



Franziska Zimmermann-Schildknecht, Kilian Troxler, Lukas Müller,  
Henning Scriba, Goran Markic, Marc Schätzle



# Röntgeneinsatz und Fernröntgen-Durchzeichnungsgenauigkeit von Schweizer Fachzahnärzten für Kieferorthopädie

**INDIZES** *Fernröntgenseitenbild, Fragebogen, Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, Referenzpunkte, Fernröntgenanalyse, Anweisungen, Messfehler*

**Ziel:** Mit der vorliegenden Arbeit wurden der Einsatz von Röntgengeräten und Durchzeichnungsgewohnheiten von Schweizer Fachzahnärzten für Kieferorthopädie sowie deren Genauigkeit in der Lokalisation von kephalometrischen Messpunkten untersucht.

**Material und Methoden:** An 163 Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie wurden ein Fragebogen und ein standardisiertes laterales Fernröntgen (FR)-Bild verschickt. Vorausgegangen war eine Randomisierung der Teilnehmer in zwei Gruppen. Die eine Gruppe erhielt eine genaue, schriftliche Instruktion für die Durchzeichnung der 26 für diese Studie geforderten Messpunkte, während die andere angewiesen wurde, die Punkte gemäß ihren Gewohnheiten zu bestimmen und entsprechend durchzuzeichnen. Die Signifikanz der Unterschiede zwischen den beiden unabhängigen Gruppen wurde mit dem Mann-Whitney-U-Test ausgewertet.

**Ergebnisse:** Von den 163 Fragebögen wurden 85 vollständig ausgefüllt und mit der FR-Durchzeichnung zurückgeschickt. Alle Teilnehmer hatten eine FR-Anlage in ihrer Praxis und 67 % der Befragten verwendeten diese bei all ihren Patienten. Die Messpunkte von größtem Interesse waren Sella, der A- und B-Punkt, Nasion sowie Spina nasalis anterior und posterior. Die Winkel mit der kleinsten Differenz zwischen den beiden Gruppen waren der ANB-Winkel und Nasion-Sella-Articulare. Die schriftliche Instruktion hatte keine signifikanten Auswirkungen auf die Genauigkeit der Durchzeichnungen, ausgedrückt als Interobserver Zuverlässigkeit, sowie auf die Messwerte der Winkel und Strecken.

**Diskussion:** Unabhängig vom universitären Ausbildungsort benutzen zwei Drittel der an der Studie teilnehmenden Fachzahnärzte für Kieferorthopädie routinemäßig ein FR bei all ihren Patienten, um das skelettale Muster abschätzen und die Behandlung planen zu können. Bei den verwendeten, standardisierten lateralen FR waren die Unterschiede in der Durchzeichnung der meisten vorgegebenen Punkte bei den Teilnehmern klein. Auch ergab die genaue schriftliche Instruktion keine signifikant reduzierte Standardabweichung bezüglich der untersuchten Messungen.

**Franziska Zimmermann-Schildknecht**  
Dr. med. dent.

**Kilian Troxler**

**Lukas Müller**  
Dr. med. dent.

**Henning Scriba**  
Dr. sc. nat. dipl. Phys. ETH

**Goran Markic**  
Dr. med. dent.

**Marc Schätzle**  
Priv.-Doz. Dr. med. dent.  
et Odont. Dr.  
Klinik für Kieferorthopädie  
und Kinderzahnmedizin  
Zentrum für Zahnmedizin  
Plattenstr. 11  
8032 Zürich  
E-Mail:  
marc.schaetzle@zsm.uzh.ch

## ■ Einleitung

Seit der Einführung der Kephalometrie durch Broadbent<sup>1</sup> und Hofrath<sup>2</sup>, ist diese ein wichtiges Hilfsmittel für Fachzahnärzte für Kieferorthopädie geworden, um dentale Malokklusionen zu untersuchen und

skelettale Abweichungen zu unterstreichen.<sup>3-6</sup> Die Anwendungen für die kephalometrische Analyse umfassen kieferorthopädische Diagnostik, Behandlungsplanung, Einschätzung des Behandlungserfolges und Wachstumsvorhersagen.<sup>7</sup> Bei der manuellen Analyse werden Punkte aus dem Fernröntgen (FR)-

**Manuskript**  
Eingang:  
05.04.2011  
Annahme:  
26.04.2011

Bild auf Azetatfolien durchgezeichnet und dann zur Bestimmung relevanter linearer und angulärer Parameter verwendet. Dieses Vorgehen ist zeitaufwendig und die linearen sowie angulären kephalometrischen Messungen, welche von Hand durch Gebrauch von Lineal und Winkelmesser gemacht werden, können fehlerhaft sein. In den vergangenen Jahren haben schnelle Fortschritte in der Computerwissenschaft zu verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten des Computers in der Kephalmetrie geführt.<sup>8</sup>

Bei der Anwendung von Computer-Programmen zur kephalometrischen Auswertung von Punkten auf dem FR, müssen diese zuerst digitalisiert werden. Computerisierte Kephalmetrie und Digitalisierungsverfahren von Fernröntgenbildern führten jedoch im Vergleich zu konventionellen Filmen nicht zu einer Steigerung der Reproduzierbarkeit der Punkte.<sup>9</sup> Daher stellen Ungenauigkeiten bei der Identifizierung der Punkte auf dem Fernröntgenbild nach wie vor die größte Fehlerquelle in der Kephalmetrie dar.<sup>4,10,11</sup> Dieser Fehler ist für jeden Punkt spezifisch und hängt von der Erfahrung und Übung der Betrachter ab.<sup>12</sup> Folglich kann auch die Reproduzierbarkeit von Fernröntgenanalysen dadurch beeinträchtigt sein. Die Präzision und Reproduzierbarkeit der Bestimmung

dieser Punkte ist in der Schweiz von besonderer Bedeutung, da hier radiologische Messungen über die Zulassung von Patienten zur Behandlung in öffentlichen kieferorthopädischen Behandlungszentren mitentscheiden. Behandlungskosten werden durch den Staat (Eidgenössische Invalidenversicherung) oder Dritte gedeckt, falls bestimmte kephalometrische und dentale Kriterien erfüllt sind (Tab. 1). Somit ist eine möglichst genaue Definition von Referenzpunkten und der Analysemethoden erforderlich. Bis jetzt gibt es keine Studie, die die Genauigkeit der Punktebestimmung auf dem Fernröntgenbild und die Durchzeichnungsgewohnheiten von Fachzahnärzten für Kieferorthopädie unter diesem spezifischen Gesichtspunkt beurteilt.

Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, wie Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, welche an einer der vier schweizerischen Universitätskliniken für Kieferorthopädie ausgebildet worden waren, ihre Röntgengeräte einsetzen. Außerdem wurde untersucht, wie hoch die Reproduzierbarkeit von bestimmten Messpunkten auf einem standardisierten lateralen Fernröntgen ist und was für kephalometrische Durchzeichnungsgewohnheiten die Studienteilnehmer zeigen.

