

M. Oliver Ahlers, Peter Wetselaar

Diagnosing tooth wear with the TWES 2.0 in dental practice

Diagnostik von Zahnverschleiß nach dem Tooth Wear Evaluation System (TWES) 2.0 in der Praxis

Zusammenfassung

Während durch die gute Prävention die Karies zurückgeht, nimmt die Inzidenz von Zahnverschleiß zu – besonders bei jungen Erwachsenen. Zur Identifikation der Betroffenen sind in der Vergangenheit verschiedene Befundsschemata vorgeschlagen worden. Davon sah nur das Tooth Wear Evaluation System (TWES) eine mehrstufige Untersuchung aus Basisdiagnostik und erweiterter Diagnostik vor. Hierzu wurde jüngst eine Aktualisierung veröffentlicht, das TWES 2.0. Dies soll zunächst mit einem Zahnverschleiß-Screening auffällige Patienten identifizieren. Anschließend wird bei diesen Patienten ein detaillierter Zahnverschleiß-Status erhoben. Dieser erfasst die Verschleißgrade jedes einzelnen Zahns, Anzeichen pathologischen Zahnverschleißes sowie Hinweise auf die Verschleißursache. Der Beitrag schildert das praktische Vorgehen bei digitaler Erfassung und Auswertung der Befunde mittels spezieller Software (CMDbrux) sowie die darauf basierte Behandlung anhand eines Patientenfalls.

Indizes: Zahnverschleiß, Zahnverschleiß-Screening, Zahnverschleiß-Status, Tooth Wear Evaluation System (TWES 2.0), Bruxismus, CMDbrux, minimalinvasive Restauration

Einleitung

Häufigkeit von Zahnverschleiß

Während die Inzidenz der Karies vielfach zurückgeht, stellt Zahnverschleiß ein zunehmendes Problem dar. So konnten Studien aus den Niederlanden zeigen, dass moderater Zahnverschleiß bei jungen Erwachsenen in 3 % der untersuchten Fälle vorkam; bei 70-jährigen traf dies für circa 15 % zu¹. Etwa zeitgleich stellte eine longitudinale Unter-

Abstract

While the incidence of caries is decreasing due to good prevention, the incidence of tooth wear is increasing, especially in young adults. Over the years, a variety of diagnostic schemes have been proposed to identify tooth wear patients. Of these, only the Tooth Wear Evaluation System (TWES) provided a multi-stage examination consisting of a basic and an extended diagnostic module. An updated version, TWES 2.0, was recently released. The first module, Tooth Wear Screening, serves to identify patients with relevant findings. The second module, Tooth Wear Status, consists of a comprehensive charting procedure in patients with positive screening results, including tooth wear severity grading for each individual tooth, signs and symptoms indicative for pathological tooth wear, and the causes of the tooth wear. This article explains the practical procedure for digitally recording and interpreting the corresponding findings using special software (CMDbrux) and the resultant treatment based on an actual case example.

Keywords: tooth wear, Tooth Wear Screening, Tooth Wear Status, Tooth Wear Evaluation System (TWES) 2.0, bruxism, CMDbrux, CMDbrux, minimally invasive restoration

Introduction

Incidence of tooth wear

While the incidence of caries is decreasing, tooth wear is increasing. A study in the Netherlands found that, among the subjects evaluated, moderate tooth wear was present in 3% of young adults compared with about 15% of those aged 70¹. A longitudinal study performed around the same time detected an increased prevalence of tooth wear with dentin

involvement in adolescents: the percentage of individuals with abnormally increased tooth wear rose from 1.8% at age 11 to 23.8% at age 15². Independent of these epidemiological data, severe tooth wear can occur in patients of all age groups. One study suggests that the risk is additionally increased in certain situations³. This can have serious consequences for patients, especially those with generalized tooth wear affecting a large number of teeth on surfaces that are involved in occlusion as well as articulation surfaces.

Early diagnosis of tooth wear that is atypical for the age of the patient is therefore of the utmost importance. Various recommendations for identifying and evaluating tooth wear have been developed and published in the past. Many of these, including that of a Scandinavian working group^{4,5} as well as the Tooth Wear Evaluation System (TWES), developed by scientists in Amsterdam⁶⁻⁹, are based on tooth wear volume analysis. The Basic Erosive Wear Examination (BEWE) follows a different approach in that it captures the percentage of surface area affected by non-cariou lesions¹⁰.

However, as stated by the authors, the BEWE is only intended as a screening tool. The TWES offers the first multi-stage, modular approach to tooth wear evaluation⁸. It is a diagnostic tool addressing the etiology of tooth wear and uses a fourfold table analysis to differentiate between chemical and mechanical as well as extrinsic and intrinsic causes. The first European Consensus Statement on Management Guidelines for Severe Tooth Wear ultimately introduced the criterion of pathological tooth wear to prevent the overtreatment of patients with severe but symptom-free tooth wear¹¹. Thus, single-stage and multi-stage approaches based on surface area assessment, volumetric tissue analysis, and/or pathological tooth wear evaluation existed in parallel, with no practical means of converting these findings into diagnoses.

This year, an international group of researchers from Amsterdam, Heemstede, and Hamburg-Eppendorf published an article introducing TWES 2.0 – a further development of the original TWES¹². TWES 2.0 integrates all three tooth wear evaluation systems and features:

- A multi-step design with a simplified Tooth Wear Screening module and a differentiated Tooth Wear Status module.
- Measurement of occlusal and incisal tooth surface loss based on the already validated TWES volumetric analysis.
- Quantification of lingual and facial tooth surface loss via surface area assessment¹³.
- Evaluation of symptom criteria indicative of pathological tooth wear.

suchung bei Jugendlichen einen Anstieg der Häufigkeit von Zahnverschleiß mit Dentinfreilegung fest. Von 1,8 % im 11. Lebensjahr auf 23,8 % bei den 15-Jährigen² bei erhöhtem Verschleißgrad. Unabhängig von diesen epidemiologischen Daten können Patienten aller Altersgruppen von erheblichem Zahnverschleiß betroffen sein. Nach einer vorliegenden Studie ist allerdings in bestimmten Situationen das Risiko zusätzlich erhöht³. Die Folgen können für die Patienten gravierend sein, vor allem, wenn bei generalisiertem Zahnverschleiß eine Vielzahl der Zähne im Bereich der Okklusal- und Glattflächen betroffen ist.

Daher kommt der frühzeitigen Identifikation von Patienten mit nicht altersgerechtem Zahnverschleiß eine erhebliche Bedeutung zu. Um Zahnverschleiß zu erfassen und bewerten, sind in der Vergangenheit verschieden Vorschläge entwickelt und veröffentlicht worden. Mehrere dieser Vorschläge orientieren sich am Volumen des Zahnverschleißes, darunter die Vorschläge einer skandinavischen Arbeitsgruppe^{4,5} sowie das in Amsterdam entwickelte Tooth Wear Evaluation System⁶⁻⁹. Die Basic Erosive Wear Examination (BEWE) folgt einem anderen Ansatz und erfasst den Flächenanteil durch nichtkariöse Läsionen an den Zahnoberflächen¹⁰.

Die BEWE ist nach Festlegung der Autoren allerdings nur als Screening konzipiert. Einen ersten Vorschlag für ein mehrstufiges Untersuchungskonzept enthielt das TWES⁸. Dieses enthielt auch einen ersten Ansatz für die Erfassung der Zahnverschleißursachen mit einer Aufteilung in chemische und mechanische extrinsische und intrinsische Ursachen im Sinne einer Vierfeldertafel. Um Überbehandlungen bei beschwerdefreiem erheblichem Zahnverschleiß zu vermeiden, führte schließlich das erste europäische Konsensus-Statement zur Therapie erheblichen Zahnverschleißes das Kriterium der Pathologie des Zahnverschleißes ein¹¹. Somit existierten nun ein- und mehrstufige Systeme zur flächenhaften Erfassung, zur volumetrischen gewebebezogenen Erfassung und zur Bewertung der Pathologie des Zahnverschleißes nebeneinander und es fehlte eine praxistaugliche Übertragung der Befunde in Diagnosen.

Vor diesem Hintergrund veröffentlichte dieses Jahr eine internationale Arbeitsgruppe aus Amsterdam, Heemstede und Hamburg-Eppendorf eine Weiterentwicklung des Tooth Wear Evaluation Systems, das TWES 2.0¹². Dieses integriert alle drei Erfassungssysteme und zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Mehrstufiger Aufbau mit einem vereinfachten Zahnverschleiß-Screening und einem differenzierten Zahnverschleiß-Status

- Erfassung der okklusalen bzw. inzisalen Substanzverluste gemäß der bereits validierten volumetrischen Bewertung aus dem TWES
- Erfassung der oralen und vestibulären Substanzverluste mit flächenhafter Auswertung¹³
- Erfassung von Symptomen die für Pathologie des Zahnverschleißes sprechen
- Systematische Auswertung und Überführung in ein strukturiertes Diagnoseschema in Anlehnung an die neue Klassifikation parodontaler Erkrankungen¹⁴

In der Ausgabe 2/20 des CMF wurde diese Weiterentwicklung vorgestellt¹⁵. Gegenstand dieses Beitrags ist die Schilderung der Umsetzung in der Praxis anhand eines konkreten Behandlungsfalles.

