

M. O. Ahlers

# The attachment of a paraocclusal tray adapter to the lower arch for axiography

An improved procedure

## Befestigung des paraokklusalen Löffeladapters an die Unterkieferzahnreihe im Rahmen der Achiographie

Ein verbessertes Verfahren

Priv.-Doz. Dr. med. dent.  
CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf  
und  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde,  
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Priv.-Doz. Dr. med. dent.  
CMD Centre Hamburg-Eppendorf  
and  
School for Dental Medicine (ZZMK)  
Department for Restorative and Preventive Dentistry  
Hamburg, Germany

### Zusammenfassung

Im Rahmen der mechanischen oder elektronischen Achiographie erfolgt die Aufzeichnung der Unterkieferbewegung unter Verwendung eines Schreibbogens, der an der Unterkieferzahnreihe befestigt ist. Diese Fixierung kann paraokkusal oder periokkusal erfolgen. Bei der paraokklusalen Befestigung war traditionell zunächst die zahntechnische Vorbereitung mit Laborkunststoff erforderlich, danach erfolgte die paraokklusale Befestigung des Löffeladapters mittels geeigneter Zemente. Das in diesem Beitrag vorgestellte Verfahren ermöglicht es, ohne die zahntechnische Vorbereitung auszukommen und gewährleistet eine flexiblere Durchführung der paraokklusalen Achiographie.

**Indizes:** Achiographie, paraokkusal, periokkusal, Löffeladapter, Befestigung

### Abstract

In the case of mechanical or electronic axiography, mandibular excursions are recorded using a tracing bow, which is attached to the lower teeth. This attachment is carried out either paraocclusally or periocclusally. Traditionally, the paraocclusal attachment required dental technical preparation using laboratory acrylic. After that, the paraocclusal tray adapter could be fixed using suitable cements. The procedure described in this report requires no dental technical preparation and guarantees more flexible implementation of paraocclusal axiography.

**Keywords:** attachment, axiography, paraocclusal, periocclusal, tray adapter

## Introduction

Within the scope of instrumental functional diagnostics, pantography and its successors axiography<sup>1,2</sup> and condylography, all basically serve the same purpose: using kinematic condylar axis localization, it is possible to determine the terminal mandibular axis<sup>3</sup>. This serves as the baseline and foundation for the subsequent registration of eccentric mandibular excursions in various directions<sup>3,4</sup>.

The *recorded condylar axis localization* is of both scientific and practical interest due to its consistency under various conditions and under the use of various centric bite registration methods. In addition to this, it can also be used within the scope of restorative treatment<sup>3,5-12</sup>.

*Recorded excursions* from various studies have been examined with regard to the comparability of mechanical and electronic procedures<sup>13-15</sup>, as well as arbitrary and kinematic procedures<sup>16</sup>. The changes in excursion behavior under different clinical conditions have been established<sup>8,17-23</sup>.

In practice, *attaching the examination instrument* is a complex procedure. First, the wide range of instruments are selected and laid out, the maxillary bow ("flag bow") is prepared and attached, then the tracing bow is also prepared and fixed to the patient's lower jaw. The tracing bow is essential, independent of whether the actual registration is mechanical (on paper)<sup>1-3</sup> or (opto)electronic<sup>13-15</sup>.

## Paraocclusal or perioocclusal attachment?

A decisive, practical working step, which has a significant effect on treatment success, is the attachment of the tracing bow to the lower dental arch with a tray adapter. In principle, this attachment can be carried out either using a paraocclusal tray adapter or "perioocclusally (term according to Klett)."

- The *perioocclusal* attachment is a more favorable option, due to the fact that the perioocclusal tray adapter uses a registration silicone, which is light in comparison and also provides a secure attachment<sup>16,24</sup>.
- The *paraocclusal* attachment is a more complicated procedure in comparison, however it does enable the interaction of the masticatory muscles with the occlusion and their subsequent influence on the temporomandibular joint and resultant path of movement to be registered<sup>15,19</sup>.

