



M. Oliver Ahlers

M. O. Ahlers

Determination of vertical dimension when using repositioning onlays for second stage restorative treatment after functional therapy

Bestimmung der vertikalen Kieferrelation bei restaurativen Abschlussbehandlungen mittels Repositions-Onlays nach funktionstherapeutischer Vorbehandlung

Zusammenfassung

Im Anschluss an funktionstherapeutische Behandlungen kann es im Einzelfall erforderlich werden, die nach der Funktionstherapie verbliebene Kieferposition mittels dauerhafter Behandlungsverfahren zu stabilisieren. Die Indikation hierfür liegt vor, wenn in der nach Funktionstherapie verbleibenden Kieferposition eine gleichmäßige okklusale Abstützung nicht gegeben ist und eine Dauertherapie mittels einer Okklusionsschiene nicht infrage kommt. Ein Okklusionsausgleich kann in diesem Fall mittels kieferorthopädischer, kieferchirurgischer oder zahnärztlich-restaurativer Behandlungsverfahren erfolgen. In jedem Fall ist dabei die vertikale Dimension zu bestimmen, die mit der Abschlussbehandlung eingestellt werden soll. Der vorliegende Beitrag stellt hierfür alternativ kephalometrische Verfahren sowie die Orientierung an okklusalen und materialkundlichen Parametern als Grundlage subtraktiver oder additiver restaurativer Verfahren vor.

Abstract

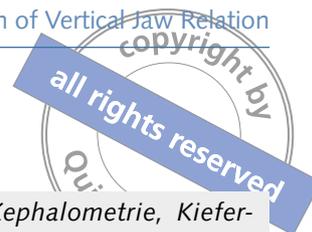
After completion of functional therapy, irreversible and/or long-term secondary treatment procedures may be necessary to stabilize the jaw position achieved in functional therapy in individual patients when the post-treatment jaw position after functional therapy does not provide an even distribution of occlusal contacts, and long-term occlusal splint therapy is not an option. If indicated, options for second stage occlusal adjustment following functional therapy include orthodontic, surgical, and dental restorative treatments. In any case, the clinician must determine the desired vertical dimension of occlusion before starting second stage treatment. This paper presents cephalometric methods, as an alternative, and consideration of occlusal and material-specific factors for additive restoration or subtractive occlusal equilibration.

Priv.-Doz. Dr. med. dent. M. Oliver Ahlers

CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf

und

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf



Keywords: vertical dimension, cephalometrics, orthodontic treatment, subtractive occlusal therapy, restorative therapy, repositioning onlays, disk-repositioning onlays

Introduction

The core objective of all functional therapies, according to current understanding, is functional rehabilitation of the craniomandibular system. Treatment usually consists of reversible dental procedures. Depending on the situation, supplementary treatments such as orthodontic therapy, psychosomatic therapy, physiotherapy and muscle relation exercises (autogenic training, progressive muscle relaxation, biofeedback, etc) may be included in a multimodal approach.

No irreversible treatments should be performed after functional therapy unless absolutely necessary. Nevertheless, second stage orthodontic or restorative treatment is occasionally needed in individual cases after functional therapy to stabilize the jaw position established during functional therapy. If it is determined that second-stage treatment is indicated, the clinician must choose between the available treatment options and then determine the most appropriate vertical dimension of occlusion.

Needs assessment

When assessing the need for second stage restorative treatment after completion of functional therapy, the first rule to remember is that this type of treatment should never be performed unless it is absolutely necessary.

The goal of functional therapy is *not* to perform subsequent second stage orthodontic or dental restorative procedures. Instead, even among the patients referred to the author's specialized temporomandibular dysfunction (TMD) treatment center, the statistical norm is that patients do *not* require subsequent restorative treatment after completion of functional therapy as a direct complication of functional correction.

The only cases where second stage orthodontic and/or restorative treatment is needed after successful functional therapy are those where there is a lack of occlusal support or where long-term occlusal splint therapy is contraindicated or unwanted, making it necessary to adjust the occlusion to the jaw position established in functional therapy (Fig 1).

Indizes: Vertikale Dimension, Kephalmetrie, Kieferorthopädie, Einschleiftherapie, restaurative Therapie, Repositions-Onlays

Einleitung

Funktionstherapeutische Behandlungen zielen nach heutigem Verständnis im Kern auf eine Wiederherstellung der Eufunktion im kranio-mandibulären System ab. Die Behandlung erfolgt in der Regel mittels reversibler zahnärztlicher Verfahren, die je nach Situation multimodal durch Physiotherapie, orthopädische, psychosomatische und tonusmindernde Maßnahmen (beispielsweise autogenes Training, progressive Muskelrelaxation, Biofeedback) ergänzt werden.

Im Abschluss an die Funktionstherapie sollte nach Möglichkeit *keine* Behandlung mittels irreversibler Therapieverfahren nötig sein. Dennoch kann es im Anschluss an funktionstherapeutische Behandlungen im Einzelfall erforderlich werden, die nach der Funktionstherapie verbliebene Kieferposition mittels kieferorthopädischer oder restaurativer Behandlungsverfahren zu stabilisieren. Im Zusammenhang mit der Prüfung der Indikation hat in diesem Fall eine Abwägung zwischen den verfügbaren Behandlungsalternativen zu erfolgen, gefolgt von einer Festlegung der geeigneten vertikalen Dimension.

Indikationsstellung

Bei der Prüfung der Notwendigkeit einer derartigen restaurativen Abschlussbehandlung nach funktionstherapeutischen Behandlungen ist die erste Vorgabe, dass derartige Behandlungen überhaupt nur stattfinden sollten, wenn sie unbedingt erforderlich sind.

Es ist *nicht* das Ziel einer funktionstherapeutischen Behandlung, im Anschluss an diese eine kieferorthopädische oder restaurative Anschlussbehandlung durchzuführen. Stattdessen besteht selbst bei den in das spezialisierte CMD-Centrum des Autors überwiesenen Patienten der statistische Normalfall, dass nach Abschluss der Funktionstherapie *keine* restaurativen Maßnahmen als unmittelbare Folge der Funktionskorrektur erforderlich werden.

Eine kieferorthopädische und/oder restaurative Abschlussbehandlung wird nur in jenen Fällen erforderlich, in denen nach erfolgreicher funktionstherapeutischer

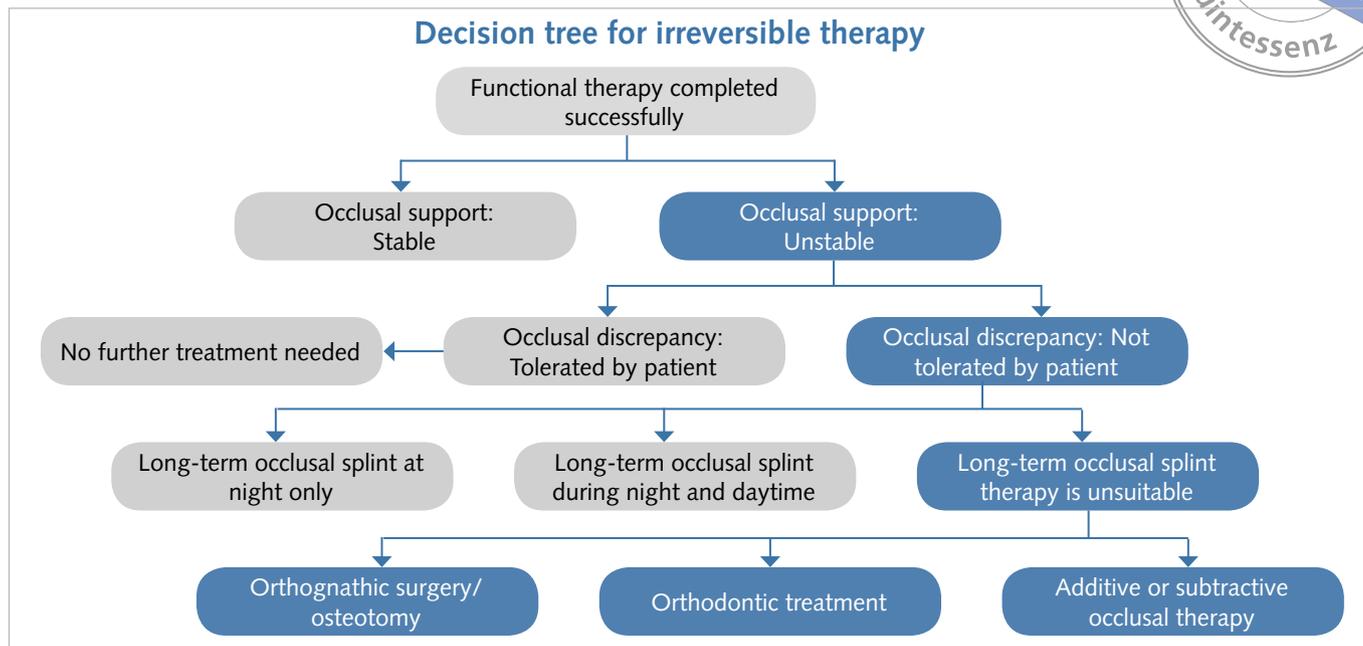


Fig 1 Decision tree showing indications for various irreversible second-stage occlusal therapy options.