Fallbericht

Situation und Vorgeschichte

Vorgestellt wird das Vorgehen am Beispiel eines männlichen Patienten, der zu Behandlungsbeginn 39 Jahre alt ist. Der Patient, ein selbstständiger IT-Fachmann, stellte sich im CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf mit erheblichen Zahnschmerzen vor. Diese waren lange Zeit nur auf Reiz aufgetreten und verselbstständigten sich zusehends. Die Schmerzstärke betrug 4–8 auf einer visuellen Analogskala (VAS 0–10), je nach Reiz. Besonders belastend für den Patienten war, dass auch das Zähneputzen schmerzte und dass die Intensität der Beschwerden zunahm.

Mehrfache Vorbehandlungen mit Restaurationen aus Kompositkunststoffen im direkten Verfahren zur Bedeckung der schmerzhaften freiliegenden Dentinareale, brachten zeitweilige Linderung, aber die Kompositrestaurationen platzten wiederholt ab. Die Komposite wurden mittels sorgfältiger Vorgehensweise per mehrstufiger Adhäsivtechnik nach Vorbehandlung des Untergrunds im Etch-and-Rinse-Verfahren nach Herstellerangaben appliziert. Verarbeitungsfehler konnten damit als Ursache der unzureichenden Haltbarkeit der direkten Kompositrestaurationen ausgeschlossen werden.

Zudem war es infolge des Zahnverschleißes zum Verlust der Front-Eckzahn-führung gekommen, einhergehend mit Zahnverschleiß im Bereich der Kauflächen der Seitenzähne sowie zervikalen Abfrakturen im Seitenzahn- und Frontzahnbereich. Der Zahnhartsubstanzverlust hat dabei zu einem Verlust an vertikaler Dimension geführt. Neben dem Zahnverschleiß traten in dem Zusammenhang

- Systematic analysis and transfer of findings into a structured diagnostic scheme based on the new classification of periodontal diseases¹⁴.

This further development of the TWES was introduced in this journal (*CMF 2/2020*)¹⁵. The aim of this article is to describe its implementation in clinical practice based on a concrete case example.

Case report

Situation and history

The new approach is illustrated here based on the example of a male patient who was 39 years old at the beginning of treatment. The patient, a self-employed IT specialist, presented at the University of Hamburg-Eppendorf Craniomandibular Dysfunction (CMD) Center with severe toothache that caused him distress; even tooth brushing was painful. The pain had been stimulus-induced for years but was becoming increasingly independent of stimulus. Pain severity was 4 to 8 on a visual analog scale (VAS) of 0 to 10, depending on the stimulus.

Multiple previous attempts to cover the painful, exposed dentin sites with direct composite resin restorations had brought temporary relief, but the restorations repeatedly chipped off. The restorations had been properly placed using a multi-step adhesive system, including etch-and-rinse preparation of the substrate according to the manufacturer's instructions. Therefore, processing errors could be excluded as the cause of the poor stability of the restorations.

Additional findings included a loss of anterior canine guidance due to tooth wear, tooth wear on the occlusal surfaces of the posterior teeth, and cervical fractures in the posterior and anterior areas. The loss of tooth structure had resulted in a loss of vertical dimension, which eventually also resulted in other dysfunctional problems (data not shown).

The patient's previous dentist had proposed preparing all 30 teeth for full crown restorations and restoring them with long-term temporaries until the provisional restorations could ultimately be replaced with porcelain-fused-to-metal (PFM) crowns. That treatment proposal was too invasive for the patient, who refused PFM restorations. Consequently, the patient was referred to the first author's specialized practice for evaluation and treatment, preferably with minimally invasive ceramic restorations.

Diagnostic procedures

Dental charting

A conventional dental examination laid the preliminary groundwork for the diagnostic assessment. Dental charting was performed, and tooth 16 was found to have caries on the mesial surface and an amalgam filling on the occlusal and distal surfaces. In addition, a number of teeth had occlusal and incisal tooth surface loss as well as cervical defects, some of which had been covered with composite fillings (Figs 1 and 2).

Radiographic examination

In addition to panoramic radiographs, bitewing radiographs showed a lack of enamel coverage on large parts of the occlusal surfaces of the posterior teeth (Fig 3).

Tooth Wear Screening module

The Tooth Wear Screening module provides systematic tooth wear screening, which was performed after the preliminary evaluation. According to the original publication on the diagnosis of tooth wear based on TWES 2.0¹², the comprehensive Tooth Wear Status module should be completed in patients presenting with at least two sextants with moderate tooth wear (TWES grade 2) or at least one sextant with severe or extreme tooth wear (TWES grades 3 or 4). The case presented here met this requirement (Fig 4).

Tooth Wear Status module

As per the results of the Tooth Wear Screening step, the comprehensive Tooth Wear Status module was completed to collect additional diagnostic information on the patient. The outer surfaces of all 32 teeth were thereby evaluated using the criteria specified in the revised version of the TWES. The TWES 2.0 developers optimized the criteria for assessment of the occlusal, facial, and palatal tooth surfaces, making the procedure more suitable for practical implementation. They also extended it to include dental prostheses (Fig 5). This module provides for a tooth wear severity grading on a five-point scale of 0 to 4, as shown in Table 1.

The next step was to determine the extent of the occlusal contact between the patient's individual teeth. This information is important as tooth contact can be key to further treatment decision making in patients with severe tooth wear. If a tooth is in contact with an antagonist, it is not possible to

weitere dysfunktionelle Befunde auf (Aus Platzgründen sind diese Funktionsbefunde des Patienten hier nicht wiedergegeben).

Dem Patienten war daraufhin andernorts vorgeschlagen worden, sämtliche 30 Zähne für die Versorgung mit Vollkronen zu präparieren, mit Langzeitprovisorien zu versorgen und diese später durch metallkeramische Kronen zu ersetzen. Diese Behandlungsform war dem Patienten zu invasiv und er wollte zudem nicht mit metallkeramischen Restaurationen versorgt werden. Daher wurde er zur Diagnostik und Behandlung mittels möglichst minimal-invasiver keramischer Restaurationen in die spezialisierte Praxis des Erstautors überwiesen.

Diagnostik

Zahnstatus

Die Grundlage der Untersuchung bildete zunächst eine herkömmliche zahnärztliche Untersuchung. Der Zahnstatus zeigte, dass am Zahn 16 mesial eine Karies und okklusale/distal eine Amalgamfüllung bestanden. Hinzu kamen okklusale bzw. inzisale Substanzverluste an zahlreichen Zähnen sowie zervikale Defekte; teils durch Füllungen aus Kompositen versorgt (Abb. 1 und 2).

Röntgenaufnahmen

Neben dem Panoramaröntgenbild zeigten die Bissflügelaufnahmen, dass die Seitenzähne okkusal in großen Teilen keine Schmelzbedeckung mehr aufwiesen (Abb. 3).

Zahnverschleiß-Screening

Nach der Befundung erfolgte zunächst ein systematisches Zahnverschleiß-Screening. Die Originalpublikation des TWES 2.0¹² sieht vor, dass bei mindestens zwei Sextanten mit moderatem Zahnverschleiß (TWES-Grad 2) oder mindestens einem Sextanten mit erheblichem oder extremem Zahnverschleiß (TWES-Grade 3 oder 4) ein detaillierter Zahnverschleiß-Status erhoben wird. Dieser Grenzwert war hier überschritten (Abb. 4).

Zahnverschleiß-Status

Aufgrund des Ergebnisses aus dem Zahnverschleiß-Screening erfolgte ein detaillierter Zahnverschleiß-Status als erweiterte Diagnostik. Hierbei wurden die Außenflä-



Fig 1a and b Baseline situation, 39-year-old male: Dental arches of the maxilla and mandible exhibited loss of hard tooth substance on the occlusal surfaces.

Abb. 1a und b Ausgangssituation des 39-jährigen Patienten: Zahnbögen des Ober- und Unterkiefers mit Zahnhartsubstanzverlusten im Bereich der Kauflächen.



Fig 2a to c Baseline situation, 39-year-old male: Right lateral, frontal, and left lateral situation; lateral views in dynamic occlusion for better recognition of tooth contours.

Abb. 2a bis c Ausgangssituation des 39-jährigen Patienten: Situation lateral rechts, frontal und lateral links; Seitenansichten in dynamischer Okklusion für eine bessere Erkennbarkeit der Zahnkonturen.

Fig 3a and b Bitewing radiographs (right and left).

Abb. 3a und b Bissflügelaufnahmen rechts und links.



chen aller 32 Zähne entsprechend der Kriterien des TWES 2.0 bewertet. Die Bewertungskriterien für die okklusalen, vestibulären und oralen Flächen sind im TWES 2.0 hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit optimiert und um die Bewertung von Zahnersatz erweitert (Abb. 5). Die Verschleißgrade sind dabei wie in Tabelle 1 unterteilt.