## Einleitung

Im Rahmen der instrumentellen Funktionsdiagnostik dienen die Pantographie bzw. ihre Nachfolgeverfahren Achsiographie<sup>1,2</sup> und Kondylographie im Grunde dem gleichen Zweck: Mittels einer kinematischen Scharnierachsenlokalisierung kann hiermit die terminale Scharnierachse bestimmt werden<sup>3</sup>. Diese dient als Ausgangspunkt und Grundlage für die nachfolgende Aufzeichnung exzentrischer Unterkieferbewegungen in verschiedenen Bewegungsrichtungen<sup>3,4</sup>.

Die aufgezeichnete *Scharnierachsenlokalisierung* ist dabei im Hinblick auf ihre Konsistenz bei der Herstellung von verschiedenen Zentrikregistraten unter unterschiedlichen Bedingungen von wissenschaftlichem und praktischem Interesse. Zudem kann sie im Rahmen der restaurativen Therapie genutzt werden<sup>3,5-12</sup>.

Die *Bewegungsaufzeichnungen* wurden innerhalb verschiedener Studien im Hinblick auf die Frage der Vergleichbarkeit mechanischer und elektronischer Verfahren<sup>13-15</sup> sowie arbiträrer und kinematischer Verfahren<sup>16</sup> untersucht. Auch die Veränderung des Bewegungsverhaltens unter unterschiedlichen klinischen Umständen wurde ermittelt<sup>8,17-23</sup>.

Das *Anlegen des Untersuchungsinstrumentariums* stellt in der Praxis einen erheblichen Aufwand dar. Zunächst erfolgt das Heraussuchen und Bereitlegen des umfangreichen Instrumentariums, anschließend die Vorrüstung und Befestigung des Oberkieferbogens („Flaggenbogen“) sowie die Vorrüstung und Fixierung des Schreibbogens am Unterkiefer des Patienten. Der Schreibbogen ist in jedem Fall erforderlich, unabhängig davon, ob die eigentliche Aufzeichnung mechanisch (auf Papier)<sup>1-3</sup> oder (opto-) elektronisch erfolgt<sup>13-15</sup>.

## Paraokklusale oder periokklusale Befestigung?

Der maßgebliche praktische Arbeitsschritt, der Einfluss auf den Behandlungserfolg hat, ist die Befestigung des Schreibbogens mittels eines Löffeladapters an der Unterkieferzahnreihe. Grundsätzlich kann eine solche Fixierung entweder unter Verwendung eines paraokklusalen Löffeladapters erfolgen – oder aber „periokklusale“ (Begriff nach Klett).

- Die *periokklusale* Befestigung ist vergleichsweise populär, weil der periokklusale Löffeladapter mittels Registratorsilikon vergleichsweise leicht und sicher angebracht werden kann<sup>16,24</sup>.

- Die *paraokklusale* Fixierung ist hingegen komplizierter in der Umsetzung, bietet aber die Möglichkeit, den Einfluss der Muskulatur und deren Interaktion mit der Okklusion auf die Position der Kiefergelenke und das daraus resultierende Bewegungsverhalten zu erfassen<sup>15,19</sup>.

Im praktischen Vorgehen wurde der dreiteilige paraokklusale Löffeladapter zunächst an die Zahnreihe angepasst. Dies erfolgte im zahntechnischen Labor unter Verwendung eines Situationsmodells. Der Löffeladapter wurde dabei zunächst mit entsprechenden Inbusschrauben so eingestellt, dass die beiden seitlichen Schenkel möglichst nah an die Zahnreihe herangeführt wurden. Der verbleibende Leerraum zwischen der Innenseite des Löffeladapters und der Außenseite der Zahnreihe wurde mit Laborkunststoff ausgefüllt. Anschließend erfolgten die Entfernung des Löffeladapters vom Situationsmodell und eine Glättung des Kunststoffs von scharfen Graten.