**Tab. 1** Auszug aus der Liste der Geburtsgebrechen mit Erläuterungen (Schweiz).

Paragraph/ Gebrechen	Verordnung über Geburtsgebrechen vom 9.12.1985
208: Micrognathia inferior congenita	Wenn die kephalometrische Beurteilung nach Durchbruch der bleibenden Inzisiven eine Diskrepanz der sagittalen Kieferbasenrelation mit einem Winkel ANB von mindestens 9 Grad (beziehungsweise von mindestens 7 Grad bei Kombination mit einem Kieferbasenwinkel von mindestens 37 Grad) ergibt.
209: Mordex apertus resp. Mordex clausus congenitus	Sofern ein vertikal offener Biss nach Durchbruch der bleibenden Inzisiven besteht und die kephalometrische Beurteilung einen Kieferbasenwinkel von 40 Grad und mehr (beziehungsweise von mindestens 37 Grad bei Kombination mit einem Winkel ANB von mindestens 7 Grad) ergibt. Mordex clausus congenitus, sofern ein Tiefbiss nach Durchbruch der bleibenden Inzisiven besteht und die kephalometrische Beurteilung einen Kieferbasenwinkel von 12 Grad und weniger (beziehungsweise von 15 Grad und weniger bei Kombination mit einem Winkel ANB von mindestens 7 Grad) ergibt.
210: Prognathia inferior congenita	Sofern die kephalometrische Beurteilung nach Durchbruch der bleibenden Inzisiven eine Diskrepanz der sagittalen Kieferbasenrelation mit einem Winkel ANB von mindestens -1 Grad ergibt und sich mindestens zwei Antagonistenpaare der zweiten Dentition in frontaler Kopf- oder Kreuzbissrelation befinden oder sofern eine Diskrepanz von +1 Grad und weniger bei Kombination mit einem Kieferbasenwinkel von mindestens 37 Grad und mehr respektive von 15 Grad und weniger vorliegt.



Zu diesem Zweck wurde zufällig ausgewählten Schweizer Fachzahnärzten für Kieferorthopädie ein standardisiertes seitliches FR, mit oder ohne schriftliche Instruktion zur Identifizierung der Messpunkte zugestellt. Zusätzlich erhielten die Teilnehmer einen Fragebogen zur Röntgenausrüstung und ihren Röntgengewohnheiten.

## ■ Material und Methoden

Die Untersuchung basierte auf einem Fragebogen (Tab. 2), der an alle Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie geschickt wurde, welche ihre Ausbildung in Kieferorthopädie an einer der vier Zahnkliniken der Schweizer Universitäten (Basel, Bern, Genf, Zürich) abgeschlossen haben und die als Fachzahnärzte mit schweizerischem Weiterbildungstitel anerkannt sind ( $n = 163$ ). Der Fragebogen wurde unterteilt in

1. demografische Charakteristiken der Spezialisten,
2. klinische Ausbildung,
3. röntgenologische Ausrüstung sowie Anwendungsweise und
4. die Durchzeichnungsmethode der lateralen Fernröntgen und deren Auswertung.

Das Studienprotokoll wurde im Vorfeld von der lokalen Ethikkommission, Kanton Zürich, Schweiz, genehmigt. Die Patientin, deren laterales FR zufällig ausgesucht wurde, gab ihr schriftliches Einverständnis zur Studie. Das laterale FR wurde anonymisiert, mit einem Epson Expression 1680 Pro Scanner (300 dpi, Meerbusch) eingescannt, im 3pix1000 dicom Format (Abb. 1) durch die Jordi Röntgentechnik AG, Münchenstein, Schweiz, ausgedruckt und an zwei randomisierte Gruppen von Fachzahnärzten für Kieferorthopädie geschickt. Nur eine Gruppe erhielt eine genaue Anleitung zur Identifikation der Referenzpunkte im Fernröntgen (Tab. 3).

Die Gruppe ohne Instruktion wurde gebeten 26 gebräuchliche Punkte auf dem Fernröntgen und drei Referenzpunkte (P1, P2, P3) auf einer transparenten Folie, welche mitgeschickt wurde, durchzuzeichnen (Abb. 2). Die zweite, instruierte Gruppe wurde gebeten, dieselben 26 Punkte und drei Referenzpunkte gemäß ihrer schriftlichen Instruktion (Tab. 3) möglichst genau einzuzeichnen.

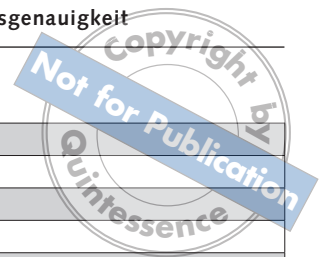
Vor Beginn der Untersuchung wurden die beiden Gruppen bezüglich Alter, Geschlecht, Abschlussjahr der Spezialisierung und beruflicher Erfahrung verglichen. Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

Für die Auswertung der Durchzeichnungen wurden alle Punkte eingangs und abschließend mit den drei Referenzpunkten P1, P2 und P3 digitalisiert (Numonics-Digitizer, Montgomeryville, Pennsylvania/USA). Anhand dieser drei Referenzpunkte wurde ein x-y-Koordinatensystem erstellt, in das alle Punkte vom Fernröntgen eingezeichnet wurden. So konnten alle Punkte auf der transparenten Folie unter Verwendung von x-y-Koordinaten beschrieben werden. Die Daten wurden von einem einzigen Untersucher digitalisiert, um zusätzliche statistische Fehler in diesem Vorgang zu vermeiden, welche bei mehreren Untersuchern entstehen könnten. Für jeden Fernröntgenpunkt wurden die Unterschiede in der Lokalisierung zwischen den beiden Gruppen unter Verwendung der x-y-Koordinaten untersucht. Dabei wurden die x- und y-Koordinaten aller Punkte analysiert, um Abweichungen der Durchzeichnung in horizontaler oder vertikaler Richtung festzustellen. Weiter wurde, ausgehend von den Durchzeichnungen der Gruppe mit Instruktion, für jeden der 26 Fernröntgenpunkte der Mittelwert ermittelt, was als Referenz verwendet wurde, um festzustellen, ob die schriftliche Instruktion zu einer größeren Durchzeichnungsgenauigkeit führte. Die Standardabweichung, gemessen in Millimetern, welche bei den beiden Gruppen erhoben wurde, wurde als „intergroup Fehler“ definiert und als Variable verwendet, um die Zuverlässigkeit für jeden Punkt zu definieren. Daraus folgend kann die Zuverlässigkeit der Punktebestimmung auf dem Fernröntgen beider Gruppen (mit oder ohne Instruktion) miteinander verglichen werden.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Windows XP-Excel Statistical Package (Microsoft; Redmont, Washington/USA). Um die Signifikanz der Unterschiede zwischen den beiden unabhängigen Gruppen zu bestimmen, wurde das Statistical Package for the Social Sciences Version 15 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) verwendet. Die Signifikanz wurde bei 5 % angesetzt.

**Tab. 2** Fragebogen zum Röntgeneinsatz und zur FR-Durchzeichnungsgenauigkeit.

Frage	Antwortmöglichkeiten
Alter	
Geschlecht	
Staatsexamen	Jahr Universität
Erlangung des Facharztes in der Kieferorthopädie	Jahr Universität
Haben Sie ein Fernröntgengerät in Ihrer Praxis?	Wenn ja, wieviele Fernröntgenbilder werden pro Woche in Ihrer Praxis hergestellt?
Wie alt ist Ihr Fernröntgengerät?	
Wer macht bei Ihnen in der Praxis die Fernröntgenbilder?	Zahnarzt Dentalhygienikerin Dentalassistentin andere
Haben Sie ein digitales Röntgengerät in Ihrer Praxis?	
Stellen Sie von jedem Patienten ein Fernröntgenbild her?	
Haben Sie ein OPT in Ihrer Praxis?	
Stellen Sie von jedem Patienten ein OPT her?	
Halten Sie sich bei der Durchzeichnung der Fernröntgenbilder immer an die Richtlinien der IV (Versicherung)?	
Wie beurteilen Sie die Qualität des durchgezeichneten Fernröntgenbildes?	sehr gut gut befriedigend schlecht sehr schlecht
Welche der Referenzpunkte verwenden Sie für Ihre FR-Analyse?	Orbitale Or Sella S Porion Po Articulare Ar Gonion Go Menton Me Gnathion Gn Pogonion Pg B-Punkt B Unterer Apex LIA Soft Menton sMe Soft Pogonion sPg Labrale inferius LI Stomion St Labrale superius LS Nasale Prn Soft Nasion sN Nasion N Spina nasalis anterior ANS A-Punkt A Spina nasalis posterior PNS Oberer Apex UIA Inzisale superius is Inzisale inferius ii Occlusale 1 Occ1 Occlusale 2 Occ2 andere





Tab. 2 (Fortsetzung)  
Fragebogen zum  
Röntgeneinsatz und zur  
FR-Durchzeichnungsgenauigkeit.