Letztlich wurde erfasst, inwieweit die einzelnen Zähne jeweils okklusal in Zahnkontakt stehen. Dies wichtig, weil bei erheblichem Zahnverschleiß der Zahnkontakt für den weiteren Behandlungsverlauf entscheidend sein kann: Wenn der Zahn im Kontakt zum Antagonisten steht, ist eine Erhöhung nur unter zusätzlicher Entfernung von

increase the vertical dimension without removing additional hard tooth structure or increasing the vertical dimension of occlusion (VDO). If the goal is to avoid treatments resulting in the additional loss of hard tooth structure (which is generally the case in patients with severe tooth wear), there is a clinical need to increase the VDO. Therefore, these findings were entered directly into the software-based Tooth Wear Status chart (Fig 6).

TWES 2.0 is the first diagnostic tool that captures additional symptoms indicative of pathological tooth wear. This is one of the requirements stipulated by the authors of the European Consensus Statement on the Management Guide-

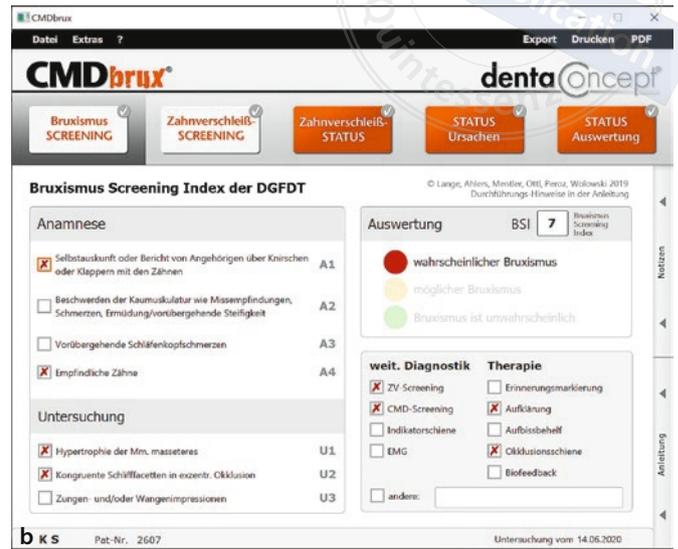
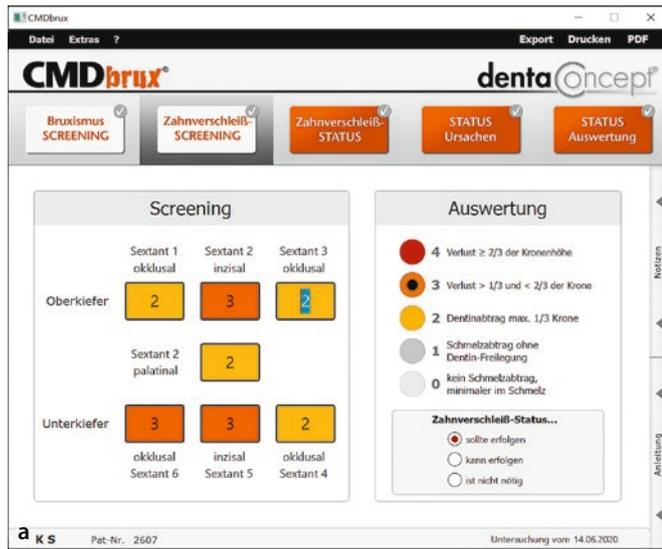


Fig 4a and b Tooth Wear Screening module within the TWES 2.0: The presence of severe tooth wear (grade 3) in multiple sextants (teeth 23, 44, 45, and 46) justified more comprehensive diagnostic assessment with the Tooth Wear Status module (CMDfact 4.20 digital diagnostic software with CMDbrux add-on module; dentaConcept, Hamburg, Germany).

Abb. 4a und b Zahnverschleiß-Screening gemäß TWES 2.0: In mehreren Sextanten liegt erheblicher Zahnverschleiß vor (Zähne 23, 44, 45 und 46 prägen den Verschleißgrad 3). Damit ist die Begründung für eine erweiterte Diagnostik in Form eines Zahnverschleiß-Status gegeben (digitale Befunderfassung in CMDfact 4.20, Erweiterungsmodul CMDbrux; dentaConcept Verlag, Hamburg).

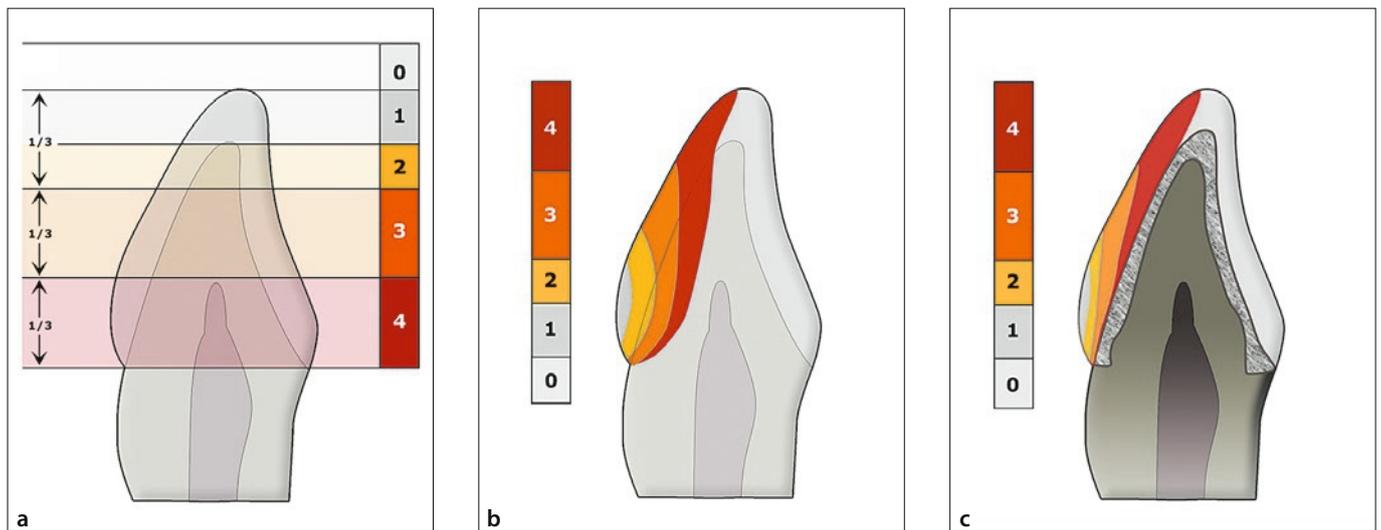


Fig 5a to c The severity of tooth wear on all tooth surfaces was graded according to the specifications of the Tooth Wear Status module of TWES 2.0. Shown here are severity grades of wear on the occlusal (left; a) and facial (center; b) surfaces of the natural teeth, and a fixed prosthesis (right; c). The tooth wear grading system is explained in Table 1 (illustrations from the CMDbrux user manual, ©dentaConcept; the colors are used to document the findings).

Abb. 5a bis c Zahnverschleiß-Gradeinteilung für alle Zahnflächen, wie sie für den Zahnverschleiß-Status im TWES 2.0 erweitert wurde mit Darstellung der Verschleißgrade okklusal (links; a), vestibulär (Mitte; b) und bei feststehendem Zahnersatz (rechts; c); die Verschleißgrade sind in Tabelle 1 beschrieben (Abbildungen aus der Anleitung in CMDbrux; die Farben werden in die Befundung übernommen).

Table 1 TWES 2.0 classification scheme used to grade the severity of tooth wear on the occlusal, facial, and lingual surfaces of natural and artificial teeth on a five-point scale (0 to 4)

	Occlusal surfaces	Facial/oral surfaces	Artificial teeth
0	No tooth wear	No tooth wear	No tooth wear
1	Wear limited to enamel	Wear limited to enamel alone	Damage limited to veneer alone
2	Wear with dentin exposure	Wear with dentin exposure on < 50% of tooth surface	Damage with exposure of core/opaque layer and ceramic framework on < 50% of tooth surface
3	Loss of > 1/3 of dental hard tissue	Wear with dentin exposure on > 50% of tooth surface	Exposure of framework/opaque layer on > 50% of tooth surface
4	Loss of > 2/3 of dental hard tissue	Wear with dentin exposure on entire facial or lingual tooth surface	Exposure of framework/opaque layer on entire tooth surface

Tab. 1 Merkmale der Verschleißstufen 0/1/2/2/4 nach dem TWES 2.0 für Zahnverschleiß natürlicher Zähne okklusale, vestibulär bzw. oral und im Falle von festsitzendem Zahnersatz.