Im Rahmen des eigentlichen Behandlungstermins wurde dann die Anprobe durchgeführt, gefolgt von der Befestigung mit Sekundenkleber oder geeigneten Zementen. Da Sekundenkleber für diesen Zweck nicht explizit zugelassen ist, trägt allein der Behandler das hierbei hohe praktische Anwendungsrisiko. Aus diesem Grund sollte die Fixierung mit geeigneten Zementen erfolgen. In der langjährigen Tätigkeit des Autors am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, wurde dafür noch vorzugsweise Carboxylatzement (Durelon, 3M-ESPE, Seefeld) verwendet, da dieser sich gegenüber der Zahnhartsubstanz pH-neutral verhält und bei der Aushärtung leicht klebt. Dennoch bleibt dieser Schritt – und damit die ganze Befestigung – materialbedingt heikel.

### **Praxistipp: direkte Befestigung des paraokklusalen Löffeladapters**

Wünschenswert wäre eine Verfahrensweise, in der sich dieser labortechnische Vorbereitungsschritt erübrigt, ohne dass hierbei technische Nachteile bzw. eine geringere Stabilität der Befestigung eintreten. Nachfolgend wird ein solches Vorgehen beschrieben. Dies ist technisch an die Verfügbarkeit von Löffeladapters gebunden, die entweder möglichst nah an die äußere Kontur des Unterkieferzahnbogens angenähert werden können, oder aus einem biegsamen Metall hergestellt sind und insofern eine Nachbiegung entsprechend der äußeren Kontur des Unterkieferzahnbogens ermöglichen (beispielsweise Löffeladapter zum Cadiax Compact 2, Gamma Dental,

The practical procedure involved adapting the three-part paraocclusal tray adapter to the dental arch. This was carried out in the laboratory using a situation model. The tray adapter was then adjusted with the corresponding Allen screws so that both side arms were as close as possible to the dental arch. The remaining space between the inner side of the tray adapter and the outer side of the dental arch was filled with laboratory acrylic. Then the tray adapter was removed from the situation model and the acrylic was smoothed over to remove any sharp edges.

The tray was tried in during the patient's appointment and then fixed with cyanoacrylate adhesive or a suitable cement. The fact that this adhesive was not explicitly approved for this particular purpose means the clinician carries a high practical risk. For this reason, the fixation should be carried out using a suitable cement. During the author's long-term experience at the University Hospital Hamburg-Eppendorf, carboxylate cement (Durelon, 3M ESPE, Seefeld, Germany) was often used, due to the fact that it is pH-neutral with the tooth structure and is slightly sticky when hardening. Nevertheless, this step—and with it the entire attachment process—remains a delicate procedure from a material standpoint.

### **Practice tip: the direct attachment of the paraocclusal tray adapter**

An ideal procedure would be one in which no laboratory preparation is required, without subsequent technical disadvantages or a less stable attachment.

The following describes such a procedure. Technically, this depends on a certain type of tray adapter, which can either be positioned closely to the outer contour of the mandibular dental arch or which is made from a flexible metal and can therefore be re-adapted to suit the mandibular dental arch (for example, tray adapter Cadiax Compact 2, Gamma Dental, Klosterneuburg, Austria, or Jaw Motion Analyzer, Zebris Medical, Isny/Allgäu, Germany). In addition to this, it is necessary to use a material which can be inserted intraorally at an acceptable temperature, but which will nevertheless harden with positional stability in a reasonable period of time. Modern bite registration materials made from acrylic are suitable examples. A suitable material must have sufficient positional stability (this must be stronger than temporary crown and bridge materials) and good flowing characteristics under contact pressure (thixotropy) so that, without excessive heat development after hardening, the details are finely reproduced (eg, LuxaBite, DMG-Dental,



Fig 1 Study participant with the Cadiax Compact Systems mounted.

Abb. 1 Positionierung des paraokklusalen Löffeladapters unterhalb der Okklusionsebene.