Vorbehandlung eine nicht durch die dentale Okklusion abgestützte Situation verbleibt, eine Dauertherapie mittels einer Okklusionsschiene nicht angezeigt ist oder nicht gewünscht wird und deswegen eine Anpassung der Okklusion an die etablierte Kieferposition erforderlich wird (Abb. 1).

Behandlungsalternativen

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Funktionstherapie ist daher zunächst zu prüfen, ob in der mit der Okklusionsschiene eingestellten Kieferposition eine gleichmäßige okklusale Abstützung besteht.

Verzicht auf Folgetherapien

Wenn in der eingestellten Kieferposition die Okklusion nicht gleichmäßig bzw. stabil abgestützt wird, ist zu klären, ob die Differenz unbehandelt verbleiben kann. Dabei gilt es, gemeinsam mit den Patienten abzuschätzen, ob es ihre Toleranz gegenüber okklusalen Diskrepanzen erlaubt, mit der Situation ohne weitere okklusale Anpassung zu leben. Dies kann in Einzelfällen durchaus der Fall sein, vor allem wenn die Differenz klein und die Adaptationsfähigkeit der Patienten gut wiederhergestellt ist.

Treatment options

After successful completion of functional therapy, the clinician must first check whether the adjusted jaw position achieved with the occlusal splint provides good occlusal support with an even distribution of contacts.

Decision to forego further treatment

If the adjusted jaw position does not provide uniform and/or stable occlusal support, the next step is to determine whether the discrepancy can be left untreated. The dentist and patient should jointly discuss whether the occlusal discrepancy is tolerable and whether the patient can live with it without further occlusal adjustment. This may well be the case, especially if the discrepancy is small and the patient's neuromuscular adaptation is good.

Long-term occlusal splint therapy

If the affected patient cannot tolerate the occlusal discrepancy and requests further treatment, long-term occlusal splint therapy in which the patient wears an occlusal splint only at night and tolerates the discrepancy during the daytime is one option. The prerequisites for this are sufficient neuromuscular adaptation, minor occlusal discrepancies, and stable joint

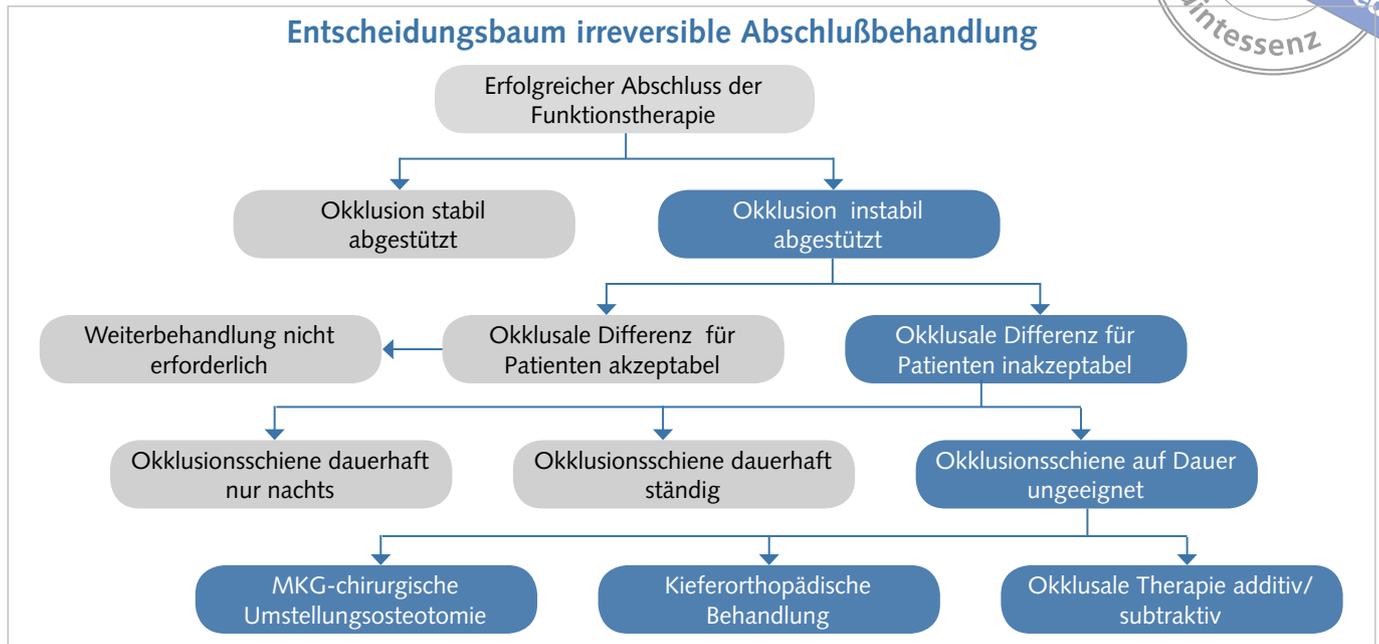


Abb. 1 Entscheidungsbaum zur Indikation einer Abschlussbehandlung mit irreversiblen Behandlungsverfahren.

positions. Long-term occlusal splint therapy in which the appliance is worn day and night can work in single cases, despite the drawbacks associated with this.

If, and only if, these treatment options have been exhausted, orthodontic, surgical and restorative procedures can be considered as second-stage treatment options.

Orthognathic surgery

Because of its invasive nature and inherent risks, surgery should be reserved for those cases in which other alternatives are not feasible or practicable.

Orthodontic treatment

Orthodontic treatment is particularly indicated for tooth preservation in cases where no dental restorative treatment is needed and/or if the patient does not have any restorations and/or if individual teeth or groups of teeth disturb the occlusion and the elimination of these occlusal disturbances can be expected to achieve good occlusal support with an even distribution of tooth contacts in the therapeutic jaw position and joint position. Please note that the general contraindications for orthodontic treatment still apply.

Additionally, in these situations it is crucial to ensure that no changes in jaw relation will occur during orthodontic

Dauertherapie mit Okklusionsschienen

Sofern der betroffene Patient die bestehende Differenz nicht ohne weitere Behandlung akzeptiert, kann eine Alternative in der Dauertherapie mit einer nur nachts getragenen Schiene bestehen, unter Akzeptanz der okklusalen Diskrepanzen tagsüber. Auch dies setzt eine hinreichende Wiederherstellung der Adaptationsfähigkeit, eine geringe okklusale Differenz und stabile Gelenkstellungen voraus. In Einzelfällen kann auch das Tragen einer Okklusionsschiene als Dauertherapie tagsüber und nachts eine Option sein, mit allen damit verbundenen Nachteilen.

Nur wenn diese Alternativen ausscheiden, ist eine Anschlussbehandlung mittels kieferorthopädischer oder kieferchirurgischer oder restaurativer Verfahren indiziert.

Kieferchirurgische Therapieverfahren

Dabei sind kieferchirurgische Behandlungsverfahren aufgrund ihres invasiven Charakters und der damit verbundenen Risiken jenen Fällen vorbehalten, in denen andere Alternativen nicht einsetzbar sind.

Kieferorthopädische Therapieverfahren

Kieferorthopädische Behandlungen sind insbesondere dann indiziert, wenn aus zahnerhaltenden Gründen keine

restaurativen Maßnahmen an den Zähnen erforderlich bzw. die Zähne frei von Restaurationen sind und/oder einzelne Zähne oder Zahngruppen die Okklusion stören und nach deren Beseitigung eine gleichmäßige okklusale Abstützung in der therapeutischen Kieferposition und -gelenkstellung absehbar ist. Zu berücksichtigen sind dabei allgemeine Kontraindikationen gegenüber kieferorthopädischen Behandlungen.

