene Konfiguration „O1“ vor. Der Index von 69.7% deutet auf eine deutlich vergrößerte Untergesichtshöhe hin, während der Interbasiswinkel ML-NL für den vorliegenden Gesichtstyp viel zu groß ist. Die Abweichung ergibt sich vor allem durch eine posteriore Neigung der Mandibula. Es handelt sich also um einen „O1_{mand}“-Fall.

Sowohl die sagittale als auch die vertikale Relation der Kieferbasen stellt jede für sich



Abb. 184 Panoramaschichtaufnahme

ANB	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
	62		141	43	64	28
	63			42	65	
-2	64	14	140	41	66	27
	65			40	67	
	66	13	139	39	68	26
	67			38	69	
-1	68		138	37	70	25
	69	12	137	36	71	
	70			35	72	
	71		136	34	73	24
	72	11		33	74	
	73		135	32	75	23
0	74			31	76	
	75	10	134	30	77	
	76			29	78	
	77	9	133	28	79	21
	78			27	80	
1	79		132	26	81	20
	80			25	82	19
	81	8	131	24	83	18
	82			23	84	17
	83		130	22	85	16
2	84	7		21	86	15
	85		129	20	87	14
	86	6		19	88	13
	87		128	18	89	12
3	88			17	90	
	89	5	127	16	91	
	90			15	92	
	91		126	14	93	
	92	4		13	94	
4	93		125	12	95	
	94			11	96	
	95	3	124	10	97	
	96			9	98	
	97		123	8	99	
5	98	2		7	100	
	99		122	6	101	
	100			5	102	
	101		121	4	103	
	102			3		
6	103	0		2		
			120	1		
				0		

Abb. 185 Harmoniebox

Tab. 10 Kephalemtrische Meßwerte

	20 Jahre
SNA	87.4
SNB	95.7
ANB	-8.2
SNPg	98.2
NSBa	119.8
Gn-tgo-Ar	125.0
ML-NSL	22.7
NL-NSL	0.7
ML-NL	22.0
H-Winkel	-5.1
Nasolabialwinkel	98.3
⊥-T	143.3
⊥-NA	29.7
T-NB	15.3
⊥-NA _{mm}	6.3
T-NB _{mm}	0.4
PgNB _{mm}	5.1
N-Sp'	50.1
Sp'-Gn	71.9
Index	69.7

schon eine unlösbare Aufgabe für den Kieferorthopäden dar. Die Kombination der beiden läßt die Entscheidung, den Patienten kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisch zu behandeln, unkompliziert erscheinen.

Wachstum

Der Patient ist ausgewachsen; allerdings wird die skelettale Morphologie durch den kieferchirurgischen Eingriff wesentlich verändert. Diese Änderungen müssen bei der kieferorthopädischen Planung berücksichtigt werden.

Weichteilprofil

Der H-Winkel beträgt vor Beginn der Behandlung -5.1° , der Nasolabialwinkel 98.3° . Es gibt in diesem Fall keinen Sinn, durch Anwendung der Regressions-

gleichung auf Seite 96 den individuell zu erwartenden H-Winkel auszurechnen. Ein H-Winkel von -5.1° ist absolut zu klein weil ästhetisch ungünstig. Aus dieser Tatsache ergibt sich eine weitere Indikation zur orthognathischen Chirurgie.

Das Weichteilprofil wird durch die chirurgischen Maßnahmen soviel stärker beeinflusst als durch die rein kieferorthopädischen, daß die Planung der Änderungen durch das Team aus Kieferorthopäden und Kieferchirurgen erfolgen soll. Entsprechende Grundlagen und Richtwerte sind in der Literatur beschrieben.