Hamburg, Germany). If, on the other hand, additional "bite registration silicones" are used, these must have a very high final hardness (Shore-A 90 and higher) and especially good adhesive qualities (eg, Metal-Bite, R-dental, Hamburg, Germany).

The practical procedure is carried out as follows: in the first step the paraocclusal tray adapter is adjusted so that it corresponds with the mandibular dental arch and is bent so that an even fit is achieved throughout the entire dental arch. The tray adapter is positioned deep enough beneath the occlusal plane so that there is no occlusal interference with the static maxillary dental cusps during the expected lateral mandibular excursions to the left and right (Fig 1). It seems logical that the next step would be to apply the plastic material straight away, in between the tray adapter and the dental arch. This however, would mean an uncontrollable amount of plastic material would be applied around the circumference of the dental arch, causing occlusal high spots, which are difficult to remove intraorally. Instead, to avoid this, a horseshoe-shaped sheet of wax is softened enough to make it flexible but still maintain a horseshoe shape. The Aluwax semi-arch is then adapted with both index fingers to the upper dental arch (Fig 2) and the patient is asked to bite together firmly and without restraint. The aim of this exercise is to allow the lower cusps to penetrate the light, plastic wax sheet and create as deep an impression as possible. This is to ensure that no plastic fixation material can permeate



Fig 2 Pressing the softened Aluwax arch onto the upper dental arch.

Abb. 2 Andrücken des erweichten Aluwachs-Halbbogens an die Oberkieferzahnreihe.

Klosterneuburg, Österreich, oder Jaw Motion Analyzer, zebris medical, Isny/Allgäu). Erforderlich ist darüber hinaus ein geeignetes Material, das intraoral bei akzeptabler Temperaturentwicklung eingesetzt werden kann und dennoch innerhalb eines vertretbaren Zeitfensters stabil erhärtet. Geeignet sind hierfür beispielsweise moderne Bissregistrierungsmaterialien aus Kunststoff. Voraussetzung für deren Eignung ist eine ausreichende Standfestigkeit, (diese muss höher sein als bei provisorischen Kronen- und Brückenmaterialien) bei guter Fließfähigkeit unter Anpressdruck (Thixotropie), sodass nach der Aushärtung ohne übermäßige Wärmeentwicklung die Details fein gezeichnet sind (z. B. LuxaBite, DMG-Dental, Hamburg). Sollen hingegen additionsvernetzende „Bissregistrierungs-Silikone“ zur Anwendung kommen, müssen diese neben einer sehr hohen Endhärte (Shore-A 90 und mehr) über eine besonders gute Anhaftung verfügen (z. B. Metal-Bite, R-dental, Hamburg).

Das praktische Vorgehen gestaltet sich dabei wie folgt: Im ersten Schritt wird zunächst der paraokklusale Löffeladapter an die Unterkieferzahnreihe angepasst und so gebogen, dass eine gleichmäßige Passung über den gesamten Zahnverlauf erreicht wird. Der Löffeladapter sollte dabei so positioniert werden, dass er hinreichend tief unter der Okklusionsebene bleibt, sodass zu erwartende Bewegungen des Unterkiefers nach lateral links und rechts nicht zu okklusalen Interferenzen mit den statischen Oberkieferhöckerspitzen führen (Abb. 1).



Fig 3 After biting together, the occlusal surfaces become completely embedded in the Aluwax semi-arch.

Abb. 3 Beim Zubeißen tauchen die Kauflächen vollständig in den Aluwachs-Halbbogen ein.



Fig 4 Tray adapter try-in whilst the Aluwax semi-arch is in place.

Abb. 4 Einprobe des Löffeladapters bei eingesetztem Aluwachs-Halbbogen.