Frage	Antwortmöglichkeiten
Welche Winkel verwenden Sie für Ihre FR-Analyse?	S-N/ Frankfurter Horizontale (Or-Po)
	SNA
	SNB
	ANB
	FH/ N-Pg
	SN/ ANS-PNs
	ANS-PNS/ Me-Go
	NS/ Gn (y-Achse)
	NS/ Ar
	Me-Go/ Ar
	NS/ Ar
	Me-Go/ Ar
	FH/ ME-Go
	FH/ Okklusalebene (Occ1-Occ2)
	+1 (is-UIA/ FH)
	+1 (is-UIA)/ ANS-PNS
	-1 (ii-LIA)/ FH
	-1 (ii-LIA)/ Me-Go
	+1 (is-UIA)/ -1 (ii-LIA)
	sN-sPg/ FH
andere	
Welche Geraden verwenden Sie in der FR-Analyse?	WITS-Wert
	A-NPg
	S-N
	Go-Pg
	PNS-A
	S-Go
	N-M
	+1-NA
	-1-NB
	Pg-NB
	Holdaway Differenz
	LS-E-Linie
	LI-E-Linie
	Ns-sM
	St-sMe
	andere

## ■ Methodische Fehler

Auf dem Fernröntgenbild wurden drei Referenzpunkte digital markiert, welche oben links (P1), unten links (P2) und unten rechts (P3) in den Ecken des Röntgenbildes platziert wurden (Abb. 1 und 2). Diese drei Punkte wurden je dreimal digitalisiert: zu Beginn, nach ungefähr der Hälfte der Messpunkterfassung und am Ende des Digitalisierungsprozesses jeder Durchzeichnungsfolie.

Die mittlere Standardabweichung für diese drei Referenzpunkte variierte zwischen 0,05 mm und 0,5 mm. Der größte Fehler wurde für die x-Komponente von

P1, respektive die y-Komponente von P3 gefunden. Der P3-Punkt war dabei im Allgemeinen am schwierigsten zu erfassen. Die Resultate der Gruppe ohne Instruktion zeigten leicht geringere Standardabweichungen. Im Schnitt wurde eine Standardabweichung von 0,19 mm (Gruppe mit Instruktionen) und 0,17 mm (Gruppe ohne Instruktionen) berechnet. Wenn eine digitale Aufnahme-genauigkeit von 0,1 mm als wünschenswert betrachtet wird<sup>13</sup>, kann der statistische Fehler von weniger als 0,2 mm bei der Digitalisierung für die präzise Lokalisierung der Fernröntgenpunkte und der daraus folgenden Messungen von Winkeln und Strecken in Relation

**Tab. 3** Skelettale Referenzpunkte und Weichteilpunkte/Ferröntgenpunkte.

Punkt	Begriff	Definition
Or	Orbitale	Tiefster Punkt der unteren Kontur der Orbita, bei Doppelkonturen wird die Resultante verwendet. <sup>20</sup>
S	Sella	Zentrum sella turcica, die Mitte der sella turcica wird arbiträr bestimmt. <sup>39</sup>
Po	Porion	höchster Punkt der oberen Kontur des äußeren knöchernen Gehörganges <sup>40</sup>
Ar	Articulare	röntgenologischer Schnittpunkt des dorsalen Randes des processus articularis mandibulae mit dem os temporale/occipitale <sup>20</sup>
Go	Gonion	tiefster und dorsalster Punkt am Kieferwinkel, Schnittpunkt der Winkelhalbierenden des Winkels, gebildet von den Tangenten an die dorsale Kontur des ramus mandibulae durch Articulare und an den Unterrand des corpus mandibulae durch Menton <sup>41</sup>
Me	Menton	Punkt, der beim Verschieben einer Linie parallel zu FH als erstes den Unterrand der Symphyse berührt. <sup>41</sup>
Gn	Gnathion	Schnittpunkt der Mittelsenkrechten der Strecke Pogonion-Menton mit der ventralen Kontur des Kinns <sup>41</sup>
Pg	Pogonion	Punkt, der beim Verschieben einer Linie parallel zu FH als erstes das Kinn/ventrale Symphysekontur berührt. <sup>41</sup>
B	Punkt B	Punkt an der tiefsten Einziehung der ventralen Symphysekontur zwischen Infradentale und Pogonion <sup>42</sup>
LIA	Unterer Apex	Apex des am weitesten anterior liegenden unteren Inzisiven <sup>43</sup>
N	Nasion	vorderster Punkt der Sutura zwischen Os frontale und Os nasale <sup>42</sup>
ANS	Spina nasalis anterior	anteriorster Punkt des Nasenbodens; Spitze der Prämaxilla in der „midsagittalen“ Ebene <sup>44</sup>
A	Punkt A	Punkt an der tiefsten Einziehung am Oberkieferalveolarfortsatz zwischen Spina nasalis anterior und Prosthion <sup>42</sup>
PNS	Spina nasalis posterior	dorsalster Punkt des knöchernen Gaumens <sup>45</sup>
UIA	Oberer Apex	Apex des oberen zentralen Schneidezahns, falls das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen ist, wird die Mitte des offenen Apex markiert. <sup>43</sup>
Is	Inzisale superius	Inzisalpunkt des am weitesten anterior liegenden oberen zentralen Inzisiven <sup>20</sup>
Ii	Inzisale inferius	Inzisalpunkt des am weitesten anterior liegenden unteren zentralen Inzisiven <sup>46</sup>
UM1	Molar 6+6 mes	mesialster Punkt der oberen ersten Molaren*
UM2	Molar 6+6 dist	distalster Punkt der oberen ersten Molaren*
LM1	Molar 6-6 mes	mesialster Punkt der unteren ersten Molaren*
LM2	Molar 6-6 dist	distalster Punkt der unteren ersten Molaren*
Occ1		Mitte der flächenhaften Überlappung der Eckzähne oder ersten Prämolaren von Ober- und Unterkiefer*
Occ2		Schnittpunkt der Linie UM1-LM2 mit UM2-LM1*
St	Stomion	vorderster Berührungspunkt von Ober- und Unterlippe bei geschlossenen Lippen <sup>47</sup>
Prn	Pronasale	prominentester Punkt der Nase, Tangentialpunkt zur E-Linie*
sPg	Soft-Pogonion	prominentester Punkt des Weichteilkinns, Tangentialpunkt zur E-Linie*
sN	Soft-Nasion	tiefster Punkt der Profilinie am Übergang Stirn zu Nasenrücken, Tangentialpunkt zur FH-Senkrechten*
sMe	Soft-Menton	tiefster Punkt des Weichteilkinns, Schnittpunkt mit der FH-Senkrechten durch Menton mit dem Weichteilprofil*
LS	Labiale Superius	prominentester Punkt der Oberlippe mit dem kleinsten Abstand zur E-Linie*
LI	Labiale Inferius	prominentester Punkt der Unterlippe mit dem kleinsten Abstand zur E-Linie*

\* Universität Zürich



Abb. 1 Zur Durchzeichnung verschicktes, standardisiertes laterales Fernröntgenbild.



Abb. 2 Laterales Fernröntgenbild mit den 26 zu durchzeichnenden kephalometrischen Mess- und drei Referenzpunkten.

Tab. 4 Charakteristiken der befragten Fachzahnärzte für Kieferorthopädie unterteilt in die vier ausbildenden Universitäten.