Dento-basale Relation

Die dento-basale Relation ist dagegen für den Kieferorthopäden in orthognathisch-chirurgischen Fällen von überragender Be-

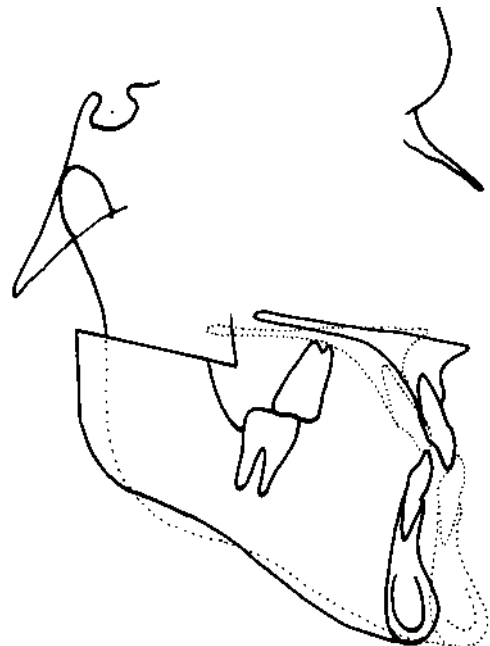


Abb. 186 Gemeinsame kieferorthopädisch-kieferchirurgische Planung des operativen Vorgehens (Prediction tracing)

deutung für das Vorgehen. Um die Zahnstellungsanalyse durchführen zu können, sind -wie bei den Patienten im Wachstum- die basalen, skelettalen Werte am Ende der Behandlung erforderlich. Diese Werte sind jedoch nur verfügbar, wenn die geplanten operativen Veränderungen bekannt sind. Es ist deshalb unerlässlich, das operative Vorgehen und das Ausmaß der Veränderung vor der Behandlung mit dem operierenden Kieferchirurgen zu planen und abzusprechen. Für den vorliegenden Fall wird das Behandlungskonzept in Abbildung 186 erstellt. Die in diesem „Prediction Tracing“ gemessenen skelettalen Werte werden dann als Grundlage für die kieferorthopädische Behandlungsplanung genommen.

Am Ende der Behandlung ist ein ANB-Winkel von 4.1° und ein Wert von 5.9 mm für $PgNB_{mm}$ geplant. Durch Einsetzen in die Zahnstellungsanalyse ergibt sich ein Sollwert für $T-NB_{mm}$ von 3.9 mm. Verglichen mit dem Ist-Wert von 0.4 mm ist

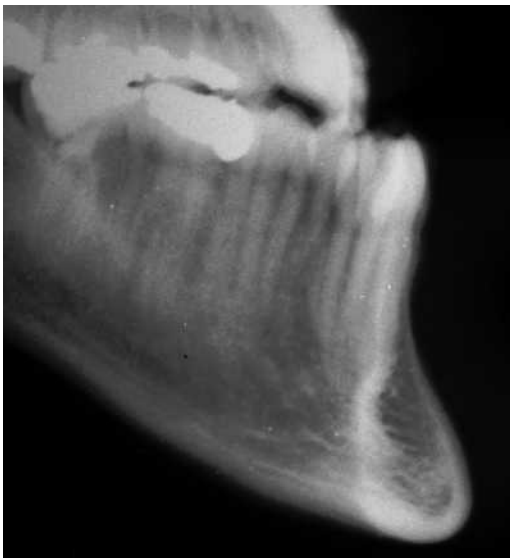


Abb. 187 Unterkiefer-Alveolarfortsatz: kaum Knochen vestibulär der Inzisivi-Wurzeln

also eine Protrusion von 3.5 mm erforderlich. Für den Oberkiefer ergibt sich nach der Gleichung auf Seite 93 ein Wert von 1.6 mm; es ist also eine Retrusion von 4.7 mm erforderlich. Die beschriebene Kombination aus Protrusion im Unterkiefer und Retrusion im Oberkiefer vergrößert die negative, sagittale Frontzahnstufe, verschlimmert also zunächst einmal die Anomalie. Dieses Dekompensation genannte Behandlungskonzept ist von großer Wichtigkeit für die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung von Anomalien. Die grundsätzlichen dento-basalen Behandlungsziele ergeben sich jedoch -wie bei jedem anderen kieferorthopädischen Fall- durch Anwendung der Zahnstellungsanalyse, auch wenn sie bisweilen zum Vorteil des Patienten in der gemeinsamen Planung modifiziert werden.