Anschließend läge es im Grunde genommen nah, sofort das entsprechende plastische Material zwischen den Löffeladapter und die Zahnreihe einzubringen. Dieses führt aber dazu, dass in unkontrollierbarem Maß plastisches Material über die Zirkumferenz der Zahnreihe hinaustritt und zu okklusalen Störkontakten führt, die intraoral schwer zu beheben sind. Um dieses zu vermeiden, wird stattdessen eine hufeisenförmige Wachsplatte (Aluwax-Halbbögen, Amann Girrbach, Pforzheim) soweit erweicht, dass sie leicht biegsam ist, aber noch die Hufeisenform behält. Der Aluwax-Halbbogen wird anschließend intraoral mit beiden Zeigefingern an die Oberkieferzahnreihe adaptiert (Abb. 2) und der Patient gebeten, kräftig und ungehemmt zubeißen. Das Ziel hierbei besteht darin, durch das hinreichend tiefe Eindringen der Unterkieferhöckerspitzen in das noch leicht plastische Wachs, möglichst tiefe Impressionen zu erreichen. Dadurch wird sichergestellt, dass in den vom Wachs bedeckten Bereich kein plastisches Befestigungsmaterial dringt und die Okklusion ungestört ist (Abb. 3).

Um sicherzustellen, dass unter diesen Bedingungen die Position des Löffeladapters noch immer für eine Befestigung an den verbleibenden äußeren Zahnflächen geeignet ist, wird anschließend der Löffeladapter noch einmal einprobiert (Abb. 4).

Auf den vorbereiteten Löffeladapter kann nun plastisches Befestigungsmaterial aufgetragen werden (Abb. 5).

Sofern für die Befestigung autopolymerisierendes

into the areas covered in wax and the occlusal surface will remain untouched (Fig 3).

Subsequently, the tray adapter is tried in again to ensure that its position is still suitable for fixation to the rest of the outer dental surfaces under these conditions (Fig 4). The plastic fixation material can now be applied to the prepared tray adapter (Fig 5).

If a self-curing, bite registration acrylic is used as a fixation material (eg, LuxaBite), the increase in temperature during setting must be considered. In order to limit this, it is a good idea to restrict the total amount of acrylic used. It helps to leave out a small area in the middle of the lower dental arch, so that two separate sections remain to the right and to the left (Fig 6). In the patient's mouth, the labial side of the lower anterior and posterior teeth are dried with a blast of compressed air (Fig 7) and then the paraocclusal tray adapter, which is covered with the plastic fixation material, is placed in position (Fig 8).

Once the fixation material has set, the patient can open his mouth and the shaped Aluwax semi-arch is removed (Fig 9).

The plastic fixation material, which has set between the paraocclusal tray adapter and the vestibular circumference of the lower dental arch, remains with the incisal edges and posterior cusps left free (Fig 10). This prevents unwanted interferences and allows unrestricted closure of the mandible (Fig 11).



Fig 5 Applying the self-curing acrylic registration material (in this case: Luxabite, DMG).

Abb. 5 Auftragung des autopolymerisierenden Kunststoff-Bissregistrierungsmaterials (hier: Luxabite, DMG).

### When used for recording

This method produces a securely attached mandibular tracing bow (Fig 12) for the subsequent implementation of paraocclusal axiography, both when recording protrusive movements and individual lateral excursions to the left and right.

The attachment is so stable that even if the mandible is twisted, something which is often unavoidable when the mouth is opened widely, the tracing bow is guaranteed to remain securely seated on the mandible.

Once the information has been recorded, the tray adapter together with the acrylic is removed from the lower dental arch by bending slightly towards the front and outer side (Fig 13). In addition to this, the interdental spaces are checked intraorally for residual, hardened fixation material, which is then removed with a suitable scaler. In principle, it is possible to remove the tray adapter including fixation material all in one piece from the mandible (Fig 14).



Fig 6 Application of the tray adapter in two halves (to create two separate sections).

Abb. 6 Beschickung des Löffeladapters in zwei halben Strängen (zur Bildung kleinerer Massen).