	Universität Basel	Universität Bern	Universität Genf	Universität Zürich	Total
Anzahl der Teilnehmer	5	18	12	50	85
Alter (Jahre)	52,8 ± 4,3	55,1 ± 8,0	55,4 ± 6,0	52,7 ± 10,4	53,6 ± 9,3
Anzahl Jahre nach Facharzttitel	16,2 ± 5,8	20,6 ± 8,5	20,8 ± 7,3	19,4 ± 11,3	19,5 ± 10,0
Fernröntgenausrüstung	5	18	12	50	85
Alter	13,0 ± 7,0	12,9 ± 6,7	12,1 ± 7,0	13,0 ± 8,2	12,9 ± 7,6
Digitales Röntgen	0	2	3	4	9
Fernröntgenanalyse gemäß IV (Versicherung)	5	18	12	50	85
Fernröntgen bei jedem Patienten	4 (80 %)	12 (67 %)	7 (58 %)	34 (68 %)	57 (67 %)
Anzahl Fernröntgen pro Woche	10,6 ± 4,2	9,2 ± 6,1	9,3 ± 3,1	8,1 ± 3,6	8,7 ± 4,2
OPT-Einheit	5	18	12	49	84
OPT bei allen Patienten	5 (100 %)	16 (89 %)	10 (83 %)	40 (80 %)	71 (84 %)
Wer macht das Fernröntgen? Mehrere Antworten sind möglich.					
Zahnarzt	1	11	2	19	33
Dentalassistentin	4	12	10	45	71
Prophylaxeassistentin	1	2	1	5	9
Dentalhygienikerin	0	4	5	6	15

zur Standardabweichung der Punkte, Winkel und Strecken, welche in dieser Studie beurteilt wurden, als vernachlässigbar bis minimal betrachtet werden. Aufgrund der langen Distanzen zwischen den Punkten, welche für die Berechnung der untersuchten Winkel und Strecken verwendet wurden, wurden die absoluten Werte zudem kaum beeinflusst.

## ■ Ergebnisse

Von 163 kontaktierten Schweizer Fachzahnärzten für Kieferorthopädie schickten 88 (54 %) den Fragebogen und die Durchzeichnung des zur Verfügung gestellten standardisierten lateralen Fernröntgens zurück. Drei wurden aufgrund eines fehlenden oder unvollständigen

**Tab. 5** Standardabweichung auf x- und y-Achse für alle untersuchten Ferröntgenpunkte.

Punkt	Abkürzung	ohne Instruktion		mit Instruktion	
		x-Achse (mm)	y-Achse (mm)	x-Achse (mm)	y-Achse (mm)
Orbitale	O	1,36	1,14	1,84	1,27
Sella	S	0,51	0,56	0,59	0,44
Porion	Po	1,27	1,72	1,40	1,96
Articulare	Ar	0,75	0,37	1,11	0,35
Gonion	Go	0,49	0,90	0,76	0,88
Menton	Me	0,96	1,05	1,05	1,04
Gnathion	Gn	1,38	0,45	1,36	0,53
Pogonion	Pg	1,60	1,27	1,54	1,43
B-Punkt	B	1,53	1,74	0,84	0,70
unterer Apex	LIA	1,58	0,80	2,21	0,84
Soft-Menton	sMe	2,89	1,06	1,84	0,79
Soft-Pogonion	sPg	2,39	1,63	2,49	1,55
Labiale inferius	LI	0,52	0,65	0,46	0,63
Stomion	St	0,66	0,77	0,67	0,80
Labiale superius	LS	1,00	1,24	0,94	0,92
Pronasale	Prn	2,45	2,02	1,44	1,14
Soft-Nasion	sN	3,09	6,15	1,18	2,90
Nasion	N	0,49	0,47	0,53	0,54
Spina nasalis anterior	ANS	0,92	0,53	0,91	0,52
A-Punkt	A	0,55	0,98	0,64	1,02
Spina nasalis posterior	PNS	1,29	0,71	1,22	0,55
oberer Apex	UIA	0,75	1,23	1,05	1,74
Inzisale superius	Is	0,73	0,50	0,58	0,50
Inzisale inferius	Ii	0,76	0,89	0,68	0,84
Occlusale 1	Occ1	2,84	1,87	2,25	1,49
Occlusale 2	Occ2	0,61	0,47	1,27	0,69

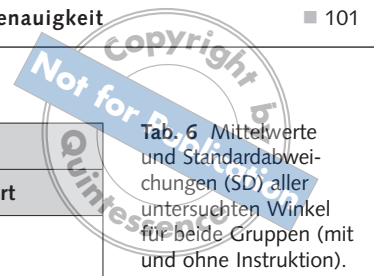
gen Fragebogens ausgeschlossen. Insgesamt konnten somit 85 (52,1 %) der Fragebögen ausgewertet werden. Von der Gruppe mit Instruktionen gab es 40 Antworten, während von der Gruppe ohne Instruktionen 45 die entsprechenden Unterlagen zurückschickten.

### ■ Charakteristiken der Studienteilnehmer

Das Durchschnittsalter der an dieser Studie teilnehmenden Fachzahnärzte betrug  $53,6 \pm 9,3$  Jahre

(35–74 Jahre). Im Mittel hatten sie ihre Fachzahnarzt Ausbildung vor  $19,5 \pm 10$  Jahren (3–38 Jahre) abgeschlossen, womit die Befragten als erfahrene Kliniker eingestuft werden können. Alle Fachzahnärzte für Kieferorthopädie waren im Besitz eines Ferröntgengeräts, wobei 9 (10,6 %) ein digitales Gerät verwendeten. 57 Fachzahnärzte für Kieferorthopädie (67,1 %) verordneten bei all ihren Patienten ein seitliches Ferröntgenbild. Im Durchschnitt wurden  $8,7 \pm 4,2$  seitliche Ferröntgenbilder pro Woche gemacht.





Tab. 6 Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) aller untersuchten Winkel für beide Gruppen (mit und ohne Instruktion).

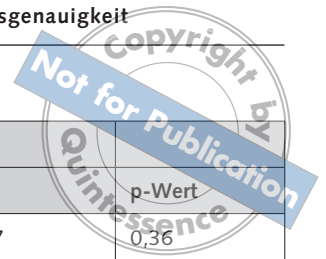
Winkel	ohne Instruktion		mit Instruktion		p-Wert
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
S-N/ (Or-Po) Frankfurter Horizontale (FH)	13,13	1,89	13,27	2,03	0,99
SNA	78,23	0,68	78,36	0,63	0,51
SNB	70,52	0,63	70,60	0,54	0,47
ANB	7,72	0,46	7,76	0,33	0,86
FH/ N-Pg	82,21	1,86	82,01	2,61	0,99
SN/ ANS-PNS	9,09	0,84	9,01	0,90	0,94
ANS-PNS/ Me-Go	40,44	0,81	40,28	0,96	0,67
SN/ Me-Go	49,52	0,88	49,29	0,82	0,31
NS/ Gn (y-Achse)	75,94	0,85	75,99	0,95	0,80
Me-Go/ Ar	130,85	1,48	131,02	2,13	0,20
NS/ Ar	121,53	1,68	121,50	2,11	0,54
FH/ ME-Go	36,43	1,91	36,31	2,52	0,58
FH/ Occlusale (Occ1-Occ2)	15,17	3,15	15,77	2,18	0,69
+1 (is-UIA)/ FH	107,96	8,20	108,74	8,83	0,64
+1 (is-UIA)/ ANS-PNS	101,67	2,97	102,19	2,32	0,26
-1 (ii-LIA)/ FH	56,56	6,17	56,55	7,59	0,67
-1 (ii-LIA)/ Me-Go	88,39	2,63	88,96	3,15	0,26
+1 (is-UIA)/ -1 (ii-LIA)	129,54	4,24	128,58	3,71	0,34
sN-sPg/ FH	86,96	5,31	85,47	3,91	0,78
Sn-sPg/ FH (FSNP)	75,32	8,86	76,39	10,47	0,81

Bis auf einen hatten alle Teilnehmer ein Gerät für Orthopantomographie (OPG) und benutzten es bei 83,5 % ihrer Patienten. In der Tabelle 4 sind die Profile der Fachzahnärzte für Kieferorthopädie und ihre Verteilung gemäß ihrer Ausbildung an einer der vier Universitätskliniken für Kieferorthopädie in der Schweiz ersichtlich.