Hinzu kommt in diesen Fällen das besondere Problem, im Einzelfall sicherzustellen, dass nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung die Kieferrelation unverändert bleibt. Dies ist unter Umständen nicht der Fall und würde im Anschluss eine erneute Funktionstherapie erfordern. Entscheidend ist somit die Bereitschaft des Patienten, dieses Risiko zu auf sich zu nehmen und die Offenheit für das Tragen einer zumeist festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur.

Restaurative Therapieverfahren

Sofern eine kieferorthopädische Behandlung nicht oder nur adjuvant infrage kommt, sind schließlich restaurative Verfahren zu prüfen¹.

Grundsätzlich sind hierbei zunächst subtraktive (Einschleiftherapie) von additiven Verfahren zu unterscheiden. Die Entscheidung zwischen beiden Alternativen basiert in der Regel auf dem Zustand der vorhandenen Zähne sowie auf einer Auswertung der mit dem jeweiligen Verfahren erreichbaren Kieferposition und der durch die Einschleiftherapie absehbar zu erzielenden okklusalen Stabilität. Sofern eine Einschleiftherapie im Einzelfall als Alternative ausscheidet, stehen heute invasive, minimalinvasive und noninvasive additive restaurative Therapieverfahren zur Auswahl²⁻¹⁰.

- Hierzu zählt zum einen das klassische invasive Vorgehen, bei dem zunächst die zu erhaltenden Zähne für die Aufnahme von Restaurationen präpariert werden, bevor anschließend mittels Langzeitprovisorien und später mittels definitiver Restaurationen die Kieferposition stabilisiert wird.
- Eine minimalinvasive Alternative bietet heute die Beschränkung der Präparation auf den Schmelz. Solche Restaurationen werden zuweilen umgangssprachlich „table tops“ genannt.
- Schließlich besteht auch die Möglichkeit, die Kontur ausgesuchter Zähne ohne deren Präparation (noninvasiv) mittels rein additiver Restaurationen zu korrigieren. Derartige Restaurationen werden seit Ende der 80er Jahre als „Repositioning-Onlays“ bzw. „Repositions-Onlays“

treatment. This is a particular problem in these cases. If changes occur, functional therapy will have to be performed again after completion of orthodontic treatment. Consequently, the patient must be willing to accept this risk – and the need to wear braces.

Restorative treatment

If orthodontic treatment is contraindicated or indicated only as adjuvant therapy, restorative treatment options can be considered¹.

Two main restorative approaches are distinguished: additive occlusal therapy and subtractive occlusal therapy (selective grinding). The choice between the two approaches is usually based on the condition of the teeth and the clinician's estimation of the jaw position achievable with the approach in question, and the degree of occlusal stability attainable by selective grinding. If selective grinding of the teeth is not an acceptable option, there are other invasive, minimally invasive and non-invasive restorative treatment options (eg, additive occlusal therapy) to choose from²⁻¹⁰.

- These include the conventional subtractive procedure in which the teeth are first prepared for restoration and, after tooth preparation, long-term provisional restorations and, later, the definitive restorations are placed to stabilize the jaw position.
- A minimally invasive approach used in contemporary dentistry is to limit tooth preparation to enamel. This procedure is colloquially referred to as “table-top preparation.”
- Last but not least, additive occlusal therapy is a purely non-invasive option for the placement of additive restoration to correct the contours of selected teeth without preparation. These additive restorations, introduced in the 1980s, are referred to as disk-repositioning onlays^{11,12} or repositioning onlays. These can be made using resin composites^{3,4,13-17} or high-strength lithium disilicate glass ceramics^{5,18} and are regarded as either semi-permanent or definitive restorations, respectively. Special adhesive techniques are needed to securely bond these restorations to the various intraoral structures, which eliminate the possibility of a preliminary long-term provisional trial phase. This is why it is so important to adjust the vertical dimension of occlusion.

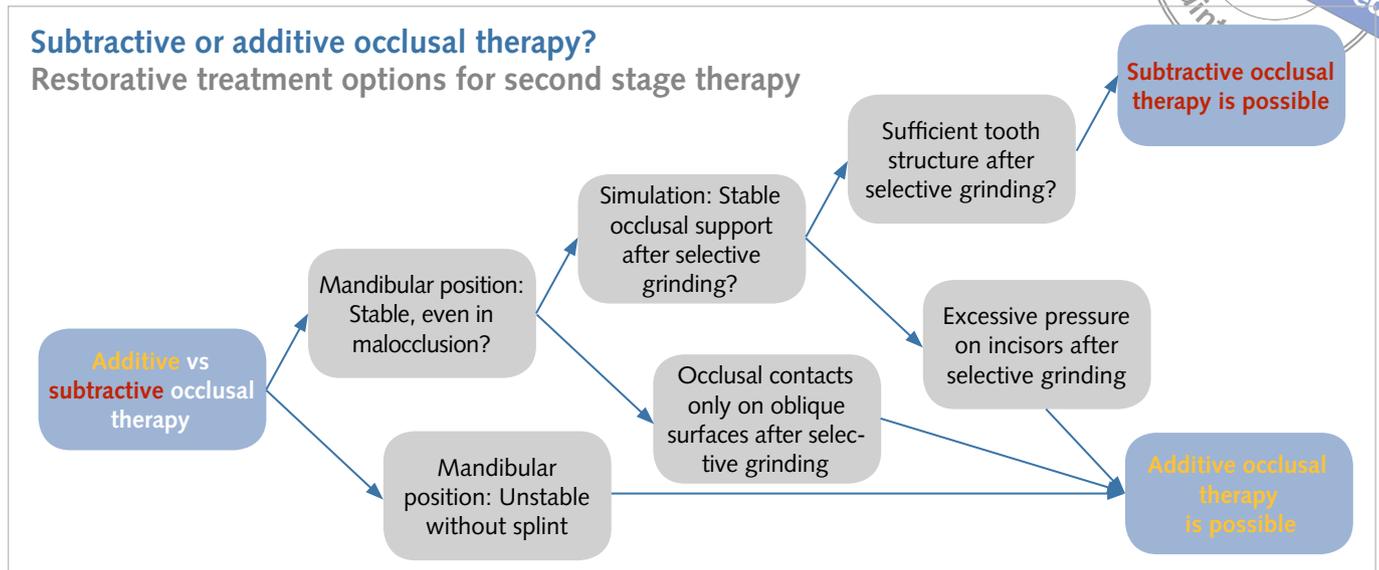


Fig 2 Decision tree for choosing between subtractive versus additive occlusal therapy options.

Methods for determining vertical dimension of occlusion

Various methods for adjustment of jaw position have been introduced. The individual methods will be discussed in the following sections.

Cephalometric methods

One method for determining the most appropriate vertical dimension involves the use of orthodontic techniques. A lateral cephalogram is obtained for this purpose. The corresponding anatomical structures are then traced and determined. The cephalometric points defined by suitable procedures are correlated to each other using appropriate formulas and then determined based on the estimated corrected lower facial height.

The advantage of cephalometric methods is that orthodontic aspects are taken into consideration. This is particularly useful when completely new adjustment of the occlusion should and must be performed. The disadvantage of cephalometric methods is that they sometimes produce results that contradict material-specific aspects and other aspects listed below. Consequently, other approaches are a more suitable basis for second-stage restorative treatment.

bezeichnet^{11,12}. Sie können aus Komposit hergestellt werden und sind dann als semipermanente Restaurationen anzusehen^{3,4,13-17}, oder alternativ aus hochfester Glaskeramik (Lithiumdisilikat) im Sinne einer definitiven Restauration^{5,18}. Da diese Restaurationen nur mittels spezieller Adhäsivtechniken an den verschiedenen intraoralen Strukturen fest haften, ist eine vorherige Phase der langzeitprovisorischen Erprobung unmöglich. Aus diesem Grund kommt der Einstellung der vertikalen Dimension eine besondere Bedeutung zu.

Verfahren zur Festlegung der vertikalen Dimension

Bei der Einstellung der Kieferposition sind verschiedene Verfahren eingeführt. Diese werden daher nachfolgend einzeln besprochen.