Behandlungskonzept

Für die Korrektur der sagittalen und vertikalen basalen Kieferfehlstellung ist ein operatives Vorgehen im Sinne eines bimaxillären Eingriffs notwendig. Die Notwendigkeit des bimaxillären Vorgehens mit sagittaler Spaltung des Unterkiefers und Osteotomie des Oberkiefers auf LeFort I-Ebene ergeben sich aus dem großen Ausmaß der sagittalen Abweichung und aus der offenen basalen Relation. Nachdem das skelettale Behandlungsziel bestimmt ist, kann das Konzept der perioperativen kieferorthopädischen Behandlung festgelegt werden. Dazu müssen präoperativ die Zahnbögen einander vor allem in der Breite angepaßt werden und die Achsenneigungen der Inzisivi entsprechend der dento-basalen Analyse eingestellt werden.

In diesem Fall müssen also im Oberkiefer Zähne extrahiert werden, um die Retrusion der Inzisivi und die Auflösung des Engstandes zu ermöglichen. Im Unterkiefer wird die Protrusion der Inzisivi genügend

Platz schaffen, um den frontalen Engstand aufzulösen. Der kieferorthopädische Behandlungsplan sieht also zur Vorbehandlung dieses Klasse III-Falls zunächst die isolierte Extraktion von 2 Prämolaren im Oberkiefer und die Einstellung der korrekten Frontzahnposition in Ober- und Unterkiefer vor.

Es ergibt sich für den Kieferorthopäden in diesem speziellen Fall jedoch ein Problem bei der Protrusion der unteren Inzisivi: wie in Abbildung 187 zu sehen, ist der Alveolarfortsatz im Bereich der Unterkieferfront extrem schmal, und es gibt fast keinen Knochen vestibulär der Wurzeln. Dieser Befund

erklärt auch die klinisch sichtbare Neigung zu Rezessionen. Aus diesen Gründen erscheint es ungünstig, das geforderte Maß an Protrusion durchzuführen. Alternativ wird von kieferorthopädischer Seite vorgeschlagen, einen unteren Frontzahn zu extrahieren und nur geringfügig zu protrudieren. Bei der erforderlichen, erneuten gemeinsamen Planung des Falls mit dem Kieferchirurgen ergibt sich ein modifiziertes operatives Konzept mit anderen Werten für die skelettalen Variablen. Damit muß auch die Zahnstellungsanalyse erneut durchgeführt werden. Dadurch wird deutlich, daß die kieferorthopädische (Vor-)Behandlung eines derartigen Falles ohne vorherige Festlegung des chirurgischen Behandlungskonzeptes nicht möglich ist.

Postoperativ muß dann die erreichte skelettale Situation retiniert werden. Dies geschieht durch gezielt angewendete intermaxilläre Gummizüge (Scheuer 1993) bis sich die orofazialen Weichteile an die neue Situation angepaßt haben. Die nachfolgende Feineinstellung und kieferorthopädische Retention unterscheiden sich wenig

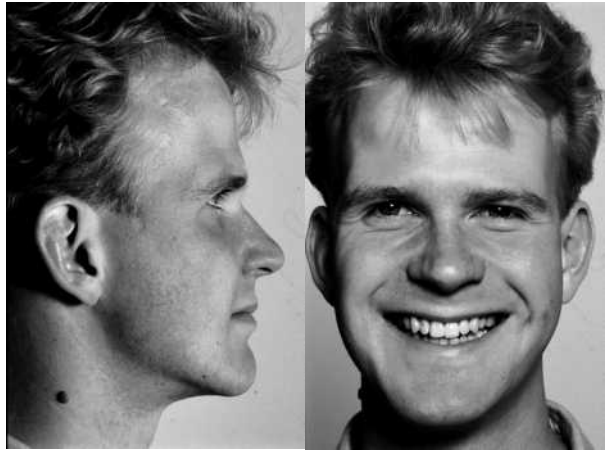


Abb. 189 Patient B.S. nach der Behandlung (Operation: Prof. W.-J. Höltje)

von einer konventionellen kieferorthopädischen Behandlung.



Abb. 188 Fernröntgenseitenbild zum Zeitpunkt der Nachkontrolle.