33 der Befragten (38,8 %) gaben an, die Röntgenaufnahme selber zu tätigen, während bei 71 (83,5 %) die Dentalassistentin und/oder bei 24 (28,2 %) entweder die Dentalhygienikerin oder Prophylaxeassistentin röntgte (mehr als eine Antwort war möglich). Alle verantwortlichen Praxisangestellten erfüllten die gesetzlichen Anforderungen, um Röntgenaufnahmen zu tätigen.

### ■ Genauigkeit bei der Punkteidentifizierung auf dem FR

Die Qualität des standardisierten lateralen Fernröntgenbildes, das für die Studie zur Identifizierung von Punkten auf dem Fernröntgen verschickt worden ist, wurde von allen Befragten als für gut bis ausgezeichnet befunden. Die Standardabweichung der Werte auf der x- und y-Achse für jeden einzelnen Punkt ist in Tabelle 5 dargestellt. In der Gruppe ohne Instruktion waren Nasion und Gonion die genauesten Punkte in der Horizontalen (x-Koordinate), während in der Vertikalen (y-Koordinate) Articulare der genaueste Punkt war. Für diese Messpunkte war die Standardabweichung weniger als 0,5 mm. In der Gruppe mit Instruktion waren Labiale superius (x-Koordinate) und die Kante der oberen Schneide-



**Tab. 7** Mittelwerte und Standardabweichungen aller untersuchten Strecken für beide Gruppen (mit und ohne Instruktion).

Strecke	ohne Instruktion		mit Instruktion		p-Wert
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
WITS-Wert	-0,21	1,28	0,35	0,97	0,36
A-NPg	8,12	0,49	8,20	0,42	0,40
S-N	64,59	0,47	64,63	0,36	0,56
Go-Pg	61,80	1,95	61,19	1,83	0,07
PNS-A	41,62	1,47	41,35	1,30	0,69
S-Go	56,51	0,91	56,74	0,81	0,27
N-M	106,42	0,76	106,38	0,61	0,52
+1-NA	1,37	0,78	1,41	0,75	0,93
-1-NB	5,61	0,69	5,57	0,53	0,94
Pg-NB	-2,55	1,02	-2,63	0,86	0,75
Holdaway Differenz	8,13	0,86	8,18	0,94	0,84
LS-E-Linie	2,40	0,41	2,59	0,44	0,19
LI-E-Linie	2,44	0,58	2,61	0,66	0,32
sN-sMe	100,50	10,71	103,80	8,29	0,52
St-sMe	36,57	1,29	36,27	1,33	0,62

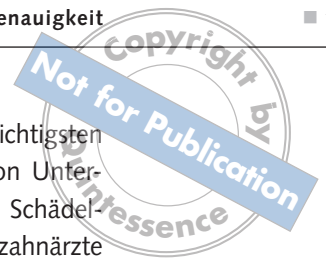
zähne (y-Koordinate) die Punkte mit der geringsten Abweichung. Soft-Nasion und Soft-Menton bei der Gruppe ohne Instruktion, und entsprechend bei der Gruppe mit Instruktion Soft-Pogonion, zeigten die größten Schwierigkeiten bei der Identifizierung. Jedoch konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen von Fachzahnärzten ermittelt werden. Die schriftlichen Instruktionen führten zu keiner Verbesserung der Genauigkeit bei der Bestimmung der untersuchten Punkte auf dem Fernröntgen.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die untersuchten Winkel und Distanzen sind in den Tabellen 6 und 7 aufgeführt. Die Achsenneigung der unteren Inzisiven zur Frankfurter Horizontalen (FH), zeigte die geringste Differenz zwischen den beiden Gruppen und unterschied sich nur um 0,01°. Infolge der Schwierigkeit, den Punkt Soft-Pogonion zu identifizieren, wies der Winkel zwischen Soft-Nasion-Soft-Pogonion und der FH die größte Diskrepanz im Mittel auf. Bei der Untersuchung der Strecken zeigten die Position der oberen Inzisiven zur Nasion-A-Punkt-Linie wie auch die Strecken Nasion-Menton, Sella-Nasion und untere Inzisiven zur Nasion-B-Punkt-Linie den geringsten Unterschied zwischen der instruierten Gruppe und

derjenigen ohne Instruktion. Die vertikale Abweichung in der Bestimmung des Punktes Soft-Nasion führte zur größten Streckenvariation. Insgesamt unterschied sich keine der Strecken signifikant zwischen den zwei Gruppen von Fachzahnärzten für Kieferorthopädie. Keiner der Werte, weder für Winkel noch für Strecken, erreichte das Niveau für statistische Signifikanz.

### ■ Gewohnheiten bezüglich Durchzeichnen und Auswerten des lateralen Fernröntgens

In den Tabellen 8 bis 10 werden die Gewohnheiten der befragten Fachzahnärzte für Kieferorthopädie bezüglich Durchzeichnung und Auswertung von lateralen Fernröntgen gezeigt. Die von allen Fachzahnärzten am häufigsten verwendeten Punkte sind Sella, A- und B-Punkt, Nasion sowie Spina nasalis anterior und posterior. Die Punkte Soft-Menton, Stomion und Soft-Nasion waren von geringstem Interesse und wurden von weniger als 50 % der Befragten benutzt. Im Schnitt wurden 82,3 % der 26 untersuchten Fernröntgenpunkte von den Fachzahnärzten für Kieferorthopädie verwendet, welche



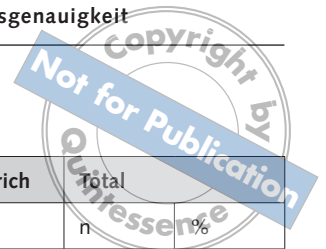
an der Universität Bern ausgebildet wurden. Im Gegensatz dazu verwendeten Abgänger der Universität Genf nur 65,7 % aller Punkte.

Ehemalige Weiterbildungsassistenten der Universitäten Bern und Zürich verwendeten mehr als 20 der vorgeschlagenen Winkel, während die ehemaligen von Genf und Basel nur zwischen 17 und 18 Winkelmessungen anwendeten. Die SNA- und SNB-Winkel sowie der ANB-Winkel wurden bei der Auswertung

eines seitlichen Fernröntgenbildes als am wichtigsten eingestuft. Auch die Winkelbildungen von Unter- und Oberkieferbasis zueinander und zur Schädelbasis wurden von mehr als 80 % der Fachzahnärzte für Kieferorthopädie als wichtig für die Interpretation des Fernröntgens bewertet. Bei allen Fachzahnärzten, die an der Universität Basel ausgebildet wurden, wurde der Beziehung der Frankfurter Horizontalen zu anderen Linien kaum Beachtung geschenkt.

Tab. 8 Durchzeichnungsgewohnheiten unterteilt nach universitärem Ausbildungsort.