	Okklusale	Vestibulär/oral	Zahnersatz
0	Kein Verschleiß	Kein Verschleiß	Kein Verschleiß
1	Auf den Schmelz beschränkt	Verschleiß allein im Schmelz	Schaden allein in der Verblendung
2	Mit Dentinfreilegung	Verschleiß mit Freilegung von Dentin auf < 50 % der Zahnfläche	Schaden mit Freilegung der Kernschicht/des Opakers/des Keramikgerüsts < 50 % der Zahnfläche
3	Verlust von > 1/3 der Zahnhartsubstanz	Verschleiß mit Freilegung von Dentin auf > 50 % der Zahnfläche	Freilegung von Gerüst/Opaker > 50 % der Zahnfläche
4	Verlust von > 2/3 der Zahnhartsubstanz	Verschleiß mit Freilegung von Dentin auf der gesamten vestibulären bzw. oralen Zahnfläche	Freilegung des Gerüsts/des Opakers auf der gesamten betroffenen Zahnfläche

Zahnhartsubstanz oder durch Erhöhung der Vertikaldimension möglich. Wenn eine zusätzliche Entfernung von Zahnhartsubstanz vermieden werden soll (was bei erheblichem Zahnverschleiß in der Regel der Fall ist), resultiert hieraus die klinische Notwendigkeit zur Erhöhung der Vertikaldimension. Die entsprechenden Befunde sind daher direkt im Zahnverschleiß-Status erfasst (Abb. 6).

Das TWES 2.0 erfasst zudem erstmals zusätzlich Symptome, die für das Vorliegen pathologischen Zahnverschleißes sprechen. Diese Forderung war von zahlreichen Autoren in einer gemeinsamen Stellungnahme zur Therapieplanung bei erheblichem Zahnverschleiß aufgestellt worden¹¹. Das TWES 2.0 nimmt diese und frühere Empfehlungen auf und enthält zehn Kriterien, die signalisieren, dass eine durch Zahnverschleiß geprägte Situation pathologisch ist. Hierzu zählen u. a. vorliegende Beschwerden

lines for Severe Tooth Wear¹¹. TWES 2.0 incorporates these and earlier guidelines, and provides a list of 10 symptom criteria used to determine whether tooth wear is pathological, including tooth wear that is atypical for the age of the patient and is associated with pain or discomfort, functional impairments, deterioration of esthetics, phonetic impairments, and unstoppable progressive wear. Therefore, the Tooth Wear Status module serves as a tool for determining whether symptoms of pathological tooth wear are present and what they are. It displays the symptom criteria in an evaluation checklist (Fig 7). The patient described in this case report had several symptoms indicative of pathological tooth wear, which corroborated his subjective assessment.

TWES 2.0 also provides a checklist of symptom criteria for underlying causes of tooth wear. During the clinical examination, the patient is evaluated for these symptoms, which are

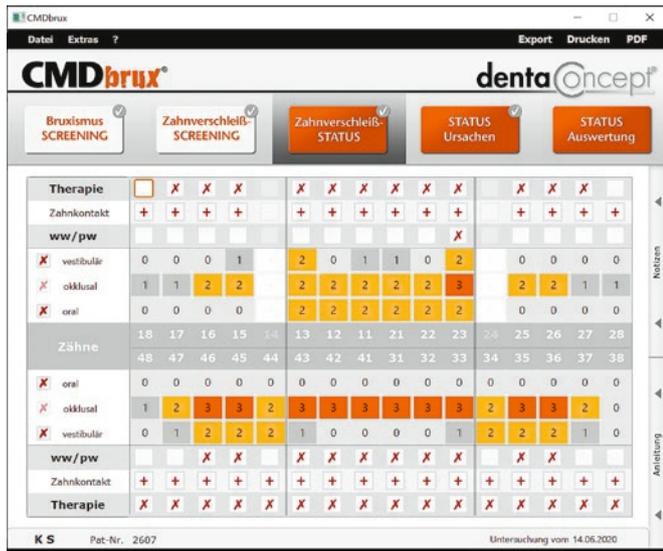


Fig 6 Tooth Wear Status involves a tooth-by-tooth charting of tooth wear severity on the occlusal, lingual, and facial surfaces; the software color-codes the individual wear grades, as shown in Figure 5. An 'X' in the 'Treatment' row above or below the wear grade rows signals the preliminary determination of a need for treatment of the respective tooth. A plus sign in the 'Tooth contact' row indicates the presence of occlusal/incisal tooth contact for a given tooth.

Abb. 6 Zahnverschleiß-Status mit Erfassung der Verschleißwerte pro Zahn okkusal mit zusätzlicher Erfassung der oralen und vestibulären Flächen und Einfärbung der Werte gemäß der Legende in Abbildung 5. Oberhalb bzw. unterhalb der Verschleißgrade eingefügt ist eine erste Einstufung hinsichtlich der Behandlungsbedürftigkeit des Zahnes. In der Zeile darüber bzw. darunter sind zudem die okklusalen/inzisalen Zahnkontakte pro Zahn erfasst.

typically associated with chemical and mechanical causes of tooth wear. For simplification purposes, the scope is limited to mechanical vs chemical causes of wear. Figure 7 (bottom section) shows the list of symptom criteria for causes of tooth wear. In the dental practice software add-on used to document the findings in the present case, the list of symptom criteria was sorted so as to simplify the clinical examination as much as possible (Fig 7). In the Analysis mode, however, the findings are rearranged and sorted by cause (Fig 8).

Analysis

The Tooth Wear Status findings are analyzed and interpreted in a series of steps:

1. Is the tooth wear generalized? Each respective tooth is assigned a tooth wear severity classification of mild, moderate, severe or extreme, based on the highest wear



Fig 7 TWES 2.0 symptom criteria, established based on evidence from the available scientific literature for the various criteria, are used to evaluate the patient for symptoms indicative of pathological tooth wear. The possible causes of tooth wear are dichotomized into two groups: mechanical (M) or chemical (C). The etiology of the respective findings (M or C) is classified in the next step: 'Analysis' (see Fig 8).

Abb. 7 Erfassung von Symptomen für die Pathogenität von Zahnverschleiß, basierend auf den Vorgaben des TWES 2.0, gestützt auf die vorliegende wissenschaftliche Literatur zu den verschiedenen Merkmalen. Darunter: Erfassung der Befunde, die für mechanische (M) bzw. chemische (C) Ursachen des Zahnverschleißes sprechen. Die Zuordnung zu den jeweiligen Ursachen (mechanisch/chemisch) erfolgt im Rahmen der Auswertung (s. Abb. 8).

oder Schmerzen, funktionelle, ästhetische oder phonetische Beeinträchtigungen, nicht altersgerechter Zahnverschleiß und die fehlende Möglichkeit, dessen Progression aufzuhalten. Im Rahmen des Zahnverschleiß-Status wird daher geprüft, inwieweit die einzelnen Symptome vorhanden sind oder nicht (Aufstellung siehe Screenshot in Abb. 7). Im vorliegenden Behandlungsfall lagen gleich mehrere Symptome vor, die für einen pathologischen Zahnverschleiß sprachen. Dies deckte sich mit der subjektiven Einschätzung des Patienten.

Das TWES 2.0 erfasst zudem die Ursachen der Schädigung. Hierfür wird klinisch nach Merkmalen gesucht, die im Zusammenhang mit Zahnverschleiß infolge mechanischer oder chemischer Ursachen typischerweise vorkommen. Zur Vereinfachung beschränkt sich die Unterscheidung auf mechanische und chemische Verschleißursachen (Übersicht im unteren Abschnitt von Abbildung 7). In der

im vorliegenden Fall zur Dokumentation eingesetzten Erweiterung der zahnärztlichen Praxissoftware werden diese Merkmale so angeordnet, dass die klinische Untersuchung möglichst erleichtert wird (Abb. 7). Zur Auswertung werden die Befunde hingegen nach Ursachen sortiert angeordnet (Abb. 8).

Auswertung

Die Auswertung des Zahnverschleiß-Status erfolgt in mehreren Schritten:

1. Ist der Zahnverschleiß generalisiert? Hierfür werden die jeweils höchsten Verschleißgrade pro Zahn ermittelt und zugeordnet, ob dieser Zahn durch minimalen, moderaten, erheblichen oder extremen Zahnverschleiß gekennzeichnet ist. Ist der Zahnverschleiß lokalisiert oder generalisiert? Dazu wird bestimmt, wie viele Sextanten von der Verschleißstärke jeweils betroffen sind. Bei mehr als drei betroffenen Sextanten ist der Zahnverschleiß generalisiert – im vorliegenden Behandlungsfall war dies der Fall; daher ist in CMDbrux der entsprechende Balken ausgefüllt (Abb. 8, linker Graph).
2. Wie ist die Intensität des Zahnverschleißes? Wie viele der betroffenen Zähne zeigen welchen Zahnverschleißgrad (Abb. 8, zweiter Graph von links).
3. Was sind die Verschleißursachen? Hier stellt sich die Frage, inwieweit mechanische oder chemische Einflüsse das Geschehen bestimmen. Die Auswertung erfolgt ausgehend von der Anzahl der „positiven“ Merkmale im Verhältnis zur Anzahl der maximal möglichen Merkmale im Sinne einer Prozentangabe (Abb. 8, dritter Graph von links).
4. Ist der vorliegende Zahnverschleiß pathologisch? Dabei gilt Zahnverschleiß dann als pathologisch, wenn wenigstens moderater Zahnverschleiß vorliegt, der mit mindestens einem der zehn Merkmale für Pathologie einhergeht. Zur Bewertung des klinischen Bildes ist es dabei hilfreich zu wissen, wie viele Merkmale insgesamt für das Vorliegen pathologischen Zahnverschleißes sprechen (Abb. 8, vierter Graph von links).