Kephalometrische Verfahren

Eine Möglichkeit der Bestimmung der geeigneten vertikalen Dimension bietet der Einsatz kieferorthopädischer Arbeitstechniken. Hierfür wird eine Fernröntgenseitenaufnahme erstellt. Nach anschließender Durchzeichnung werden die entsprechenden anatomischen Strukturen bestimmt. Die in den entsprechenden Verfahren definierten Messpunkte können dann mittels entsprechender Formeln zueinander

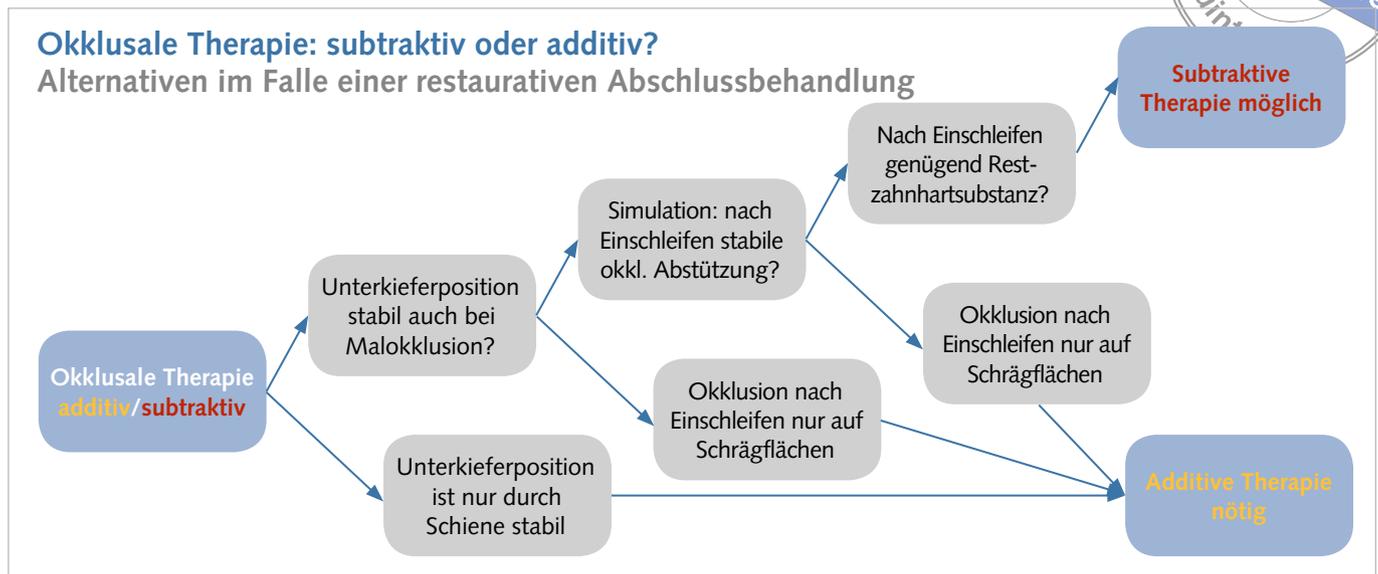


Abb. 2 Entscheidungskriterien zur okklusalen Anpassung mittels restaurativer subtraktiver oder additiver Therapieverfahren.

in Beziehung gebracht werden und dann auf Basis der ermittelten korrigierten Untergesichtshöhe bestimmt.

Der Vorteil dieser Verfahren ist die Berücksichtigung kieferorthopädischer Aspekte. Dies wirkt dann schwer, wenn ohnehin eine völlige Neueinstellung der Okklusion erfolgen soll und muss. Der Nachteil ist zugleich, dass hieraus teils Ergebnisse resultieren, die materialkundlichen und anderen unten aufgeführten Aspekten entgegenstehen. Als Grundlage restaurativer Abschlussbehandlungen bieten sich daher auch andere Vorgehensweisen an.

Evaluation der subtraktiven Beseitigung von Okklusionshindernissen

Ein Weg besteht darin, von vornherein die aktuelle vertikale Dimension als gegeben anzunehmen und in der nach Abschluss der Funktionstherapie existenten Kieferposition lediglich mittels systematischer Einschleiftherapie bestehende Okklusionshindernisse zu beseitigen. Eine solche Behandlung mittels Einschleiftechnik ist nur unter bestimmten Bedingungen sinnvoll. Ein Entscheidungsbaum ermöglicht diese Auswahl nach strukturierten Kriterien (Abb. 2):

- Voraussetzung hierfür ist, dass nach dem Ende der Funktionstherapie die gegebene Kieferposition und Gelenkstellung so stabil geführt wird, dass nach den ersten Einschleifkorrekturen die betroffenen Patienten im Aufbiss eine stabile Position einnehmen. Andernfalls ist während der Einschleiftherapie mit zufällig

Evaluation of subtractive occlusal therapy

Another option is to accept the vertical dimension established by functional therapy as given and, therefore, to simply perform subtractive occlusal therapy for systematic elimination of the occlusal interferences remaining in the given jaw position after functional therapy.

The decision tree for choosing between additive versus subtractive occlusal therapy is shown in Fig 2. Subtractive occlusal therapy is useful for second stage treatment only under the following conditions:

- If, after completion of functional therapy, the given jaw and joint positions are so stable that the initial occlusal adjustments made by selective grinding can be expected to result in a stable position and balanced bite. Otherwise, subtractive occlusal therapy can be expected to produce random jaw positions, making a systematic approach impossible. In the planning phase, the clinician can check whether these criteria (stable jaw position and joint position) are met by obtaining current centric relation records and then evaluating the centric bite registrations by condylar position analysis.
- A diagnostic subtractive equilibration should be performed with casts mounted on an articulator for prior simulation of subtractive occlusal therapy to ensure that the planned occlusal adjustments will result in stable support and an even distribution of contacts in centric relation on both sides of the arch.

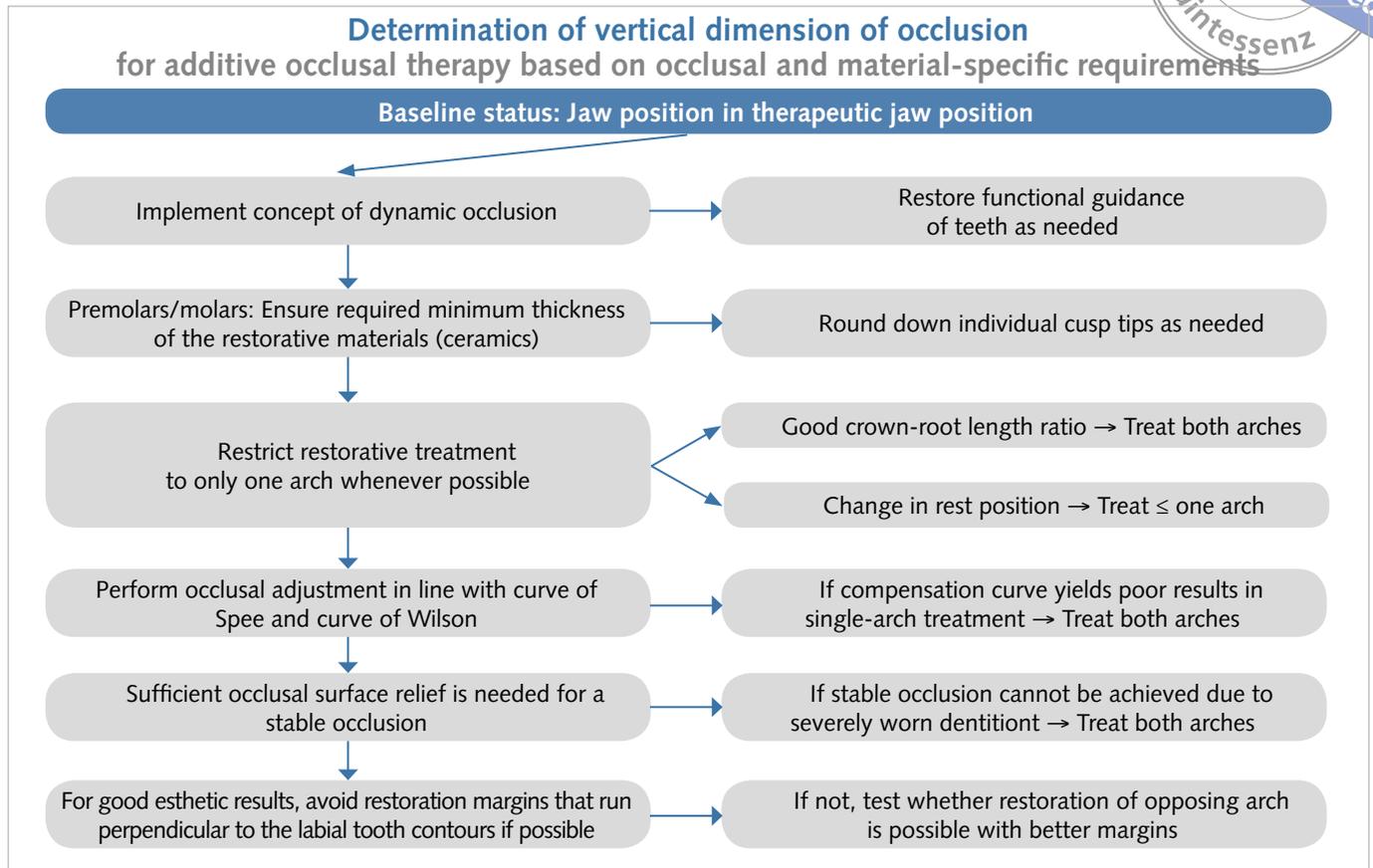


Fig 3 Parameters for determining the proper vertical dimension of occlusion for additive occlusal therapy using repositioning onlays.