FR-Punkt	Universität Basel		Universität Bern		Universität Genf		Universität Zürich		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Orbitale	1	20	6	33	6	50	41	82	54	64
Sella	5	100	18	100	12	100	50	100	85	100
Porion	0	0	6	33	6	50	39	78	51	60
Articulare	5	100	18	100	10	83	47	94	80	94
Gonion	4	80	17	94	12	100	49	98	82	97
Menton	5	100	17	94	12	100	50	100	84	99
Gnathion	5	100	16	89	9	75	47	94	77	91
Pogonion	4	80	18	100	12	100	49	98	83	98
B-Punkt	5	100	18	100	12	100	50	100	85	100
Unterer Apex	5	100	16	89	8	67	41	82	70	82
Soft-Menton	2	40	11	61	4	33	25	50	42	49
Soft-Pogonion	3	60	16	89	7	58	35	70	61	72
Labiale inferius	4	80	16	89	2	17	32	64	54	64
Stomion	1	20	10	56	3	25	20	40	34	40
Labiale superius	4	80	16	89	3	25	33	66	56	66
Pronasale	2	40	14	78	4	33	27	54	47	55
Soft-Nasion	2	40	11	61	2	17	26	52	41	48
Nasion	5	100	18	100	12	100	50	100	85	100
Spina nasalis anterior	5	100	18	100	12	100	50	100	85	100
A-Punkt	5	100	18	100	12	100	50	100	85	100
Spina nasalis posterior	5	100	18	100	12	100	50	100	85	100
Oberer Apex	4	80	17	94	7	58	41	82	69	81
Inzisale superius	5	100	18	100	7	58	41	82	71	84
Inzisale inferius	5	100	18	100	7	58	41	82	71	84
Occlusale 1	1	20	7	39	8	67	30	60	46	54
Occlusale 2	0	0	9	50	4	33	31	62	44	52
Punkte von 26	18,4	70	21,4	82	17,1	66	20,9	80	20,3	78



Tab. 9 Winkelauswertungsgewohnheiten unterteilt nach universitärem Ausbildungsort.

Winkel/ Strecken	Universität Basel		Universität Bern		Universität Genf		Universität Zürich		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
S-N/ (Or-Po) Frankfurter Horizontale (FH)	0	0	3	16	3	25	39	78	45	53
SNA	4	80	17	94	12	100	50	100	83	98
SNB	4	80	17	94	12	100	50	100	83	98
ANB	4	80	17	94	12	100	50	100	83	98
FH/ N-Pg	0	0	11	61	2	17	26	52	39	46
SN/ ANS-PNS	4	80	14	78	11	92	42	84	71	84
ANS-PNS/ Me-Go	4	80	15	83	12	100	49	98	80	94
SN/ Me-Go	4	80	13	72	12	100	40	80	69	81
NS/ Gn (y-Achse)	4	80	12	67	11	92	47	94	74	87
NS/ Ar	3	60	9	50	7	58	35	70	54	64
Me-Go/ Ar	3	60	10	56	8	67	39	78	60	71
NS/ Ar	3	60	7	39	7	58	31	62	48	57
FH/ ME-Go	0	0	2	11	0	0	22	44	24	28
FH/ Occlusale (Occ1-Occ2)	0	0	0	0	2	17	21	42	23	27
+1 (is-UIA)/ FH	0	0	2	11	2	17	32	64	36	42
+1 (is-UIA)/ ANS-PNS	3	60	15	83	8	67	41	82	67	79
-1 (ii-LIA)/ FH	0	0	2	11	2	17	32	64	36	42
-1 (ii-LIA)/ Me-Go	4	80	15	83	11	92	46	92	76	89
+1 (is-UIA)/ -1 (ii-LIA)	4	80	13	72	8	67	38	76	63	74
sN-sPg/ FH	0	0	1	6	0	0	21	42	22	26

Die Länge der Schädelbasis (S-N) und des horizontalen Astes der Mandibula (Go-Pg) und die Beziehung der oberen und unteren Schneidezähne zu ihrer knöchernen apikalen Basis, wie durch die Distanz +1-NA, respektive die Holdaway-Differenz, ausgedrückt, wurde von mehr als zwei Drittel der Fachzahnärzte für die Behandlungsplanung berücksichtigt. Allgemein waren Strecken eher von geringerem Interesse als andere Messwerte.

## ■ Diskussion

Die Zuverlässigkeit der Punktebestimmung auf dem Fernröntgenbild hängt von verschiedenen Faktoren wie zum Beispiel begrenzter technischer radiografi-

scher Projektion wie Filmvergrößerung und Bildverzerrung ab. Letzteres geschieht, weil die Röntgenstrahlen nicht parallel sind. Hingegen kann die Vergrößerung durch den Einsatz einer großen Distanz zwischen Fokus und Objekt und einer kleinen Distanz zwischen Objekt und Film minimiert werden. Jedoch verändert ein Fokus-Film-Abstand von mehr als 280 cm den Projektionsfehler nicht signifikant.<sup>14-16</sup> Verzerrung geschieht durch verschiedene Vergrößerungen von unterschiedlichen Ebenen. Darüber hinaus müssen radiografische Aufnahmen mit besonderer Sorgfalt gemacht werden. Eine ungenaue Positionierung des Patienten im Kephelostaten verursacht asymmetrische Verzerrung sowohl für Strecken- als auch Winkelmessungen auf dem lateralen Fernröntgenbild.<sup>5</sup>

Obwohl der Kieferorthopäde für die Röntgenaufnahme verantwortlich ist<sup>17</sup>, zeigt die vorlie-



gende Studie, dass nur 33 von 85 Fachzahnärzten für Kieferorthopädie die Röntgenaufnahmen, seien es laterale Fernröntgenbilder oder Orthopantomogramme, bei ihren Patienten im Normalfall selber machen. In den meisten Fällen machten speziell ausgebildete Dentalassistentinnen (71 %) die verordneten Röntgenaufnahme. Alle in der Studie befragten Fachzahnärzte für Kieferorthopädie gaben an, eine Fernröntgeneinrichtung in ihrer Praxis zu besitzen. Dieser Befund unterstreicht die Wichtigkeit dieses Diagnosemittels im kieferorthopädischen Alltag. Im Gegensatz zu einer Studie über Allgemeinzahnärzte in Wales, England und in Florida (circa 60 %) <sup>17,18</sup>, gaben alle außer einem der befragten Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie an, eine OPG-Einrichtung in ihrer Praxis zu haben. Gleichwohl wurde eine OPG bei 84 % der Patienten verordnet, während nur 67 % der Fachzahnärzte für Kieferorthopädie angaben, bei jedem Patienten ein laterales Fernröntgen zu machen. Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, welche ihre Ausbildung an der Universität Basel erhielten, setzten ihre Patienten häufiger Röntgenstrahlen aus (OPG 100 %, laterales Fernröntgen 80 %) als die anderen Teilnehmer. Bis jetzt sind keine

anderen Daten bezüglich der Röntgenausrüstung und ihres Einsatzes bei Fachzahnärzten für Kieferorthopädie erhältlich. Verzerrung, welche durch leichte Fehler bei der Positionierung der kephalometrischen Apparate entsteht, ist von geringer klinischer Relevanz für den gesamten Projektionsfehler und kann für klinische Routineuntersuchungen als zu vernachlässigen betrachtet werden. <sup>15,19</sup>

Folglich ist die wahrscheinlichste Fehlerquelle in der Fernröntgenanalyse die Identifizierung der Punkte auf dem Fernröntgenbild. <sup>4,14,20-28</sup> Die Genauigkeit der Punktidentifizierung und die Reproduzierbarkeit der Punktlokalisierung sind von der Qualität des Fernröntgenbildes, dem Anwender und vom Erfassungsprozess beeinflusst.

Grundsätzlich wird die Qualität eines Röntgenbildes mit den Begriffen Schärfe und Unschärfe beschrieben. <sup>29-33</sup> Die Schärfe eines Röntgenbildes ist die subjektive Wahrnehmung der Genauigkeit einer Strukturbegrenzung. Diese wiederum hängt mit dem Kontrast und der Auflösung zusammen. Auflösung ist die Distanz der optischen Dichteveränderung zwischen den Begrenzungen und deren Umgebung. <sup>34</sup> Unschärfe bezieht sich auf alle Faktoren, welche das

Tab. 10 Streckenauswertungsgewohnheiten der Fachzahnärzte für Kieferorthopädie unterteilt nach universitärem Ausbildungsort.