Diagnose

Keine Therapie ohne Diagnose – diese ärztliche Maxime gilt auch für die Behandlung von Zahnverschleiß. Die Auswertung des Zahnverschleiß-Status muss daher in einer subsumierenden Diagnose münden, als Grundlage therapeutischer Entscheidungen. Das TWES 2.0 gibt hierfür erst-

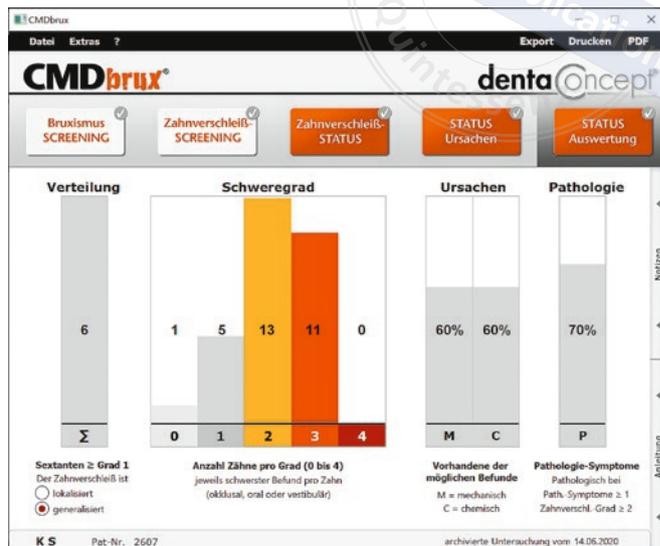


Fig 8 Analysis: The software analyzes the findings of the Tooth Wear Status charting and generates a graphic display of the sums of the individual values (CMDfact software, module CMDbrux 4.20). The first column (from left to right) shows the number of sextants affected (all six in this case), the second indicates the number of affected teeth per tooth wear severity grade, the third the percentage distributions of possible causes of tooth wear (mechanical or chemical), and the fourth the overall percentage of observed symptoms indicative of pathological tooth wear to the maximum possible number (in cases with at least moderate tooth wear).

Abb. 8 Auswertung des Zahnverschleiß-Status mit grafischer Wiedergabe der Summe der Einzelbefunde (CMDfact-Software-modul CMDbrux 4.20). Die Auswertung zeigt links, dass alle Sextanten betroffen sind, rechts daneben, welche Verschleißgrade pro Zahn wie oft vorkommen und wieder rechts davon, wie viele der jeweils möglichen Befunde vorkommen, die für mechanische oder chemische Verschleißursachen sprechen. Ganz rechts ist die Anzahl von Merkmalen aufaddiert, die für pathologischen Zahnverschleiß sprechen – vorausgesetzt, es liegt mindestens ein moderater Zahnverschleiß vor.

severity grades per tooth. Is the tooth wear localized or generalized? The presence of localized or generalized tooth wear is determined based on the number of sextants affected by the respective severity grade. Generalized tooth wear is defined as the presence of tooth wear in more than three sextants. In the present case, 'generalized' was selected in the corresponding menu field of the practice management software add-on (Fig 8; menu items below the graph on the left).

2. How severe is the tooth wear? How many affected teeth have which severity grade? (Fig 8; second graph from the left).

Copyright by
not for publication



CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf
PD Dr. M. Oliver Ahlers
Falkenried 88 (CIM, Haus C)
20251 Hamburg

Zahnverschleiß-Status (ZV2)

Befund erfasst und ausgewertet mit CMDfact-Modul CMDbrux

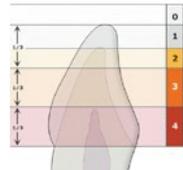
K S
Patient/in

2607
Patienten-Nummer

14.06.2020
Datum

01.01.1970
Geburtsdatum

Praxis-Stempel



Status

Im Rahmen der Behandlung wurde eine Untersuchung zur Erfassung von Zahnverschleiß (tooth wear) durchgeführt. Die Erfassung basierte auf dem international anerkannten Tooth Wear Evaluation System (TWES 2.0) und dessen Einteilung in die nebenstehenden Verschleißstufen. Dabei wurden für die einzelnen Zähne folgende Verschleißwerte festgestellt und therapeutisch pro Zahn und im Gesamtkontext bewertet.

Therapie	X				X								X																			
Zahnkontakt	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
ww / pw																																
vestibulär	0	0	0	1	2	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0														
okklusal	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	1	1														
oral	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0														
Zähne	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
oral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
okklusal	1	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	0	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
vestibulär	0	1	2	2	2	1	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	0	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0			
ww / pw																																
Zahnkontakt	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Therapie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Ursachen

Hinweise auf mechanische Ursachen

- glänzende plane Facetten
- Schmelz-/Dentinverschleiß gleich
- Zahnhöcker frakturieren
- Schmelzrisse okklusal/vestibulär
- Verschleiß unter Okklusion
- Veränderungen auch zervikal
- Impressionen an Wangen
- Impressionen an Zunge
- Impressionen an Lippen
- Torus mandibularis

Hinweise auf chemische Ursachen

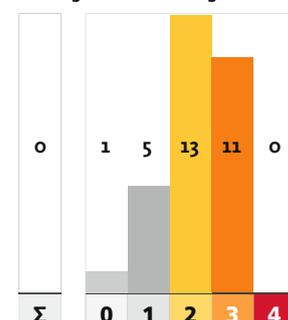
- Zahnoberflächen seidig bis matt
- verstärkte inzisale Transluzenz
- keine Plaque, kein Zahnstein
- Abrundung konvexer Konturen
- konkave Stellen in planen Flächen
- inzisale Furchen
- Verschleiß bei Non-Okklusion
- Amalgamfüllungen unversehrt
- Restaurationen erhaben
- Überempfindlichkeit bei Tests

Hinweise auf pathologischen Zahnverschleiß (ZV)

- Überempfindlichkeit/Schmerz
- Schwierigkeiten beim Kauen
- Abbröckeln der Zähne
- ZV beeinträchtigt Ästhetik
- ZV beeinträchtigt Phonetik
- Verlust vertikale Dimension
- schnelle Progression des ZV
- ZV nicht altersgerecht
- Speichelchemie ungünstig
- Ätiologie nicht beeinflussbar

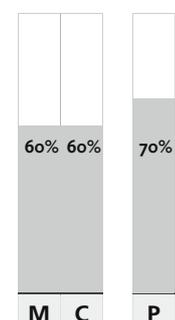
Auswertung

Verteilung



Σ

Schweregrad



M C P

Verteilung: Sextanten mit Grad ≥ 1, generalisiert bei > 2 Sextanten mit Grad ≥ 2

Schweregrad: Anzahl der Zähne mit Befunden Grad 0 bis 4

Ursachen: Anteil vorhandener Befunde für mechanische (M) u. chemische (C) Ursachen

Pathologie: ab einem Zahn mit Grad ≥ 2 und ≥ 1 Symptom aus der Anamnese

Zahnverschleiß ist lokalisiert physiologisch
 generalisiert pathologisch

Notizen

Notizen zu Zahnverschleiß-Status

Zahn 23, 25/6 sowie 45 und 45 haben deutlich an Volumen verloren. Die flächenhaften Substanzverluste im Bereich der Oberkieferseitenzähne wurden nach dem Prinzip im Zweifel für den Angeklagten als Grad 2 gewertet.

Datum / Unterschrift / Stempel

Entwicklung: Priv. Doz. Dr. M. Oliver Ahlers, CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf; Prof. und Prof. Dr. Wolfgang B. Freisinger, Charité-Universitätsmedizin, Berlin

© dentaConcept Verlag GmbH / Art. Nr. 520035 / ISBN 978-3-993485-25-2
 Copyright 2020 für alle Rechte vorbehalten
 Falkenried 88/89b, C, 20251 Hamburg, www.dentaconcept.de

Fig 9 CMDfact DiagnosticPilot, 'Further Diagnoses' menu page (screenshot): The software summarizes the various possible components of diagnoses of bruxism and tooth wear (as determined using TWES 2.0), presents the results as a checklist (left panel), and weighs the observed findings according to their diagnostic relevance. This information is displayed when the user hovers the mouse over the respective diagnosis (right panel).

Abb. 9 Weitere Diagnosen: Screenshot aus dem CMDfact DiagnosePilot, Registerseite „weitere Diagnosen“: Links sind die verschiedenen möglichen Diagnosebestandteile gemäß TWES 2.0 untereinander ankreuzbar aufgelistet; rechts werden den jeweils mit der Maus überfahrenen Diagnosen die zugehörigen Befunde nach ihrer Relevanz gewichtet zugeordnet.

Fig 10 Printout: The software generates a printable version of the summary of the TWES 2.0 Tooth Wear Status findings and classifies the presumed causes of wear as mechanical and/or chemical (in this case, both) in accordance with the guidelines in the literature (printable version of the CMDbrux report form).