- Finally, the systematic grinding done in the scope of subtractive occlusal therapy must not result in any disproportionate shortening of the posterior teeth that leads to excessive pressure on the anterior teeth. Adequate occlusal correction must be reached by spot grinding only.

If this decision-tree analysis approach reveals the presence of infraocclusion, the clinician must evaluate the extent to which building up individual teeth or groups of teeth on one or both sides of the mouth would enable occlusal equilibration in the given joint position.

Method based on occlusal and material specific requirements

All invasive, minimally invasive and non-invasive additive restorative treatment methods have in common the need for prior determination of the planned vertical dimension of occlusion. It is advisable to develop an individually appropriate approach starting from the current dental situation

eingenommenen Kieferpositionen zu rechnen und somit ein systematisches Vorgehen unmöglich. Dieses Kriterium einer stabilen Kieferposition und Gelenkstellung lässt sich im Vorfeld mittels einer aktuellen Registrierung der zentrischen Kieferrelation und der Vermessung der Registrate mit dem Verfahren der Kondylenpositionsanalyse überprüfen.

- Zudem sollte im Rahmen einer vorherigen Simulation der Einschleiftherapie an entsprechend montierten Modellen das Ergebnis erreicht worden sein, dass nach dem Einschleifen eine stabile gleichmäßige Abstützung der Zähne zueinander auf beiden Kieferseiten erreicht werden kann.
- Und schließlich darf beim systematischen Einschleifen keine Situation entstehen, in der die Seitenzähne zum Okklusionsausgleich in korrigierter Kieferposition so weit eingekürzt werden müssen, dass daraus eine übermäßige Belastung der Frontzähne resultiert – welche in der Regel bei entsprechenden Einschleifbehandlungen maximal im Rahmen punktueller Korrekturen beschliffen werden.

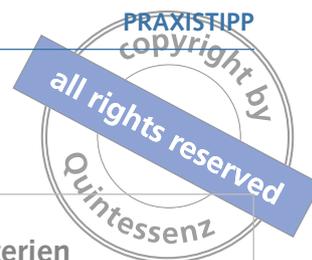


Abb. 3 Parameter zur Bestimmung der geeigneten vertikalen Dimension bei restaurativen additiven Therapieverfahren (Repositions-Onlays).

Sofern es sich in dieser Auswertungskaskade ergibt, dass eine Einschleiftherapie *nicht* umsetzbar ist oder von vornherein erkennbar ist, dass eher eine Infraokklusion besteht, sollte geprüft werden, inwieweit eine Erhöhung einzelner Zähne oder ganzer Zahngruppen ein- oder beidseits einen Okklusionsausgleich in der gefundenen Gelenkstellung ermöglicht.

Vorgehen nach okklusalen und materialkundlichen Vorgaben

Allen invasiven, minimalinvasiven und noninvasiven additiven restaurativen Therapieverfahren gemeinsam ist die Notwendigkeit, die geplante spätere vertikale Dimension im Vorfeld zu bestimmen. Hierfür bietet es sich an, ausgehend von der aktuellen Situation und dentalen sowie materialkundlichen Parametern eine individuell geeignete Position zu entwickeln. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Orientierung an Parametern, die ohnehin in jedem Fall zu berücksichtigen sind, auch wenn eine

and proceeding based on the occlusal and material-specific requirements. The advantage of this approach is that these are parameters that invariably have to be taken into account anyway, even if adjustment of the vertical dimension of occlusion is based on the results of cephalometric analysis. They are deciding factors in the outcome and prognosis of second-stage restorative treatment. Consecutive analysis of the following parameters is recommended (Fig 3):

1. The vertical dimension of occlusion should only be increased or built up to the extent that anterior and canine guidance in eccentric positions is still intact. Otherwise, additional restorative treatment might be necessary, especially in the anterior region. This is often an undesirable effect that increases the time and effort required for treatment considerably.
2. If the vertical dimension is increased or restored to the extent that overlap of the anterior teeth remains, but canine or canine/premolar guidance in dynamic occlusion is not achieved, occlusal reshaping of the affected teeth should be performed (Figs 4 to 6).



Fig 4 Case study: On initial presentation, the patient showed symptoms of temporomandibular dysfunction (myopathy, arthropathy and occlusal pathology), bruxism and extensive loss of tooth structure and vertical dimension. (The extensive functional analysis findings are not shown because this paper focused on reconstruction of the vertical dimension of occlusion.)

Abb. 4 Kasuistik: Ausgangssituation bei Zustand mit kranio-mandibulärer Dysfunktion (Myopathie, Arthropathie und Okklusopathie) und Bruxismus mit fortgeschrittenem Verlust von Zahnhartsubstanzen und vertikaler Dimension. (Die umfangreichen Funktionsbefunde sind aus Platzgründen nicht abgebildet, da in diesem Beitrag die Wiederherstellung der vertikalen Dimension im Fokus stand.)

3. When restoring the posterior teeth, sufficient space to accommodate the required minimum thickness of the restorative materials (eg, repositioning onlays) is needed for the occlusal equilibration measures described further on in this paper (Figs 7 and 8). Assuming that lithium disilicate glass ceramic is used (IPS (E.max Press, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), so far the recommendations of the manufacturer specify that a minimum thickness of 1.0 mm is required in the occlusal areas, and that material thicknesses of 0.5 mm and 0.3 mm (thin veneers) are sufficient in areas without occlusal loading. Subsequently, the vertical dimension must be sufficient to ensure this material thickness can be achieved in at least one arch. However, current research concentrates on the issue if smaller thicknesses of this particular material are acceptable to avoid additional preparations of tooth structure to make room for restorative material.
4. If there is insufficient material thickness in the vicinity of individual cusp tips, they must be reshaped (rounded down) as needed before new impressions are taken.

kephalometrische Auswertung die Grundlage der vertikalen Einstellung bildet. Sie sind daher für die Perspektive bzw. Prognose restaurativer Abschlussbehandlungen entscheidend. Hierbei sind nacheinander folgende Parameter zu prüfen (Abb. 3):

1. Die vertikale Dimension sollte nur so weit angehoben bzw. wiederhergestellt werden, dass die Führung durch die Front- und Eckzähne in die Exzentrik weiterhin gegeben ist – andernfalls müssen insbesondere die Frontzähne zusätzlich restaurativ behandelt werden, was den Behandlungsaufwand zumindest deutlich erhöht und häufig unerwünscht ist.
2. Sofern eine Erhöhung oder Wiederherstellung der vertikalen Dimension soweit möglich ist, dass die Überlappung der Frontzähne bestehen bleibt, aber eine Führung in der dynamischen Okklusion durch die Eckzähne bzw. Eckzahn/Prämolaren nicht erreicht wird, sollten diese durch Rekontourierungen angepasst werden (Abb. 4 bis 6).
3. Im Bereich der Seitenzähne ist hinreichender Platz für die jeweilige Mindestmaterialstärke des betreffenden Materials nachfolgender okklusionsausgleichender Maßnahmen (beispielsweise Repositions-Onlays) erforderlich (Abb. 7 und 8). Sofern hierfür Lithiumdisilikatkeramik (IPS e.max Press; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) Verwendung findet, ist die bisherige Empfehlung des Herstellers die Einhaltung einer Materialstärke von 1,0 mm im okklusionstragenden Bereich. Im nicht okklusionstragenden Bereich sind demnach Materialstärken von 0,5 bzw. 0,3 mm („thin veneers“) ausreichend. Erforderlich ist demzufolge eine hinreichende vertikale Dimension, damit zumindest in einem Kiefer diese Materialstärke erreicht wird. Verschiedene Studien gehen derzeit der Frage nach, ob nicht auch geringere Materialstärken klinisch akzeptabel sind, um im Zweifelsfall die Entfernung von Zahnhartsubstanzen zum gleichvolumigen Ersatz durch das Restaurationsmaterial zu vermeiden.
4. Wird die Materialstärke punktuell im Bereich einzelner Höckerspitzen unterschritten, müssen diese entsprechend abgerundet werden, bevor entsprechende Neubildungen der Kieferbögen erfolgen.
5. Die Anpassung der Zahnkonturen sollte nach Möglichkeit nur an *einem* Kiefer erfolgen, um den Behandlungsaufwand und auch die Komplexität der Behandlung zu begrenzen.
6. Dabei darf jedoch keine Erhöhung der klinischen Zahnkronen in einer Weise erfolgen, dass das Verhältnis der



Figs 5a and b Status after placement of direct composite fillings for conservative treatment of the mandibular and maxillary occlusal surfaces as the basis for further treatment.