Abb. 190 Intraoraler Zustand bei der Nachkontrolle

H. Literatur

- Ari-Viro A, P J Wisth 1983 An evaluation of the method of structural growth prediction. *EurJOrthod* 5:199-207
- Baumrind S, E L Korn, E E West 1984 Prediction of mandibular rotation: An empirical test of clinical performance. *AmJOrthod* 86:371-385
- Björk A 1969 Prediction of mandibular growth rotation. *AmJOrthod* 55:585-599
- Björk A, V Skieller 1983 Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *EurJOrthod* 5:1-46
- Dahlberg G 1940 Statistical methods for medical and biological students. London: George Allen & Unwin Ltd.
- Forsberg C M, L Odenrick 1981 Skeletal and soft tissue response to activator treatment. *EurJOrthod* 3:247-253
- Groß A 1990 Prediction of the mesiodistal widths of unerupted canines and premolars by multiple regression analysis. *KieferorthopMittlg* 1:33-38
- Hägg U, J Taranger 1980 Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontologica Scandinavia* 38:179-186
- Hägg U, J Taranger 1980 Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontologica Scandinavia* 38:187-200
- Hasund A, G Ulstein 1970 The position of the incisors in relation to the lines NA and NB in different facial types. *AmJOrthod* 57:1-14
- Hasund A 1974 Klinische Kephalmetrie für die Bergen-Technik. Kieferorthopädische Abteilung des Zahnärztlichen Instituts der Universität Bergen, Norwegen
- Hasund A, O Boe 1980 Floating norms as guidance for the positioning of the lower incisors. *AngleOrthod* 50:165-168
- Hasund A, P Borbély, K Habersack 1993 Das Kephalo-Zet. Ein praktisches Hilfsmittel bei der kephalmetrischen Analyse. *KieferorthopMitteilg* 7:49-61
- Houston W J B 1983 The analysis of errors in orthodontic measurements. *AmJOrthod* 83:382-390
- Houston W J B, R T Lee 1985 Accuracy of different methods of radiographic superimposition on cranial base structures. *EurJOrthod* 7:127-135
- Ibe D 1991 Untersuchung Hamburger Patienten mit Idealokklusionen - Findung einer Norm. Dissertation Universität Hamburg
- Janson I, A Hasund 1981 Cephalometric guidance for the positioning of the lower incisors. *EurJOrthod* 3:237-240

- Johnston L E 1968 Statistical Evaluation of Cephalometric Prediction. *AngleOrthod* 38:284-304
- Lavergne J, N Gasson 1978 The influence of jaw rotation on the morphogenesis of malocclusion. *AmJOrthod* 73:658-666
- Lee R S, F J Daniel, M Swartz, S Baumrind, E L Korn 1987 Assessment of a method of prediction of mandibular rotation. *AmJOrthodDentofacOrthop* 91:395-402
- Ødegaard J 1970 The skeletal profile of norwegian children from age 4 to 10 years. A methodological and roentgen anatomical study of the sagittal growth of the human facial skeleton and cranial base from age 4 to 10 years. Thesis University of Bergen
- Ødegaard J 1970 Growth of the mandible studied with the aid of metal implants. *AmJOrthod* 57:145-157
- Scheuer H 1993 Die Verwendung intermaxillärer Gummizüge. *KieferorthopMittlg* 6:35-44
- Segner D 1989 Floating norms as a means to describe individual skeletal patterns. *EurJOrthod* 11:214-220
- Segner D, Scheuer H 1990 Systematic anterior-posterior cephalometric analysis as a basis for the treatment of transverse skeletal problems in clefts. *KieferorthopMittlg* 1:53-58
- Segner D 1990 Bestimmung der optimalen individuellen Position der Unterkieferfrontzähne. *Zahn-Mund-Kieferheilkd.* 78:603-609
- Segner D 1993 Stability of the craniofacial pattern during growth. Segner Verlag und Vertrieb, Hamburg
- Skieller V, A Björk, T Linde-Hansen 1984 Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *AmJOrthod* 86:359-370
- Solow B 1966 The pattern of craniofacial associations. A morphological and methodological correlation and factor analysis study on young adults. *ActoOdontScand Suppl.* 46
- Steiner C C 1953 Cephalometrics for you and me. *AmJOrthod* 39:729-755
- Teuscher U 1988 Quantitative Behandlungsergebnisse mit der Aktivator-Headgear-Kombination: Wachstum und Therapieeffekte. Hüthig-Verlag, Heidelberg
- Wingberg J 1984 Computerunterstützte Kephalemetrie nach der Bergen Technik. Dissertation Universität Hamburg
- Witt E, I Köran 1982 Untersuchung zur Validität der Computer-Wachstumsvorhersage. *FortschrKieferorthop* 43:139-159
- Vormelker F 1989 Vergleich verschiedener Referenzlinien zur Bestimmung der Position der Unterkieferinzisivi. Dissertation Universität Hamburg