Bissregistrierungsmaterial aus Kunststoff verwendet wird (LuxaBite) ist zu berücksichtigen, dass die Erhärtung per se mit einem Temperaturanstieg einhergeht. Um diesen zu begrenzen ist es sinnvoll, das Gesamtvolumen des aufgebrauchten Kunststoffes zu beschränken. Hierfür ist es hilfreich, im Bereich der Unterkiefermitte eine leichte Aussparung zu belassen, sodass rechts und links zwei getrennte Volumina verbleiben (Abb. 6).

Intraoral wird jetzt die Labialseite der Unterkieferfront und der Seitenzähne mit einem Luftstrahl getrocknet (Abb. 7) und der mit dem plastischen Befestigungsmaterial beschickte paraokklusale Löffeladapter platziert (Abb. 8).

Nach dem Erhärten des Befestigungsmaterials kann der Patient den Mund öffnen und der ausgeformte Aluwax-Halbbogen wird entfernt (Abb. 9).

Es verbleibt das plastische Befestigungsmaterial, das zwischen dem paraokklusalen Löffeladapter und der vestibulären Zirkumferenz der Unterkieferzahnreihe ausgehärtet ist und die Schneidekanten und Höckerspitzen der Seitenzähne ausspart (Abb. 10). Hierdurch werden unerwünschte Interferenzen vermieden und ein ungehinderter Kieferschluss ermöglicht (Abb. 11).

### Nutzung für die Aufzeichnung

Für die nachfolgende Durchführung der paraokklusalen Achiographie ermöglicht dieses Vorgehen eine stabile Befestigung des Unterkieferschreibbogens (Abb. 12), sowohl bei der Protrusionsaufzeichnung als auch bei den



Fig 7 Labial areas are carefully dried.

Abb. 7 Sorgfältige Trocknung der Labialflächen.



Fig 8 Positioning the tray adapter with the self-curing resin.

Abb. 8 Positionierung des mit Autopolymerisat beschickten Löffeladapters.



Fig 9 After setting, removal of the Aluwax semi-arch.

Abb. 9 Nach dem Aushärten: Entfernung des Aluwachs-Halb-bogens.



Fig 10 The adaptation is carried out solely in the marginal region, the cusps remain free.

Abb. 10 Die Adaptation erfolgt allein marginal, die Höcker-spitzen bleiben frei.

einzelnen lateral exkursiven Aufzeichnungen nach links und rechts. Die Befestigung ist ausreichend stabil, um selbst bei Verwirrungen der Unterkieferspanne, die bei weiter Mundöffnung unvermeidbar auftreten, einen sicheren Sitz des Schreibbogens am Unterkiefer zu gewährleisten.

Nach dem Abschluss der Aufzeichnung wird der Löffeladapter mitsamt dem Kunststoff durch ein leichtes Bie-

gen nach vorn außen von der Unterkieferzahnreihe gelöst (Abb. 13). Zudem werden intraoral die Interdenträume auf verbliebenes, erhärtetes Befestigungsmaterial kontrolliert, dieses wird gegebenenfalls mit einem geeigneten Scaler entfernt. In der Regel kann jedoch der Löffeladapter mit dem Befestigungsmaterial in einem Stück vom Unterkiefer entfernt werden (Abb. 14).



Fig 11 The uncovered cusps and occlusal surfaces enable unhindered occlusion.

Abb. 11 Die unbedeckten Höckerspitzen und Kauflächen ermöglichen eine ungestörte Okklusion.



Fig 12 The tray adapter, which has been fixed using this method, carries the mandibular tracing bow securely.

Abb. 12 Der auf diese Weise befestigte Löffeladapter trägt den Unterkieferschreibbogen sicher.



Fig 13 To remove, the paraocclusal tray adapter is bent towards the front.

Abb. 13 Für die Entfernung wird der paraokklusale Löffeladapter nach vorn außen gebogen.



Fig 14 After removal, the area is checked to ensure all residues have been removed.