Abb. 5a und b Situation nach konservierender Behandlung der Kauflächen im Ober- und Unterkiefer mittels direkter Kompositfüllungen als Grundlage der Weiterbehandlung.

Fig 6 Status after completion of functional therapy consisting of initial placement of a flat occlusal splint on the occlusal surfaces for relaxation purposes, followed by a joint-repositioning splint with cusps and fossae (positioning of the mandible in centric jaw relation, which increased the range of motion, also in the posterior direction).

Abb. 6 Situation nach Abschluss der Funktionstherapie mittels initial einer in der Kaufläche planen Relaxierungsschiene, gefolgt von einer Positionierungsschiene mit Höckern und Fossae (Positionierung des Unterkiefers in zentrischer Kieferrelation mit dadurch wiedergewonnenem Freiheitsgrad auch nach retral).



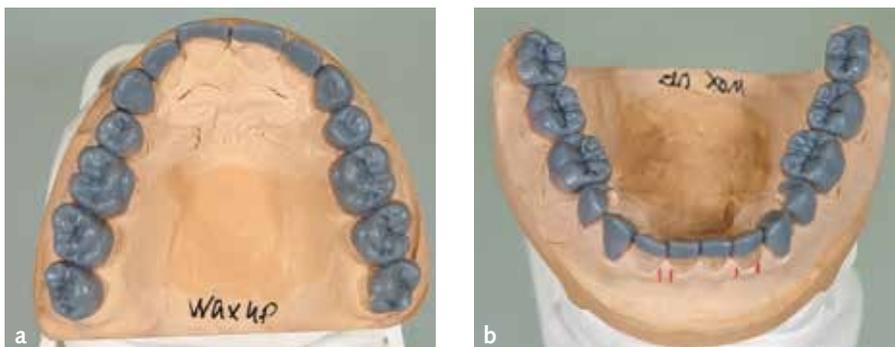
Figs 7a and b Right and left lateral views of the therapeutic jaw position with the repositioning splint in place and the occlusion adjusted to the planned therapeutic vertical dimension.

Abb. 7a und b Ansicht der therapeutischen Kieferposition mit eingegliedert Positionierungsschiene von lateral rechts und links mit Einstellung in der geplanten späteren therapeutischen vertikalen Dimension.



Figs 8a to c Wax-up of the planned posterior and anterior restorations on jaw models made of type IV superhard plaster in the therapeutic jaw position (right lateral, frontal and left lateral views).

Abb. 8a bis c Wax-up der geplanten Restaurationen im Seiten- und Frontzahnbereich auf Situationsmodellen aus Superhartgips Typ IV in therapeutischer Kieferposition (Ansichten von rechts, frontal und links).



Figs 9a and b Wax-up of the planned restorations of the maxillary and mandibular anterior and posterior teeth following the occlusal concept developed by Polz and Schulz^{24,25}.

Abb. 9a und b Wax-up der geplanten Restaurationen im Front- und Seitenzahnbereich des Ober- und Unterkiefers in Anlehnung an das Okklusionskonzept nach Polz und Schulz^{24,25}.

5. If possible, adjustments of tooth shape should only be performed in *one* arch in order to reduce treatment workload and complexity.
6. There must be no increase in the clinical crown height that increases the crown–root length ratio too far from the natural order of magnitude. If this occurs, tooth contouring will be needed in both arches. Again, the clinician must ensure that sufficient material thicknesses can be achieved in both arches, which is usually the case in these situations.
7. With regard to the effects of treatment on the dynamic and static occlusion, the clinician should strive to adjust the occlusion with an appropriate compensation curve (curve of Spee, curve of Wilson) in order to ensure interference-free occlusal contacts with antagonist teeth.
8. Sufficient occlusal surface relief is needed in both arches to achieve a stable occlusion (Figs 9a to 9c). In patients with severely worn dentition, this goal often cannot be

Kronen/Wurzellänge zu weit von natürlichen Größenordnungen weg verändert wird. In diesem Fall ist eine Anpassung der Zahnkonturen in beiden Kiefern erforderlich. Hierbei ist dann allerdings wieder zu berücksichtigen, dass in beiden Kiefern ausreichende Materialstärken erreicht werden.

7. Im Hinblick auf die resultierende statische und vor allem die dynamische Okklusion ist – um eine störungsfreie Interaktion der Antagonisten sicherzustellen – die Einstellung der Okklusion unter Beachtung entsprechender Kompensationskurven (Spee'sche Kurve, Wilson-Kurve) anzustreben.
8. Für eine stabile Okklusion sind in beiden Kiefern hinreichend deutlich ausgeprägte okklusale Reliefs erforderlich (Abb. 9a und b). Bei einem deutlichen Abrasionsgebiss ist dieses häufig nicht durch die Restauration allein eines Kiefers zu erzielen, weil die dort erreichte Okklusion im verbliebenen und abradieren Gegen-



Figs 10a to c Final repositioning onlays made of monolithic lithium disilicate glass ceramic material (IPS E.max Press and semi-permanent repositioning veneers made of composite resin (New Outline, AnaxDent, Pforzheim, Germany).

Abb. 10a bis c Fertigstellung der definitiven Repositions-Onlays im Seitenzahnbereich aus Lithiumdisilikatkeramik in monolithischer Verarbeitung (IPS E.max Press) sowie semipermanenter Repositions-Veneers im Frontzahnbereich aus Kunststoff (New Outline, AnaxDent, Pforzheim).

kiefer keine ausreichende Verriegelung findet. Auch in diesem Fall sind Anpassungen der Zahnkonturen auf beide Kiefer zu verteilen (Abb. 10a bis c).

9. Zur Erreichung einer gelungenen Optik sollten nach Möglichkeit Restaurationsränder, die senkrecht auf die labialen Zahnkonturen zulaufen vermieden werden, da der Rand zwischen der Restauration und dem Zahnschmelz zumindest in diesem Fall deutlicher auffällt. Im Gegensatz dazu ist durch die schmelzähnliche Transparenz bei überschichtender Bedeckung die Restauration oft kaum auszumachen (Abb. 11 und 12).

Letzten Endes ist eine derartige Planung immer im Einzelfall ein Ergebnis des gleichmäßigen Austarierens der verschiedenen oben genannten Parameter.

achieved by restoring a single arch alone because the occlusal adjustment achieved in the treated arch does not provide sufficient interlocking with the worn teeth in the opposing arch. In this case, the reshaping adjustments also have to be distributed among the teeth in both arches (Figs 10a to 10c).

9. To achieve a satisfactory esthetic result, restoration margins that run perpendicular to the labial tooth contours should be avoided at all costs because the enamel-restoration margin will be very conspicuous, at least in this case. In contrast, the margins of restorations made with multilayer coatings are often hardly noticeable due to their enamel-like transparency (Figs 11a to 11c, and Fig 12).

Ultimately, the outcome of such planning is always the product of even balancing of the aforementioned parameters in the individual case.



Fig 11a to c Status after final cementation of the repositioning onlays in the posterior region using OptiBond FL (KaVo Kerr Group, Charlotte, NC, USA; Vitique, DMG Dental, Hamburg, Germany), adaptation phase and subsequent minimally invasive preparation and bonding of the final restorations in the anterior region. The latter were from lithium disilicate glass-ceramic ingots (IPS E.max Press), veneered labially using the cut-back technique (IPS E.max Ceram).

Abb. 11a bis c Zustand nach definitiver Eingliederung der Repositions-Onlays im Seitenzahnbereich (Optibond FL, KaVo Kerr Group, Charlotte, NC, USA; Vitique, DMG Dental, Hamburg), Adaptationsphase, nachfolgende minimalinvasive Präparation der Frontzähne und Eingliederung der definitiven Frontzahnrestorationen aus Lithiumdisilikatkeramik (IPS E.max Press), labial in Cut-back-Technik verblendet (IPS E.max Ceram).



Fig 12 The final examinations after definitive cementation of the repositioning onlays in the posterior region and subsequent anterior tooth restoration showed that functional restoration had re-established the natural facial proportions, anterior esthetics and phonetics.