I. Index

- II₁-Malokklusion 126
- II₂-Malokklusion 53, 133
- III-Malokklusion 144
- ⊥-T 63, 94
- ⊥-NAmm 37
- ⊥-NA° 35, 61
- T-NBmm 37
- T-NB° 35, 62
- 2 Prämolaren Extraktion 138
- A-Punkt 17
- Akzeptable Kompromisse 91
- ANB-Winkel 49, 92
- Angle 67
- Anode 8
- anteriore Schädelbasis 108
- anteriore Grenze 123
- Apposition 25
- Ar 22
- Artikulare 22
- Ästhetik 96
- Ästhetische Aspekte 121
- Ausgleichsmechanismus 50
- B-Punkt 20, 45
- Ba 16
- Basale Normen 84
- Basaler Trend 113
- Basion 16
- Baumrind 105
- Bias 43
- biologische Variation 69
- Björk 54, 105
- Canalis mandibularis 106
- Clivus 16, 57, 78
- Clivus-Linie 26
- Columella 24
- Columella-Tangente 27
- Columella-Tangentenpunkt 24
- Computerunterstützte Messung 39
- Cranio-facial association 69
- ctg 24
- Dahlberg 45
- Dekompensation 114, 147
- Dentale Normen 90
- Digitalisiertablett 40
- Digitizer 40
- Disharmonie 69, 77, 80
- Disharmonie, vertikale 81
- Divergenz 8
- Dokumentationspflicht 12
- Doppelkonturen 30
- DP₃u 102
- Dysfunktion 93
- Einstellung des Patienten 11
- Engstand 118, 123, 139
- Erwartungswert 70
- Extraktion 90, 114
- Fehlerkontrolle 42
- Filmhalterung 7
- Filmmaterial, 10
- FKO-Gerät 116
- Fließende Normen 91
- Fokus-Film-Abstand 9
- Foramen magnum 16
- Fossa articularis 57
- Frontzahnstellung 119
- Frontzahnstellungsanalyse 123
- Funktionskieferorthopädie 94, 110
- Geometrische Abbildungsfehler 8
- Gesichtshöhen 65
- Gesichtstyp 72, 89, 112
- Gn 21
- Gn-tgo-Ar 57
- Gnathion 21, 46
- Gonion-Tangentenpunkt 23

- Greisenhaftes Aussehen 121
- Grenzen der Behandelbarkeit 115
- Grenzen 89
- Groß 129
- H-Winkel 36, 59, 96
- Handwurzelaufnahme 100
- Hansagerät 131
- Harmonie 68, 69, 72, 112
- Harmonie, sagittale 78
- Harmonie, vertikale 78
- Harmoniebox 77
- Headgear 80, 94
- High angle case 80
- Holdaway 59, 96
- Holdaway-Differenz 92
- Holdaway-Linie 26
- Holdaway-Winkel 59
- Houston 45, 108
- lia 21
- lis 21
- Index 65
- Interbasiswinkel 56, 80
- Interinzisalwinkel 63, 94
- Inzision inferius 21
- Inzision superius 19
- Isa 19
- Iss 19
- Ist-Position 124
- Kieferorthopädisch-kieferchirurgische
Behandlung 114, 120
- Kieferwinkel 57, 106, 117
- Klasse I 139
- Klasse III 144
- Kompensationsmechanismen 89
- Kondylenform 106
- Kontrolle von Meßfehlern 42
- Kooperation 119
- Kopf-Kinn-Kappe 117
- Kopfhaltung 7
- Kopfhaltung 7
- Korrelationskoeffizient 70
- Langzeituntersuchung 110
- Leitende Variable 91
- Lingualbogen 142
- Lippenprofil 121
- Lippenrot 60, 121
- Mandibularlinie 25
- Maskierung 113
- Maxilla 73
- maximaler Fehler 44
- Menton 21
- Meßfehler 78
- Mittelgesicht 74
- Mittelgesichtshöhe 38
- Mittelwert 44, 67
- ML 25
- ML-NL-Winkel 80
- ML-NL-Winkel 56
- ML-NSL-Winkel 53, 80
- MP₃= 101
- MP₃cap 102
- MP₃u 103
- N 15
- „N“ 66
- N-Sp' 38
- NA-Linie 25
- Nasallinie 25
- Nasenboden 25
- Nasion 15
- Nasion-Sella-Linie 25
- Nasolabialwinkel. 60, 96, 121, 122
- Natürliche Kopfhaltung 7
- NB-Linie 26
- Neigung 73
- Neigung, Oberlippe 27
- NL 25
- NL-NSL-Winkel 55, 80
- Nomogramm 94