Strecken	Universität Basel		Universität Bern		Universität Genf		Universität Zürich		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
WITS-Wert	2	40	8	44	6	50	26	52	42	49
A-NPg	1	20	5	28	2	17	27	54	35	41
S-N	2	40	9	50	11	92	45	90	67	79
Go-Pg	0	0	4	22	8	67	44	88	56	66
PNS-A	0	0	2	11	2	17	26	52	30	35
S-Go	2	40	4	22	6	50	29	58	41	48
N-M	2	40	3	17	6	50	29	58	40	47
+1-NA	4	80	13	72	5	42	42	84	64	75
-1-NB	4	80	12	67	7	58	43	86	66	78
Pg-NB	3	60	10	56	4	33	41	82	58	68
Holdaway Differenz	3	60	6	33	9	75	41	82	59	69
LS-E-Linie	2	40	12	67	4	33	31	62	49	58
LI-E-Linie	3	60	12	67	3	25	31	62	49	58
Ns-sM	0	0	1	6	0	0	16	32	17	20
St-sMe	0	0	1	6	0	0	15	30	16	19

Zeichen im Röntgenbild stören (negativ beeinflussen) und in einem möglichen Zusammenhang mit der radiografischen Komplexität der darzustellenden Region (Überlagerung von anatomischen Strukturen) sowie Empfindlichkeit und Anzahl der vorhandenen radio-sensitiven Körner im Film stehen. In den letzten Jahren hat der Einsatz der digitalen Technologie, im Gegensatz zur konventionellen Röntgentechnik, die Bildqualität verändert. Es ist nun möglich, ein Bild durch Erhöhung von Schärfe und Kontrast und Reduzierung von Unschärfe/Rauschen zu bearbeiten. Um in der vorliegenden Studie mögliche Fehler durch diese Faktoren zu vermeiden, wurde ein standardisiertes seitliches Fernröntgenbild an alle Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie verschickt. Insgesamt wurde das versandte Bild von allen Teilnehmern als gut bis sehr gut eingestuft und daher als geeignet zur Auswertung der Genauigkeit der Punkt-Identifizierung beurteilt.

In einer vergleichbaren Studie<sup>35</sup>, in der Hand-durchzeichnungen digitalisiert wurden, bestimmte die Genauigkeit des Digitalisierens den kleinstmöglichen Messfehler mit dem entsprechenden System. Fehler, die im Zusammenhang mit dem Aufnahme-prozedere auftreten, hängen vom kleinstmöglichen Messfehler des verwendeten Apparats und vom kleinstmöglichen Messfehler des zu identifizierenden Referenzpunktes ab. Wenn eine digitale Aufnahme-genauigkeit von 0,1 mm als wünschenswert betrachtet wird<sup>13</sup>, ist der statistische Fehler bei der Digitalisierung von weniger als 0,2 mm für die präzise Lokalisierung der Fernröntgenpunkte und der daraus folgenden Messungen von Winkeln und Strecken, welche in dieser Studie beurteilt wurden, zu vernachlässigen.

Daraus folgt, dass dieser Fehler abhängig von der Erfahrung und der Übung des Betrachters<sup>12</sup> und von eindeutigen, unmissverständlichen Definitionen für die gewählten kephalometrischen Punkte ist. Die Anzahl der Betrachter und die Häufigkeit der Durchzeichnung in einer Untersuchung können größere Ausreißer an Fehlern verursachen.<sup>36</sup> Der systematische Fehler (bias) eines einzigen Durchzeichners sollte eine größere Konstanz der Punkt-Identifizierung ergeben als mehrere Interpretationen eines Punktes durch verschiedene Durchzeichner. Allerdings spielen die Anzahl von Betrachtern und Anzahl von Betrachtungen gemäß einem syste-

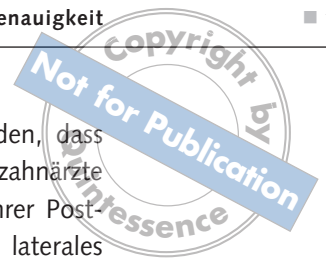
matischen Review<sup>35</sup> keine signifikante Rolle. Dies stimmt mit unseren Resultaten überein. Obwohl 40 Fachzahnärzte für Kieferorthopädie mit Instruktion und 45 ohne Instruktion an der Studie teilnahmen, konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden, weder für einen der Fernröntgenpunkte noch in einer der entsprechenden x- oder y-Koordinaten.

Basierend auf dem p-Wert des systematischen Reviews knöcherner Referenzpunkte<sup>35</sup>, wiesen die Punkte Menton, Spina nasalis anterior und posterior, Sella, der B-Punkt, Porion sowie der A-Punkt einen durchschnittlichen Fehler von nahezu Null auf. Hingegen zeigte Articulare eine verstärkte Abweichung in der x-Koordinate. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Resultaten wurde gezeigt, dass Nasion und der A-Punkt mit großer Genauigkeit in der x-Koordinate bestimmt werden konnten. Zusätzlich konnte Gonion hinreichend identifiziert werden.

Bei der y-Koordinate zeigten Sella, der A-Punkt, der B-Punkt, Gonion und Nasion eine nicht signifikante mittlere Abweichung, während Articulare, Menton, Orbitale und Pogonion Messfehler zeigten, die sich signifikant von Null unterschieden.<sup>35</sup> Im Allgemeinen zeigen der B-Punkt und Nasion in der x-Achse sowie ANS und der A-Punkt in der y-Achse die größte Konstanz unter den Fernröntgenpunkten quer durch verschiedene Studien.<sup>35</sup> Dies kann in der vorliegenden Studie bestätigt werden (Tab. 5).

Bei den Weichteilpunkten zeigten in der Gruppe ohne Instruktion Soft-Nasion (x- und y-Koordinate) und in der Gruppe mit Instruktion sowohl Soft-Nasion als auch Soft-Pogonion in der y-Achse die größte Variabilität (> 2 mm), jedoch unterschieden sich die beiden Gruppen nicht signifikant voneinander. Dies unterscheidet sich von den Resultaten der Studie von Wisth und Boe<sup>37</sup>, welche sagten, dass die Fehler bei der Punktlokalisierung grundsätzlich dieselben seien.

Gemäß einem systematischen Review<sup>35</sup> sind 0,59 mm der gesamten Messfehler in der x-Achse und 0,56 mm in der y-Achse ein akzeptierbares Genauigkeitsniveau. Doch beide Gruppen der Fachzahnärzte für Kieferorthopädie in unserer Studie, mit und ohne Instruktion, verpassten dieses Ziel. Demzufolge heben die Resultate dieser Untersuchung die Wichtigkeit der kritischen Interpretation der kephalometrischen Messungen hervor. Eine separate Analyse für die Abschätzung der Fehler in der



Bestimmung der Fernröntgenpunkte mit zweifelhafter Beständigkeit sollte zu Forschungszwecken<sup>38</sup> und im klinischen Alltag eine Grundvoraussetzung sein. Jedoch lag die Abweichung des Messfehlers bei den am häufigsten verwendeten Winkeln zur Interpretation eines seitlichen Fernröntgens innerhalb der ersten Standardabweichung. Dies unterstreicht, dass kephalometrische Winkelmessungen ein reproduzierbares Mittel für die Auswahl von Patienten sind, deren kieferorthopädische Behandlungen in öffentlichen Gesundheitsdiensten erfolgen. Obwohl Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, die an der Universität Basel ausgebildet wurden, am häufigsten ein laterales Fernröntgenbild verordneten, verwendeten sie die geringste Anzahl an Referenzpunkten für dessen Interpretation. Die Abgänger der Universität Zürich verwendeten die meisten der untersuchten Referenzpunkte. Es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede abgesehen vom Ort der klinischen Ausbildung (Tab. 8 bis 10).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwei Drittel der befragten Schweizer Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, unabhängig von ihrer Postgraduate-Ausbildung, routinemäßig ein laterales Fernröntgen bei allen Patienten anwendeten, um das skelettale Muster abzuschätzen und die Behandlungspläne zu können. Obwohl sich die Gewohnheiten abhängig vom Ausbildungszentrum unterschieden, war die Zuverlässigkeit der Durchzeichnung betreffend den Fernröntgenpunkten, Winkeln und Strecken für die meisten Punkte hoch, welche zur Fernröntgenanalyse für Versicherungsentscheide (Tab. 1) verwendet wurden. Genaue schriftliche Instruktionen bewirkten keine signifikante Reduktion der Standardabweichung der untersuchten Messungen.