Abb. 14 Nach der Entfernung erfolgt die Kontrolle, ob alle Septen komplett entfernt wurden.

## Conclusion

Altogether, this method shows that with the combined qualities of a self-curing and thixotropic registration acrylic or an extra-hard addition-cured silicone with high adhesive strength, it is possible to fix a paraocclusal tray adapter to the lower dental arch without a prior laboratory appointment.

Although this means that time-consuming preparation is avoided, the clinical procedure with the patient is far

## Schlussfolgerungen

Insgesamt ergibt sich aus dem hier dargestellten Vorgehen, dass aufgrund der Kombination autopolymerisierender thixotroper Registrierungskunststoffe oder extra-harter additionsvernetzter Silikone mit hoher Klebkraft eine Befestigung des paraokklusalen Löffeladapters an der Unterkieferzahnreihe ohne einen vorherigen Labortermin erbracht werden kann.



Zwar entfällt dadurch die aufwändige Vorbereitung, dafür liegt das klinische Vorgehen am Patienten deutlich über dem Aufwand für das reine Befestigen mit Zement. Dennoch steigt die Flexibilität für die Praxis, da auch ohne vorherige Planung und Modellherstellung eine Bewegungsaufzeichnung möglich wird.

Das vorgestellte Verfahren bringt daher für die paraokklusale Aufzeichnung die gleiche Flexibilität, die sonst nur im Zusammenhang mit der periokklusalen Aufzeichnung gegeben war und schafft somit die Voraussetzungen für einen deutlichen Qualitätsgewinn in der Diagnostik, durch Einbeziehung der okklusalen Verhältnisse in die Registrierung – auch bei kurzfristiger Entscheidung für dieses Vorgehen.

greater than simply fixing with cement. Even so, flexibility within the practice increases, due to the fact that it is possible to record movements without prior planning and model casting.

This procedure gives the paraocclusal recording method the same amount of flexibility that was previously only possible with the periocclusal recording method. It thus lays the foundation for a significant increase in diagnostic quality, with the occlusal situation included in the registration—even when it is a short-term decision to use this method.