Abb. 12 Nach der definitiven Eingliederung der Repositions-Onlays im Seitenzahnbereich und nachfolgender Frontzahnrestoration zeigt sich, dass die funktionelle Restauration die natürlichen Gesichtsproportionen, die Frontzahnästhetik und die Phonetik wiederhergestellt hat.

Discussion

Before evaluating the proposed methods for determining vertical dimension discussed here, the first question to address is whether second stage orthodontic, surgical or restorative treatment is indicated, and which procedure should be recommended to the patient. As the author is neither an oral surgeon nor an orthodontist, the evaluation of the respective surgical and orthodontic treatment options remains up to the specialists in these fields; this paper focuses instead on the restorative treatment options.

Diskussion

Vor einer Bewertung der hier vorgestellten Vorschläge zur Bestimmung der vertikalen Dimension sollte zunächst die Frage gestellt werden, ob bei Indikationsstellung gemäß dem hier vorgestellten Vorgehen eine kieferchirurgische oder kieferorthopädische oder restaurative Abschlussbehandlung indiziert ist und den Patienten empfohlen werden kann. Der Autor ist weder Facharzt für Kieferchirurgie noch Fachzahnarzt für Kieferorthopädie und möchte daher eine Wertung jener Behandlungsmöglichkeiten den beiden Fachgruppen überlassen und sich hier auf die Behandlung mittels restaurativer Behandlungstechniken beschränken.



Fig 13a and b View of the maxillary and mandibular occlusal surfaces restored using the monolithic lithium disilicate glass-ceramic material specified (see Fig 10). The restorations had been in place for 4 years at the time of publication.

Abb. 13a und b Aufsicht auf die wiederhergestellten Ober- und Unterkieferkauf Flächen aus Lithiumdisilikatkeramik, im Seitenzahn-bereich in monolithischer Verarbeitung (Materialien siehe Abb. 10). Die Seitenzahnrestaurationen sind seit vier Jahren in situ.

Nutzen der additiven restaurativen Behandlung mittels Repositions-Onlays

Tatsächlich liegen für diesen Bereich, speziell zur additiven Restauration der Okklusion mittels Repositions-Onlays, evidenzstark erhobene und daher aussagekräftige Studiendaten vor. Die skandinavischen Autoren jener klinischen kontrollierten prospektiven Untersuchungen konnten bereits Ende der 80er Jahre zeigen, dass die seinerzeit teilweise mittels reversibel befestigter „Repositioning-Onlays“ behandelten Patienten günstigere Behandlungsverläufe zeigten als die weiterhin mit Okklusionsschienen behandelte Gruppe, und dass beide Gruppen deutlich bessere Verläufe zeigten als die Kontrollgruppe nicht behandelter Patienten^{11,12}. Diese Studie belegt beispielhaft das klinische Potenzial okklusaler Anpassungen in entsprechend ausgewählten Indikationen und dokumentiert zudem die Eignung von Repositions-Onlays als Behandlungsmittel¹⁸.

Aus Sicht des Autors liegt der Vorteil dieses Verfahrens nicht nur in der Vermeidung invasiver Präparationen, sondern damit auch im Ausschluss von Präparations- und Zementierungstraumata. Die Bedeutung dieses Vorteils ist bei dieser Art von Behandlungen enorm und wiegt ungleich schwerer als bei „normalen“ restaurativen Behandlungen. Diagnostisch ist es daher in dieser Phase von unschätzbarem Wert, angesichts des Einsatzes minimal- oder nichtinvasiver Behandlungstechniken postoperativ auftretende Beschwerden eindeutig von

Value of additive restorative treatment with repositioning onlays

Methodologically sound studies providing high-quality evidence on the dental restorative treatments in question, particularly for additive occlusal therapy with repositioning onlays, do indeed exist. The Scandinavian authors of two prospective clinical randomized controlled trials performed in the late 1980s showed that reversibly cemented disk-repositioning onlays improved joint function and reduced joint and muscle pain better than flat occlusal splints and non-treatment, and that both treatment groups achieved much better clinical results than the non-treatment group^{11,12}. This study exemplifies the clinical potentials of occlusal adjustment in selected indications and demonstrates that repositioning onlays are a suitable treatment modality¹⁸.

The main advantage of repositioning onlays, in the author's opinion, is *not* only the elimination of invasive tooth preparation, but also the prevention of preparation- and cementation-related trauma. Therefore, in these treatment indications, onlays have tremendous benefits that far outweigh those of "normal" restorative treatment procedures. With regard to diagnostics during this stage, minimally invasive or non-invasive treatment options are invaluable as they enable clinicians to unequivocally determine that such complaints are occlusal adaptation problems and treat them accordingly.

In addition, the use of additive repositioning onlays eliminates the need for the long preparation sessions that place



enormous stress on the craniomandibular structures. This, in turn, reduces the risk that treatment might result in permanent changes in jaw position. However, the time saved by eliminating the long preparation sessions is more than offset by the large amount of time and difficulty associated with the adhesive cementation of repositioning onlays and the time needed for follow-up care (polishing the restoration margins and performing analysis and fine adjustment of the occlusion, etc), as compared to normal restorative treatments.

Alternative to invasive restorative treatment

In dental practice, situations occur where functional therapy is performed for stabilization of the craniomandibular system even though it is already foreseeable that restorative treatments will eventually have to be performed to preserve defective or carious teeth in the long-term. In some cases, it might seem wise to delay the restorative work for a while in order to see whether functional therapy produces a change in jaw position and, if so, to perform restorative treatment after the completion of functional therapy to address both treatment objectives at the same time.

In the author's experience, however, the risks resulting from a combination restorative and occlusal therapy are much greater, because the risks of prosthodontic treatment (preparation trauma, hypersensitivity to classic or adhesive cementation, adaptation to the tooth replacement) are then added to the risks related to adapting to the new jaw relation and new occlusion. Because the body's response to the adjusted occlusion also affects the afferent system, the combination of restorative and occlusal treatments results in a superadditive effect on risk.

Possibility for trial insertion of the proposed occlusal splint

To ensure that the patient will be comfortable with the proposed vertical dimension, it is extremely useful to let the patient try out the proposed occlusal correction by adapting the last bite splint to the new jaw position and vertical dimension to produce an improvised repositioning splint that conveys the sensation of the proposed occlusal correction as far as possible¹⁹⁻²³.

This approach has its limitations, however. For example, if both arches have severely worn teeth, the proposed occlusal correction cannot be simulated before adjustment of the mandibular and maxillary arch¹.

Präparations- oder Zementierungsfolgen abgrenzen und daher als Folge okklusaler Adaptationsschwierigkeiten entsprechend behandeln zu können.

Hinzu kommt, dass auch die lang andauernden Präparationssitzungen entfallen, bei denen die kranio-mandibulären Strukturen stark belastet werden. Dies wiederum verringert das Risiko, dass sich infolge der Behandlungsumstände die Kieferposition unter der Behandlung selbst wieder dauerhaft verändert. Der vermeintliche Zeitvorteil durch den Wegfall der lang andauernden Präparationssitzungen wird allerdings mehr als ausgeglichen durch den erheblichen Zeitaufwand und die extreme Schwierigkeit der adhäsiven Befestigung derartiger Restaurationen und die erforderlichen Folgetermine zur Nachsorge (Politur der Restaurationsränder, Kontrolle und Feinjustage der Okklusion), verglichen mit normalen restaurativen Behandlungen.

Alternative einer invasiven restaurativen Behandlung

Dessen ungeachtet kommt es in der Praxis zuweilen vor, dass zunächst eine Funktionstherapie zur Stabilisierung der Funktion des kranio-mandibulären Systems erfolgte, obwohl schon im Vorfeld absehbar war, dass später zum langfristigen Zahnerhalt restaurative Behandlungen defekter bzw. kariöser Zähne durchgeführt werden müssen. Dabei kann es im Einzelfall sinnvoll erscheinen, die restaurative Behandlung zunächst zurückzustellen, um zu prüfen, ob im Verlauf der Funktionstherapie eine Änderung der Kieferposition eintritt. In jenem Fall würden nach Abschluss der Funktionstherapie beide Behandlungsziele in einer restaurativen Behandlung gemeinsam verfolgt.