Daraus folgt, dass kephalometrische Messungen ein geeignetes, zuverlässiges Mittel zur Auswahl von Patienten sind, welche in den öffentlichen Gesundheitsdiensten kieferorthopädisch behandelt werden.

## Literatur

- Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod* 1931;1:45–60.
- Hofrath H. Die Bedeutung der Roentgenfern und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. *J Orofac Orthop* 1931;1:232–248.
- Brodie AG. On the growth pattern of the human head from the third month to the eighth year of life. *Am J Anat* 1941; 68:209–262.
- Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements 1. Landmark identification. *Am J Orthod* 1971;60: 111–127.
- Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements 2. Conventional angular and linear measures. *Am J Orthod* 1971;60:505–517.
- Ricketts RM. The golden divider. *Journal of Clinical Orthodontics* 1981;15:725–759.
- Steiner CC. The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1960; 46:721–735.
- Rudolph DJ, Sinclair PM, Coggins JM. Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:173–179.
- Tsorovas G, Karsten AL. A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without advanced features – accuracy and time demands. *Eur J Orthod* 2010;32:721–728.
- Cohen AM, Linney AD 1986. A low cost system for computer-based cephalometric analysis. *Br J Orthod* 1986;13:105–118.
- Houston WJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod* 1986;8:149–151.
- Kvam E, Krogstad O. Variability in tracings of lateral head plates for diagnostic orthodontic purposes. A methodological study. *Acta Odontol Scand* 1969;27:359–365.
- Houston WJB. The application of computer aided digital analysis to orthodontic records. *Eur J Orthod* 1979;1:71–79.
- Carlsson GE. Error in X-ray cephalometry. *Odontologisk Tidskrift* 1967;75:99–123.
- Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on cephalometric length measurements. *Eur J Orthod* 1986;8:141–148.
- Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. *Eur J Orthod* 1988;10:353–361.
- Kaugars GE, Broga DW, Collett WK. Dental radiologic survey of Virginia and Florida. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 60:225–229.
- Tugnait A, Clerehugh DV & Hirschmann PN. Radiographic equipment and techniques used in general dental practice. A survey of general dental practitioners in England and Wales. *J Dent* 2003;31:197–203.
- Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The cephalometric projection. Part II. Principles of image distortion in cephalography. *Dentomaxillofac Radiol* 1983;12:101–108.
- Björk A. The face in profile. *Svensk tandläkare-Tidskrift* 1947; 40:1–29.
- Hixon HE. Cephalometrics and longitudinal research. *Am J Orthod* 1960;46:36–42.
- Savara BS, Tracy WE, Miller PA. Analysis of error in cephalometric measurements of three-dimensional distances on the human mandible. *Arch Oral Biol* 1966;11:209–217.
- Richardson A. An investigation into the reproducibility of some points, planes and lines used in cephalometric analysis. *Am J Orthod* 1966;52:637–651.
- Richardson AA. Comparison of traditional and computerized methods of cephalometric analysis. *Eur J Orthod* 1981;3:15–20.
- Sekiguchi T, Savara BS. Variability of cephalometric landmarks used for face growth studies. *Am J Orthod* 1972;61: 603–618.
- Gravelly JF, Benzie PM. The clinical significance of tracing error in cephalometry. *Br J Orthod* 1974;11:44–48.
- Mitgaard J, Björk A, Linder-Aronson S. Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurement of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod* 1974;44:56–61.

28. Cohen AM. Uncertainty in cephalometrics. *Br J Orthod* 1984; 11:44–48.
29. Rossmann K. Image quality. *Radiol Clin North Am* 1969;7: 419–433.
30. McWilliams JS, Welander U. The effect of image quality on the identification of cephalometric landmarks. *Angle Orthod* 1978;48:49–56.
31. Hurst RVV, Schwaninger B, Saye R. Interobserver reliability in xeroradiographic cephalometry. *Am J Orthod* 1979;75: 179–183.
32. Broch J, Slagsvold O, Roseler M. Error in landmark identification in lateral radiographic headplates. *Eur J Orthod* 1981;3: 9–13.
33. Kathopoulos E. The accuracy and precision in cephalometrics. University of Lund, Malmö, Sweden 1989.
34. Haus AG. Evaluation of image blur (unsharpness) in medical imaging. *Med Radiogr Photogr* 1985;61:42–52.
35. Trpkova B, Major P, Prasad N, Nebbe B. Cephalometric landmarks identification and reproducibility: a meta analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:165–170.
36. Vincent AM, West VC. Cephalometric landmark identification error. *Aust Orthod J* 1987;10:98–104.
37. Wisth PJ, Boe OE. The reliability of cephalometric soft tissue measurements. *Arch Oral Biol* 1975;20:595–599.
38. Houston WJB. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1983;83: 382–390.
39. Higley LB. Cephalometrics standards for children 4 to 8 year of age. *Am J Orthod* 1954;40:51–59.
40. Ricketts RM. A foundation for cephalometric communication. *Am J Orthod* 1960;46:330–357.
41. Jacobson A, Caufield PW. Introduction to radiographic cephalometry. Lea & Febiger 1985;37–40.
42. Downs WB. Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod* 1948; 34:812–839.
43. Bhatia SN, Leighton BC. A Manual of Facial Growth. Oxford University Press 1993:10–15.
44. Sassouni V. Orthodontic in Dental Practice. The C.V. Mosby Company 1971:330–337
45. Sassouni V, Setareanos GC. Diagnosis and treatment of dento-facial abnormalities. Charles C. Thomas 1974;58–61.
46. Björk A. Introduction to orthodontics. Mcgraw-Hill Book Company, Inc. 1960;106–111.
47. Chaconas SJ. Orthodontics. Littleton, Mass: P.S.G. Publishing Company 1980;37–45.

## Survey of orthodontic radiological practice and lateral cephalometry tracing accuracy in Switzerland

**KEYWORDS** *lateral cephalogram, orthodontic, questionnaire, instructions*

**Aim:** The purpose of the study was to evaluate Swiss orthodontists' knowledge of their radiographic equipment and their radiographic habits, as well as to assess the reproducibility of landmark identification and tracing habits on lateral cephalograms.

**Material and Methods:** A questionnaire plus a standard lateral cephalogram were sent to 163 Swiss orthodontists. Prior to the start of the study, the participants were randomly assigned to a non-instructed or an instructed group. These groups were advised to trace 26 given cephalometric landmarks according to their routine or to specific written guidelines for landmark identification. To determine the significance of differences between two independent groups, the Mann-Whitney U-test was applied.

**Results:** Eighty-five of the original 163 questionnaires were returned together with a cephalometric tracing. All responders had a cephalometric radiography unit in their office and 67% of them used it on all their patients. Landmarks of main interest were Sella, Points A and B, Nasion, anterior and posterior nasal spine.

The angles with the least difference between the two groups were ANB and Nasion-Sella-Articulare. Written guidelines did not have any significant impact on the accuracy of tracings, expressed as the interobserver reliability, or on measurements of angles or distances.

**Conclusion:** Two-thirds of the responding orthodontists, irrespective of their postgraduate education, routinely do lateral cephalograms on all their patients for the assessment of the skeletal pattern and for treatment planning. Interexaminer reliability for tracing of a standard lateral cephalogram was high for most landmarks, and precise written guidelines did not cause a significant reduction in the standard deviations for measurements assessed.