Abb. 10 Diagnose des Zahnverschleiß-Status nach dem TWES 2.0; die Befunde zu den Ursachen des Zahnverschleißes sind hier gemäß den Vorgaben aus der Literatur vermutlich mechanischen und chemischen Ursachen zugeordnet (Druck des Befundbogens aus CMDbrux).

mals eine klare Taxonomie vor, welche in ihrer Struktur an die neue internationale Klassifikation parodontaler Erkrankungen angelehnt ist. Die Taxonomie strukturiert die Bewertung der Situation nach den folgenden Merkmalen:

- Ist der Zahnverschleiß lokalisiert und generalisiert?
- Wie hoch ist die jeweilige Verschleißstufe, einerseits generalisiert und – falls die Verschleißwerte lokal darüber hinausgehen – zudem lokalisiert?
- Ist der Zahnverschleiß pathologisch?
- Welche Ursachen liegen zugrunde?

Im vorliegenden Fall ergibt die Auswertung als Diagnose: generalisierter erheblicher und lokalisierter moderater pathologischer Zahnverschleiß mit mechanischen und chemischen Ursachen. Der Befund wird anschließend zusammenfassend ausgegeben (Abb. 9).

Zur Einordnung der Befunde und Festlegung der Diagnose werten Zahnärzte bisher die Befunde klassisch „im Kopf“ aus und tragen sie in die Karteikarte ein. Die digitale Auswertung des Zahnverschleiß-Status macht es möglich, die Diagnose per Mausklick festzulegen. Im vorliegenden Fall ist dafür die Taxonomie des TWES 2.0 auf der linken Bildschirmseite abgebildet (CMDfact-Softwaremodul DiagnosePilot, Fa. dentaConcept, Hamburg). Auf der rechten Bildschirmseite sind zu den einzelnen Diagnosebegriffen die individuell erhobenen Befunde kontextsensitiv zugeordnet. Dabei erfolgt eine Gewichtung danach, ob der Befund als Leitsymptom oder lediglich als „passender“ Befund einzuordnen ist – oder ob der Befund sogar gegen eine entsprechende Diagnose spricht (Abb. 10).

3. What are the causes of tooth wear? The etiology of wear is determined by evaluating the degree to which chemical and/or mechanical factors influence the tooth wear process. The results are computed as percentage values based on the ratio of observed (positive) symptoms to the maximum number of possible symptoms (Fig 8; second graph from the right).
4. Is the tooth wear pathological? Pathological tooth wear is defined as the presence of at least moderate tooth wear in association with at least one of the 10 symptom criteria for pathological tooth wear. When evaluating the clinical picture, it is helpful to know the total number of symptoms suggestive of pathological tooth wear (Fig 8; graph on the far right).

Diagnosis

No diagnosis, no treatment. This medical maxim also applies to the management of tooth wear. Therefore, the analysis of the Tooth Wear Status module should yield a subsuming diagnosis that can be used as a basis for therapeutic decision making. TWES 2.0 is the first instrument of its kind that specifies a clear taxonomy based on the New Global Classification System for Periodontal Diseases. The TWES 2.0 taxonomy structures the case analysis according to the following criteria:

- Is the tooth wear localized or generalized?
- What is the severity grade of generalized and, if local severity values are higher, localized tooth wear?
- Is the tooth wear pathological?
- What are the underlying causes?

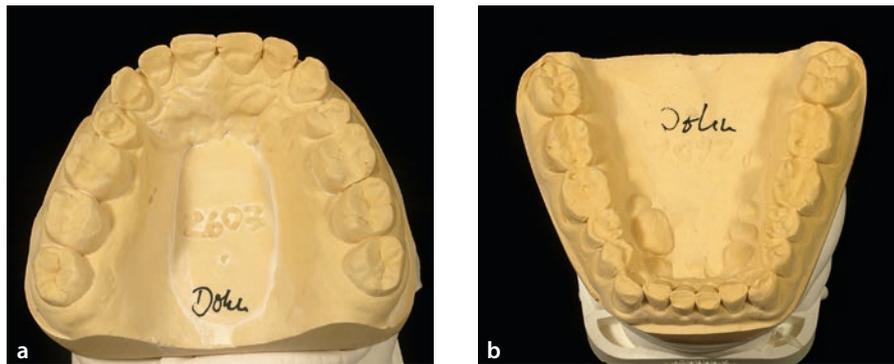


Fig 11a and b Casts made of super hard stone (Fujirock; GC Dental, Bad Homburg, Germany) after treating tooth 16 (amalgam and caries removal, and filling) before further treatment (occlusal view of the maxillary and mandibular arches).

Abb. 11a und b Modelle aus Superhartgips (Fuji-Rock; Fa. GC Dental, Bad Homburg) nach Entfernung der Amalgamfüllung und Versorgung der Karies am Zahn 16 vor der Weiterbehandlung, Okklusalanalysen des Ober- und Unterkiefers.

Analysis of the present case yielded the following diagnosis: severe generalized and localized moderate pathological tooth wear induced by mechanical and chemical causes. The software then summarizes and displays the findings (Fig 9).

When interpreting findings and establishing a diagnosis, dentists traditionally analyzed the findings mentally and recorded them in the patient's chart. However, the digital analysis of the Tooth Wear Status data allows the dentist to determine the diagnosis at the click of a mouse. In the case presented here, the taxonomy of the TWES 2.0 is displayed on the left side of the screen (CMDfact software, module DiagnosticPilot; dentaConcept, Hamburg, Germany). The individual diagnostic terms assigned to the individual findings are displayed on the right side of the screen in a context-sensitive manner. Items are weighted according to the classification of whether an observed finding is a cardinal symptom, a symptom that merely 'fits' the diagnosis, or perhaps a symptom that even contradicts the diagnosis (Fig 10).

In the overall case assessment, it is necessary to consider not only the diagnostic findings for tooth wear but also other relevant conditions. In the present case, the Tooth Wear Status findings were interpreted in combination with the dental and periodontal examinations, the clinical functional analysis, and the manual structural analysis findings. The decision to perform restorative therapy and restore the VDO was informed by the persistent presence of severe pain, which the patient found to be unbearable. Moreover, without the planned treatment, a further loss of tooth substance would probably have occurred over the course of time.

Treatment of tooth wear

Pretreatment

The European Consensus Statement on Management Guidelines for Severe Tooth Wear¹¹ generally recommends using a

In die Bewertung der Gesamtsituation muss dabei neben der Diagnostik des Zahnverschleißes die sonstige Situation eingehen. Im vorliegenden Behandlungsfall wurde der Zahnverschleiß-Status in Kombination mit dem Zahn- und Parodontalbefund sowie den Ergebnissen der klinischen Funktionsanalyse und der Manuellen Strukturanalyse ausgewertet. Bestimmend für die Entscheidung zur restaurativen Therapie unter Wiederherstellung der vertikalen Dimension waren die fortlaufenden erheblichen Schmerzen, die der Patient so nicht akzeptieren konnte. Außerdem war ohne die geplante Behandlung im weiteren Verlauf höchstwahrscheinlich mit weiteren Substanzschäden zu rechnen.

Therapie des Zahnverschleißes

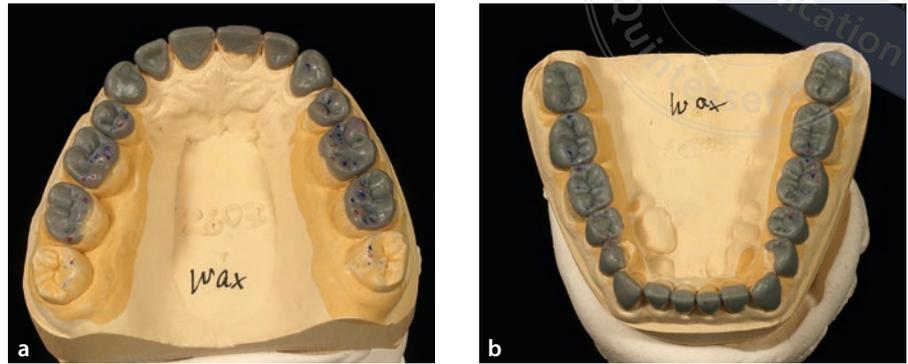
Vorbehandlung

Generell sieht die bereits zitierte konsensuale Empfehlung zur Behandlung von erheblichem Zahnverschleiß¹¹ vor, diesen nach Möglichkeit minimalinvasiv zu behandeln – zumal auch die zur Behandlung der Zahnverschleißfolgen verwendeten Restaurationen im weiteren Verlauf verschleifen können. Im vorliegenden Fall wurde genauso verfahren; die direkten Restaurationen hatten jedoch trotz mehrfacher Behandlungsversuche keinen Bestand. Daher erfolgte auf der Grundlage der durchgeführten Diagnostik und der vorliegenden Situationsmodelle die Planung der möglichst minimalinvasiven restaurativen Therapie (Abb. 11).

Im Sinne der wissenschaftlichen Stellungnahme zur zahnärztlichen Funktionstherapie seitens zahlreicher wissenschaftlicher zahnärztlicher Fachgesellschaften wurde dabei zunächst eine Simulation der Okklusion mit einer Relaxierungsschiene durchgeführt, die im weiteren Behandlungsverlauf in eine Positionierungsschiene über-

Fig 12a and b 3D simulation (wax-up) of the proposal to place definitive ceramic restorations to noninvasively or minimally invasively restore the occlusal surfaces and reestablish the VDO (Thowax; Yeti Dentalprodukte, Engen, Germany).