Nach den Erfahrungen des Autors birgt diese Kombination einer restaurativen Behandlung mit einer Okklusionsveränderung besonders große Behandlungsrisiken, weil zu den üblichen Risiken aus der prothetischen Behandlung (Präparationstrauma, Reaktion auf Zementierung bzw. adhäsive Befestigung, Adaptation an den neuen Zahnersatz) zusätzlich die Risiken aus der Adaptation an die neue Kieferrelation und die neue Okklusion treten. Da die Reaktion des Organismus auf die neue Okklusion zusätzlich die afferenten Systeme belastet, erhöht sich nach Auffassung des Autors das Risiko überadditiv.



Möglichkeit einer vorherigen Testung mit einer angepassten Schiene?

Um hinterher sicherzustellen, dass der Patient mit der geplanten vertikalen Dimension zurechtkommt, ist es klinisch extrem hilfreich, die letzte Okklusionsschiene in der eingestellten Kieferposition und der geplanten vertikalen Dimension zu justieren und dabei die Okklusion soweit wie möglich im Sinne einer Positionierungsschiene auszubilden. Dadurch wird dem Patienten bereits das Gefühl der späteren Verriegelung der Zahnreihen gegeneinander vermittelt¹⁹⁻²³.

Dieses Vorgehen stößt allerdings an seine Grenzen, wenn in beiden Kiefern die Kauflächen stark abradert sind, weil hier die entsprechende Verriegelung nur mit der Anpassung beider Kiefer simuliert werden kann¹.

Danksagungen

Die herausragenden zahntechnischen Arbeiten stammen von ZTM Klaus Möller, Studio Dental Hamburg, der zudem die Entwicklung des zugrunde liegenden Behandlungskonzeptes über Jahre mit großem Engagement und Enthusiasmus begleitet und unterstützt hat.

Herzlicher Dank gebührt zudem ZA Tim Petersen, ebenfalls CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf, für die Überarbeitung der Abbildung 2, sowie Prof. Dr. Holger A. Jakstat, Universität Leipzig und Prof. Dr. Alfons Hugger, Düsseldorf, für die Durchsicht und Korrektur des Manuskriptes.

Interessenkonflikt

Es besteht kein Interessenkonflikt. Die Arbeit wurde ohne jegliche Unterstützung durch Dritte in Form von Drittmitteln, Geräten und Ausstattung, sowie Medikationen erstellt. Für die Durchführung der der Behandlung zugrunde liegenden Untersuchungen können geeignete Instrumente verschiedener Hersteller eingesetzt werden. Das vorgestellte Behandlungskonzept ist in Teilen an die Eigenschaften bestimmter Keramiken gebunden, bei Verfügbarkeit anderer geeigneter Keramiken aber auf diese übertragbar und frei von jeden Einflüssen Dritter. Der Autor hat keine bezahlten Vorträge oder Studien für den Hersteller durchgeführt.

Acknowledgements

We are grateful for the outstanding dental work performed by Master Dental Technician Klaus Möller of Studio Dental Hamburg, who has accompanied and supported the development of the underlying treatment concept with great commitment and enthusiasm for years.

Many thanks also to my colleague Tim Petersen, also at CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf, for revising Figure 2, and to Prof. Dr. Holger A. Jakstat, University of Leipzig and Prof. Dr. Alfons Hugger, Düsseldorf, for proofreading and editing the manuscript.

Conflict of Interest statement

There is no conflict of interest. This work was prepared without any third-party support in the form of third-party funding, equipment, facilities, or medications. The required examinations for the proposed treatment can be performed using suitable instruments from various manufacturers. Parts of the treatment concept described in this article are linked to the properties of specific ceramic materials. However, the concept can be performed using comparable ceramics, where available, and is thus free from third-party influence. In particular, the author was not paid by the manufacturer to give talks or conduct studies.

References

1. Dyer K, Ibbetson R, Grey N. A question of space: options for the restorative management of worn teeth. *Dent Update* 2001;28:118–123.
2. Tepper SA, Schmidlin PR. Technique of direct vertical bite reconstruction with composite and a splint as template [In German]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2005;115:35–47.
3. Ahlers MO, Möller K. Labortechnische Herstellung von Repositions-Onlays und -Veneers: Langzeitprovisorische Restauration der Okklusion im Rahmen der Wiederherstellung einer physiologischen Kiefer- und Kondylenposition. *Quintessenz Zahntech* 2010;36:498–511.
4. Ahlers MO, Möller K. Repositions-Onlays und –Veneers zur langzeitprovisorischen Restauration einer physiologischen Kiefer- und Kondylenposition. *Quintessenz* 2011;62:211–222.
5. Edelhoft D, Brix O, Schweiger J. Wieder lächeln können - Rehabilitation eines Dentinogenesis imperfecta-Patienten mit Lithium-Disilikat-Glaskeramik. *Reflect* 2010;1:13–14.
6. Johansson A, Johansson AK, Omar R, Carlsson GE. Rehabilitation of the worn dentition. *J Oral Rehabil* 2008;35:548–566.
7. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 1. *Eur J Esthet Dent* 2008;3:30–44.
8. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 2. *Eur J Esthet Dent* 2008;3:128–146.
9. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 3. *Eur J Esthet Dent* 2008;3:236–257.
10. Mizrahi B. Combining traditional and adhesive dentistry to reconstruct the excessively worn dentition. *Eur J Esthet Dent* 2008;3:270–289.
11. Lundh H, Westesson PL, Jisander S, Eriksson L. Disk-repositioning onlays in the treatment of temporomandibular joint disk displacement: comparison with a flat occlusal splint and with no treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988;66:155–162.
12. Lundh H, Westesson PL, Rune B, Selvik G. Changes in mandibular position during treatment with disk-repositioning onlays: a roentgen stereophotogrammetric study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988;65:657–662.
13. Ahlers MO. Übertragung der Schienenposition in die definitive Kieferrelation - Welche Maßnahmen bestimmen den Erfolg? 36 Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK); 28.-29.11.2003; Bad Homburg. http://www.dgfdt.de/fileadmin/docs/2003_Abstract.pdf; AFDT (heute: DGFDT); 2003.
14. Ahlers MO, Vahle-Hinz K, Rybczynski AM, Jakstat HA. Semipermanente und permanente Übertragung der Schienenposition mittels Repositions-Onlays und -Veneers: Varianten und Überlebensdauer. 44 Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie, DGFDT; 2./3.12.2011; Bad Homburg. http://www.dgfdt.de/fileadmin/images/Jahrestagung/jahrestagung2011badhomburg/CMF4_suppl_screen_final.pdf; Quintessenz; 2011.
15. Ahlers MO, Vahle-Hinz K, Rybczynski AM, Jakstat HA. Semipermanente und permanente Übertragung der Schienenposition mittels Repositions-Onlays und -Veneers: Varianten und Überlebensdauer. *J CranioMand Func* 2011;3(Suppl):S15.
16. Edelhoft D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayr M, Guth JF. CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessenz Int* 2012;43:457–467.
17. Freesmeyer WB. Zahnärztliche Funktionstherapie. München: Hanser, 1993.
18. Ahlers MO, Jakstat HA. Richtiges Kauen durch Repositions-Onlays und Repositions-Veneers. *Zahnärztl Mitt* 2013;103:59–66.
19. Ash MM, Jr, Ramfjord SP. Reflections on the Michigan splint and other intraocclusal devices. *J Mich Dent Assoc* 1998;80:32–35, 41–46.
20. Chacona RL. Enamel loss and occlusal vertical dimension. Causes and considerations for treatment. *Dent Today* 2003;22:92–97.
21. Hotta TH, Nunes LJ, Quatrini AH, Bataglion C, Nonaka T, Bezzon OL. Tooth wear and loss: symptomatological and rehabilitating treatments. *Braz Dent J* 2000;11:147–152.
22. Voller RJ. Full-mouth restoration with TMJ involvement: a case report. *Dent Today* 1999;18:90–95.
23. Yip KH, Chow TW, Chu FC. Rehabilitating a patient with bruxism-associated tooth tissue loss: a literature review and case report. *Gen Dent* 2003;51:70–74; quiz 5–6.
24. Polz M. Die biomechanische Aufwachstechnik bei Inlay- und Onlay-Restaurationen. In: Caesar H, (ed). *Inlay- und Onlay-Techniken*. 1. Auflage. München: Neuer Merkur, 1987:173.
25. Schulz D. Die naturgemäße Aufwachstechnik / Teil 2. Der posteriore Bereich. Fuchstal: Teamwork Media, 2008:184.

Address/Adresse

Priv.-Doz. Dr. M. Oliver Ahlers
 CMD Centrum Hamburg-Eppendorf
 Falkenried 88 (CiM, Haus C, 3. OG)
 20251 Hamburg, Germany
 E-Mail: Oliver.Ahlers@cmd-centrum.de
www.cmd-centrum.de