- Norderval 92
 Norm, individuelle 71, 89
 Norm 67
 Normalverteilungskurve 44
 NPg-Linie 26
 NSBa-Winkel 57, 77, 78
 NSL 25
 „O“ 66
 „O1“-Fälle 117
 Oberlippen-Tangente 27
 Oberlippenpunkt 24
 Ødegaard 105
 Ohroliven 7
 Opistognathie 50
 orthognathische Chirurgie 144
 Pg 20
 PgNBmm 37, 64, 92
 Phalange 100
 Platzproblematik 90
 Plotter 40
 Pm 18
 Pogonion 20
 Positioner 142
 PP₂= 100
 PP_{3u} 102
 prä-pubertaäres Minimum 98
 Prediction tracing 147
 Prognathiegrad 47, 73
 Prognose 109
 Prothetik 5
 Protrusionsplatte 137
 Pterygomaxillare 18
 pubertäres Maximum 98
 Punktwolke 45, 70
 r (Korrelationskoeffizient) 70
 Ramus-Linie 26
 Referenzkollektiv 67
 Referenzlinien 25
 Referenzpunkte 13
 Restfehler 42
 Restvarianz, 71
 Restwachstums 98
 Retention 118
 Retentionsaktivator 138
 Retentionsphase 98
 retrognath 89
 Retroposition 64, 79
 Röntgenaufnahmetechnik 7
 Röntgengedichte 10
 Rotation 104
 Ru 103
 S.E. 92
 S 14, 101
 Schädelbasiswinkel 57
 Schwarz, A.M. 5
 Segner 92
 sekundäre Geschlechtsmerkmale 99
 Sella 14
 Sesamoid 101
 Skieller 105
 SM 20
 Sn 24
 SNA-Winkel 47
 SNB-Winkel 48
 SNPg-Winkel 53
 Soll-Position 124
 Solow 69
 Sp 17
 Sp' 23
 Sp'-Gn 38
 Spina nasalis posterior 18
 Spina nasalis anterior 17
 SS 17
 Standardabweichung 44, 67
 Standardfehler der Schätzung 92
 Steckdosennase 60
 Steiner 91
 Streuung 43

Strippen 124
strukturelle Methode 105
Stupsnase 60
Subnasale 24
Subspinale 17
Supramentale 20
Systematischer Fehler 43
„T“ 66
Teuscher 119
tgo 23
Translation 104
Traumagefahr 128
Überlagerung 108
UI 24
Ullstein 92
Unabhängige Variable 91
Unschärfe 10
Unterbrechung der Behandlung 115, 118
Untergesicht 74
Untergesichtshöhe 38
Utility-Arch 137
Vergrößerung 8
Vergrößerungsfaktor 8, 92
Verstärkerfolie 10
Vormelker 92
Wachsbiß 12
Wachstum 94, 98, 118
Wachstumsintensität 98
Wachstumsrichtung 104
Weichteil-Normen 96
Weichteil-Pogonion 24
Weichteil-Referenzlinien 26
Weichteildicke 59, 96
Weichteilfilter 11
Weichteilprofil 121
Winkelmesser 33
WPg 24
Zahnarzt 5
Zahnbreiten 129
Zinksalbe 11
Zufälliger Fehler 43
Zuverlässigkeit 45
Zuverlässigkeitskoeffizient 45
Zwangsbiß 12

ISBN 3-9802709-3-9