Abb. 12a und b Dreidimensionale Behandlungssimulation (Wax-Up) zur Versorgung der Kauflächen mit definitiven non- bzw. minimalinvasiven Keramikrestorationen unter Wiederherstellung der vertikalen Dimension (Thowax, Fa. Yeti Dentalprodukte, Engen).



führt wurde. Diese Positionierungsschiene wies ein deutliches Höcker- und Fissurenrelief auf und stellte genau die Kieferposition und Vertikaldimension ein, welche später die Restaurationen gemäß einer zuvor durchgeführten dreidimensionalen Therapiesimulation aufweisen sollten. Die Positionierungsschiene signalisierte so dem Patienten neuromuskulär, wie sich die Situation nach der Restauration der Zähne anfühlen würde. Dieses Vorgehen war entscheidend, um den Patienten sensorisch an die spätere Situation nach restaurativer Behandlung zu gewöhnen und eine Abschätzung der biologischen Adaptationsfähigkeit zu erreichen, ohne vorab die Zähne für die Behandlung mit herkömmlichen langzeitprovisorischen Kronen zu präparieren.

Nach dieser längeren Phase der klinischen Erprobung zeigte sich, ob die erforderliche funktionelle Adaptation an die Situation eingetreten war. Hierfür erfolgten eine klinische Funktionsanalyse, eine manuelle Strukturanalyse, eine Registrierung der vom Patienten eingenommenen Kieferposition und deren Vermessung per Kondylenpositionsanalyse, eine kondyläre Bewegungsaufzeichnung zur Artikulatorprogrammierung und eine funktionelle Bewegungsanalyse. Dabei zeigte sich, dass die muskuläre Situation stabil und beschwerdefrei war, die Kiefergelenke bewegten sich mit getragener Positionierungsschiene ohne funktionelle Einschränkungen und die therapeutische Kieferposition wurde in Ruhe und aus der Bewegung heraus stabil eingenommen (Aus Platzgründen sind die erhobenen Befunde hier nicht dargestellt).

Restaurative Therapie

Die restaurative Therapie wurde minimalinvasiv geplant. Zunächst erfolgte dabei eine dreidimensionale Behandlungssimulation (Abb. 12). Dabei wurde im Rahmen der Behandlungssimulation auch die therapeutische Vertikaldimension anhand verschiedener Parameter ermittelt¹⁶.

minimally invasive approach whenever possible. This is particularly important because the restorations used to treat the consequences of tooth wear can wear out in time. In the present case, the multiple direct restorations used to cover the teeth affected by tooth wear did not last, despite the adherence to these principles. Consequently, the patient's dentition was restored in the most minimally invasive way possible, based on the results of the diagnostic tooth wear evaluation and the available anatomical models (Fig 11).

In accordance with the scientific statement on dental functional therapy by numerous scientific dental associations, the patient first received a relaxation splint to stimulate the occlusion, which was switched to a repositioning splint further along in the course of treatment. The repositioning splint had a marked cusp and fissure relief, and accurately reflected the jaw position and VDO that the restorations should later have, as determined previously in a 3D treatment simulation. The repositioning splint thus provided the patient with neuromuscular signals corresponding to how it would feel after his teeth had been restored. This was a crucial step for the patient in terms of sensory adaptation to the later post-restorative situation, and for the dental team in terms of obtaining an estimate of biologic adaptability without the need of preparing and restoring the teeth with conventional long-term temporary crowns beforehand.

After this lengthy clinical testing period, it was deemed that the necessary functional adaptation to the proposed restoration had been achieved. Examinations performed for this purpose included clinical functional analysis, manual structural analysis, condylar position analysis for registration and measurement of the jaw position assumed by the patient, condylar movement recording for articulator programming, and functional movement analysis. The affected muscles were stable and symptom-free, the temporomandibular joints (TMJs) moved without functional impairment when the repositioning splint was in place, and the patient assumed

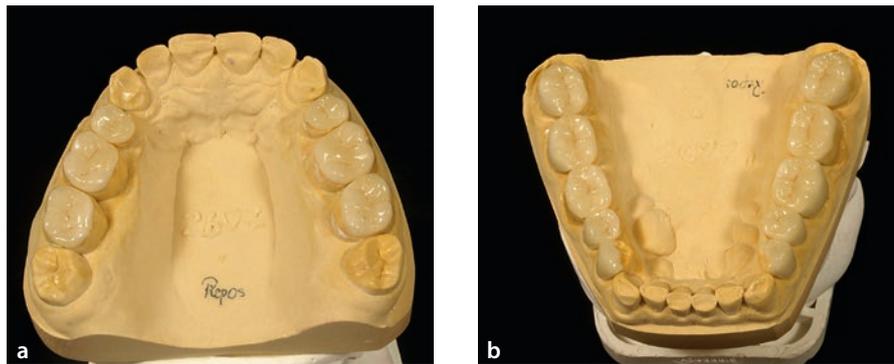


Fig 13a and b Posterior lithium disilicate restorations (IPS e.max Press Monolithic; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) before insertion.

Abb. 13a und b Seitenzahnrestaurationen aus Lithiumdisilikat (e.max press monolithisch; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) vor der Eingliederung.

the therapeutic jaw position in a stable manner at rest and from movement (data not shown).

Restorative treatment

Minimally invasive restorative treatment was planned. First, 3D treatment simulation was performed (Fig 12), in the course of which the therapeutic VDO was determined based on various parameters¹⁶.

- First, the VDO was adjusted to produce physiologic tooth contours in static occlusion. The simulation showed that the additional volumes in the posterior region enabled additive reconstruction with lithium disilicate.
- The dynamic occlusion was adjusted so that, in protrusion, the mandibular premolars were guided by the maxillary canines (in the absence of maxillary first premolars), followed by guidance of the mandibular incisors against the maxillary incisors.

The treatment plan was implemented in a single, two-stage treatment session:

- Noninvasive restorative treatment of the posterior teeth to protect the painful occlusal surfaces and to restore and stabilize the VDO (Fig 13).
- Minimally invasive restoration of the anterior teeth with monolithic lithium disilicate all-ceramic restorations to avoid having veneering ceramics with low flexural strength in the anterior region, among other reasons (Fig 14).

Monolithic all-ceramic restorations were chosen because it was particularly important for the patient that the shape of the new anterior restorations reflected the original shape of his teeth, that the tooth color did not deviate from the previous shade, and that the restorations lasted as long as possible.

Since the end of treatment, the patient has received continual aftercare due to the causes of his tooth wear. After

- In statischer Okklusion wurde die Vertikaldimension zunächst so eingestellt, dass physiologische Zahnkonturen resultierten. Die Simulation zeigte, dass dabei im Seitenzahnbereich die zusätzlichen Volumina eine additive Rekonstruktion mit Lithiumdisilikat ermöglichen.
- Die dynamische Okklusion wurde so eingestellt, dass – bei fehlenden oberen ersten Prämolaren – in Protrusion die Unterkieferprämolaren von den Canini des Oberkiefers geführt wurden, im weiteren Verlauf gefolgt durch die Führung der Unterkieferinzisiven gegen die Oberkieferinzisiven.

Die Umsetzung erfolgte in einer einphasigen zweizeitigen Behandlungsabfolge:

- Restaurative nichtinvasive Versorgung der Seitenzähne zum Schutz der schmerzhaften Kauflächen und zur Wiederherstellung und Stabilisierung der Vertikaldimension (Abb. 13);
- Minimalinvasive Versorgung der Frontzähne mit monolithischen Vollkeramikrestaurationen aus Lithiumdisilikat – auch im Frontzahnbereich, um die niedrigere Biegebruchfestigkeit von Verblendkeramik im Frontzahnbereich zu vermeiden (Abb. 14).

Dem Patienten war bezüglich der Frontzähne besonders wichtig, dass die Form der neuen Frontzahnrestauration die ursprüngliche Form wiedergab, die Farbe nicht von der vorherigen Situation abwich und die Restaurationen möglichst haltbar sind, daher die monolithische Herstellung.

Seitdem befindet sich der Patient dauerhaft in Nachsorge, aufgrund der Ursachen für den Zahnverschleiß. Der Patient wurde instruiert, demineralisierende Nahrungsbestandteile zu vermeiden, insbesondere Softdrinks, nachdem intrinsische chemische Faktoren anamnestisch ausgeschlossen werden konnten. Darüber hinaus trägt der



Fig 14a to f After minimally invasive preparation of the anterior teeth and adhesive luting of the posterior and anterior ceramic restorations using Ultra-Etch etchant (Ultradent, Cologne, Germany), OptiBond FL adhesive and primer (KaVo Kerr, Biberach, Germany) as well as Vitique luting composite (DMG, Hamburg, Germany). The views show the maxillary and mandibular arches frontally, in static and dynamic occlusion, and laterally in dynamic occlusion (right and left).

Abb. 14a bis f Zustand nach adhäsiver Eingliederung der Keramikrestorationen im Seiten- und Frontzahnbereich nach minimalinvasiver Präparation der Frontzähne im Schmelz (adhäsive Befestigung Ultra-Etch; Fa. Ultradent, Köln, Optibond FL Adhäsiv und Primer; KavoKerr, Biberach, sowie Vitique; Fa. DMG, Hamburg); Darstellung in Aufsicht des Ober- und Unterkiefers, frontal in statischer und dynamischer Okklusion sowie lateral in dynamischer Okklusion rechts und links.