## References

1. Slavicek R, Mack H. Der Axiograph [The axiograph]. *Inf Orthod Kieferorthop* 1982;14:53-62.
2. Slavicek R, Sperr W. Klinische Erfahrungen mit dem sogenannten Axiograph [Clinical experience with the so-called axiograph]. *Osterr Z Stomatol* 1980;77:136-139.
3. Koeck B, Lückerrath W. Instrumentelle Funktionsanalyse. In: Diedrich P, Heidemann D, Horch H-H, Koeck B (eds). *Funktionsstörungen des Kauorgans*. München: Urban & Schwarzenberg, 1995:115-149.
4. Freesmeyer WB. *Zahnärztliche Funktionstherapie*. München: Hanser, 1993.
5. Ahlers MO, Edinger D. Vermessung der Unterkieferposition bei verschiedenen Zentrikregistraten unter Einsatz des Robotersystems ROSY. *Dtsch Zahnarztl Z* 1995;50:481-485.
6. Deguchi T, Uematsu S, Mimura H. Case report KY: functional analysis of a follow-up chin cup patient with TMJ pain. *Angle Orthod* 1998;68:425-430.
7. Kinderknecht KE, Wong GK, Billy EJ, Li SH. The effect of a deprogrammer on the position of the terminal transverse horizontal axis of the mandible. *J Prosthet Dent* 1992;68:123-131.
8. Kraljevic S, Panduric J, Badel T, Dulcic N. Registration and measurement of opening and closing jaw movements and rotational mandibular capacity by using the method of electronic axiography. *Coll Antropol* 2003;27(Suppl 2):51-59.
9. Nagy WW, Smithy TJ, Wirth CG. Accuracy of a predetermined transverse horizontal mandibular axis point. *J Prosthet Dent* 2002;87:387-394.
10. Ott K, Bock O, Engerer M. Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Registrierungen nach A. G. Lauritzen. *Dtsch Zahnarztl Z* 1980;35:318-322.
11. Slavicek R. Gelenkpositionsdiagnostik und gezielte Initialtherapie mit Aufbissschienen im Unterkiefer. *Dtsch Zahnarztl Z* 1980;35:616-620.
12. Stachniss V, Jähnig A, Kubein D, Krüger W. Therapeutische Kondylenpositionierung im Artikulator mit Hilfe von Kiefergelenk-Röntgenaufnahmen und sagittalem Pantogramm. *Dtsch Zahnarztl Z* 1980;35:642-647.
13. Kucukkeles N, Ozkan H, Ari-Demirkaya A, Cilingirturk AM. Compatibility of mechanical and computerized axiographs: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2005;94:190-194.
14. Petrie CS, Woolsey GD, Williams K. Comparison of recordings obtained with computerized axiography and mechanical pantography at 2 time intervals. *J Prosthodont* 2003;12:102-110.
15. Wagner A, Seemann R, Schicho K, Ewers R, Piehlslinger E. A comparative analysis of optical and conventional axiography for the analysis of temporomandibular joint movements. *J Prosthet Dent* 2003;90:503-509.
16. Bernhardt O, Kuppers N, Rosin M, Meyer G. Comparative tests of arbitrary and kinematic transverse horizontal axis recordings of mandibular movements. *J Prosthet Dent* 2003;89:175-179.
17. Alsawaf M, Garlapo DA, Gale EN, Carter MJ. The relationship between condylar guidance and temporomandibular joint clicking. *J Prosthet Dent* 1989;61:349-354.
18. Fushima K, Sato S, Suzuki Y, Kashima I. Horizontal condylar path in patients with disk displacement with reduction. *Cranio* 1994;12:78-86; discussion 87.
19. Jähnig A, Kubein D, Krüger W, Stachniss V. Okklusion und Kiefergelenkdysfunktion - vergleichende pantographische Funktionsuntersuchung am Patienten mit paraokklusalen Löffeln. *Dtsch Zahnarztl Z* 1980;35:635-638.

20. Krüger W, Kubein D, Stachniss V, Jähmig A. Okklusion und Kiefergelenkdysfunktion - Repantographische Funktionsuntersuchung im Stuart-Artikulator. Dtsch Zahnarztl Z 1980; 35:639-641.
21. Ozawa S, Tanne K. Diagnostic accuracy of sagittal condylar movement patterns for identifying internal derangement of the temporomandibular joint. J Orofac Pain 1997;11: 222-231.
22. Ozkan H, Kucukkeles N. Condylar pathway changes following different treatment modalities. Eur J Orthod 2003; 25:477-484.
23. Theusner J, Plesh O, Curtis DA, Hutton JE. Axiographic tracings of temporomandibular joint movements. J Prosthet Dent 1993;69:209-215.
24. Alsawaf MM, Garlapo DA. Influence of tooth contact on the path of condylar movements. J Prosthet Dent 1992;67: 394-400.

**Adresse/ Address**

Priv.-Doz. Dr. med. dent. M. Oliver Ahlers  
 Specialist in Function, Diagnostics and Therapy (DGFDT)  
 CMD-Centre Hamburg-Eppendorf  
 Falkenried 88, 20251 Hamburg, Germany  
 E-mail: Oliver.Ahlers@CMD-Centrum.de

and

University Hospital Hamburg-Eppendorf  
 School for Dental Medicine (ZZMK)  
 Department for Restorative and Preventive Dentistry  
 Martinistraße 52  
 20251 Hamburg, Germany

Priv.-Doz. Dr. med. dent. M. Oliver Ahlers  
 Spezialist für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT)  
 CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf  
 Falkenried 88, 20251 Hamburg  
 E-Mail: Oliver.Ahlers@CMD-Centrum.de

und

Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf  
 Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZZMK)  
 Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde  
 Martinistraße 52  
 20251 Hamburg