Patient zur Begrenzung mechanischer Einflussfaktoren in der Nacht eine Schutzschiene. Genauso sieht es die (deutsche) Leitlinie zur Behandlung mit vollkeramischen Restaurationen für die Nachbehandlung von Patienten mit Bruxismus vor. Der Patient trägt diese Kunststoffschiene seit Jahren konsequent in der Nacht; etwa einmal pro Jahr wird deren abraderte Kaufläche durch okklusale Wiederherstellung instandgesetzt (Abb. 15).

Diskussion

Der vorliegende Behandlungsfall zeigt, wie eine mehrstufige Zahnverschleiß-Diagnostik im Praxisalltag umgesetzt wird: mit initialem Zahnverschleiß-Screening und einer im Bedarfsfall erfolgenden erweiterten Diagnostik per Zahn-

intrinsic chemical factors were excluded from his history, he was instructed to avoid demineralizing foods and beverages, especially soft drinks. In addition, the patient wears a protective acrylic night guard to limit the mechanical factors of tooth wear, which is in agreement with the (German) guidelines for the aftercare of bruxism patients following the placement of all-ceramic restorations. He has been faithfully wearing the device for years, and its abraded occlusal surfaces are repaired approximately once a year (Fig 15).

Discussion

The present case study shows how to implement TWES 2.0, a modular diagnostic protocol, in everyday practice. The first module is Tooth Wear Screening, and the second, Tooth Wear



Fig 15 Modified Tanner mandibular occlusal splint, designed for use as a repositioning splint.

Abb. 15 Unterkiefer-Okklusionsschiene nach Tanner, modifiziert im Sinne einer Positionierungsschiene.

Status, is reserved for cases requiring more extensive diagnostic evaluation. This multi-stage protocol corresponds to the concept of prevention-oriented dentistry adopted 15 years ago by the German Dental Association, the National Association of Statutory Health Insurance Dentists, and the German Society for Dentistry, Oral Medicine and Orthodontics.

The Tooth Wear Screening module is designed to identify patients in need of treatment with as little effort as possible. The experiences at the present authors' dental practices have shown that this screening tool can be implemented in daily clinical routine just as easily as the Periodontal Screening Index.

The Tooth Wear Status module, on the other hand, is much more comprehensive because it involves the complete charting of tooth wear on all tooth surfaces. The present case example demonstrates how this information is gathered and analyzed using digital systems. A clear overview of the findings is provided by the color display, where critical values are highlighted in various colors to create a recognizable risk profile that can be seen at a glance. The analysis presented in this article shows how the respective specialized practice management software add-ons facilitate the graphic presentation of the collected patient data, creating charts similar to Excel. Beyond the individual findings, the graphic representation of the analysis data depicts the intensity of events and facilitates the understanding of the information by the patient. This, in turn, is necessary for achieving effective patient education and the patient compliance needed to reduce or eliminate the causes of tooth wear.

verschleiß-Status. Das mehrstufige Vorgehen entspricht damit dem Konzept der präventionsorientierten Zahnheilkunde, wie dieses vor mittlerweile 15 Jahren von der Bundeszahnärztekammer, der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde verabschiedet wurde.

Dabei zielt das Zahnverschleiß-Screening darauf ab, die entsprechend auffälligen Behandlungsfälle mit möglichst geringem Aufwand zu entdecken. Die Erfahrungen aus den Praxen beider Autoren haben gezeigt, dass dies in der täglichen Routine genauso umsetzbar ist wie die Erhebung des parodontalen Screening-Index.

Im Vergleich dazu ist die Erhebung des Zahnverschleiß-Status deutlich aufwändiger, da hierfür der Verschleiß aller Zahnflächen untersucht werden muss, im Sinne einer vollständigen Kartierung. Das vorliegende Beispiel zeigt, wie sich dies mit digitalen Befundsystemen umsetzen lässt. Die farbige Darstellung der Befundwerte macht diese übersichtlicher. Die kritischen Einzelwerte werden farblich hervorgehoben und so auf einen Blick ein erkennbares Risikoprofil generiert. Darüber hinaus zeigt die dargestellte Auswertung, dass entsprechende spezialisierte Erweiterungen der Praxisverwaltungssoftware dem Zahnarzt helfen können, die von ihm selbst erhobenen Werte entsprechend grafisch aufzubereiten – so als ob er selbst die Daten in Excel übertragen und dort die Ergebnisse abgebildet hätten. Jenseits der Einzelbefunde bildet dabei die grafische Darstellung der Auswertung die Intensität des Geschehens ab und erleichtert auch Patienten das Verständnis. Dies wiederum ist erforderlich für eine wirksame Aufklärung

sowie als Grundlage der für die Eindämmung der Verschleißursachen notwendigen Compliance.

Einsatz von Intraoralscannern?

Perspektivisch wäre denkbar, die eigentlichen Verschleißwerte mithilfe von Intraoralscannern zu erheben. Voraussetzung hierfür ist aber, dass die Fehlertoleranzen der Intraoralscanner^{17,18} deutlich unterhalb der fraglichen jährlichen Verschleißraten liegen.

Die vorliegenden Studien hinsichtlich des physiologischen Zahnverschleißes berichten von niedrigen zweistelligen Verlustraten in Mikrometer pro Jahr^{19,20}. Daher stellt sich die Frage, ob die Messgenauigkeit der Intraoralscanner ausreicht, um beginnende Veränderungen in den jährlichen Verschleißraten zu erkennen.

Sobald aber minimaler oder moderater Zahnverschleiß eingetreten ist, kann der Zahnarzt dies mit Lupenbrille gut erkennen; bei erheblichem oder extremem Verschleiß gelingt dies mit bloßem Auge.

Die Zuverlässigkeit, Verschleißwerte ohne Einsatz technischer Hilfsmittel zu erfassen, ist bereits durch Studien aus Amsterdam belegt – und zwar sowohl für die Inspektion intraoral als auch für die Bewertung auf der Grundlage von Kiefermodellen und Fotos⁹.

Effekt der Zahnverschleiß-Diagnostik auf die Behandlung

Die durchgeführte Diagnostik zeigte im vorliegenden Fall, dass ein generalisierter moderater und lokalisierter erheblicher Zahnverschleiß vorlag. Die Lokalisation des erheblichen Zahnverschleißes korrelierte mit der Lokalisation der Zahnschmerzen des Patienten. Nach Abschluss der restaurativen Behandlung sind die Schmerzen umgehend verschwunden und über fünf Jahre nicht wiedergekehrt.

Die Befunde aus dem Zahnverschleiß-Status haben die Behandlung in verschiedener Weise beeinflusst:

- Zum einen hatte die differenzierte Erfassung der Verschleißbefunde dazu geführt, dass tatsächlich ein minimal- bzw. ein teilweise noninvasives Vorgehen im Rahmen der restaurativen Versorgung gewählt wurde. Im Vergleich zur andernorts aufgestellten ursprünglichen „klassischen“ Therapieplanung mit Präparationen von Vollkronen an allen Zähnen ist dadurch in erheblichem Maße Zahnhartsubstanz erhalten geblieben. Dies entspricht den Vorgaben der bereits zitierten Stellungnahme zur Behandlung von erheblichem Zahnverschleiß¹¹.

Feasibility of using intraoral scanners (IOSs)

Theoretically, it may be possible to use IOSs for tooth wear measurement in the future, provided that the measurement error tolerances of the scanners used for this purpose are significantly lower than the actual annual tooth wear rates^{17,18}.

The available studies on physiologic tooth wear report that annual dental hard tissue loss rates are in the low double-digit micrometer range^{19,20}. This raises the question of whether the measurement accuracy of IOSs is good enough to detect early changes in annual wear rates.

Mild to moderate tooth wear can readily be detected with magnifying glasses, and severe to extreme wear can be seen with the naked eye.

Researchers in Amsterdam have already demonstrated the reliability of tooth wear grading without technical aids, by intraoral inspection and through the evaluation of dental casts and intraoral photographs⁹.

Effects of tooth wear diagnosis on treatment

In the present case, the TWES 2.0 established the diagnosis of generalized moderate and localized severe tooth wear. The observed location of severe wear coincided with the reported site of toothache symptoms. According to the patient, the pain disappeared immediately after restorative treatment, and the toothache symptoms have not reappeared for more than 5 years.

The Tooth Wear Status findings influenced treatment planning in a number of ways:

- Due to the differentiated charting of the tooth wear findings, it was indeed possible to adopt a minimally invasive or partially noninvasive approach to the restorative treatment. Consequently, the dental team was able to preserve a considerable amount of tooth structure compared with the greater tooth structure losses associated with a traditional treatment planning approach, which call for the preparation of full crowns on all teeth. The method presented here fully satisfies the requirements of the European Consensus Statement on Management Guidelines for Severe Tooth Wear¹¹.
- The application of recent findings regarding the causes of tooth wear led to appropriate targets in maintenance therapy, making it possible to avoid new tooth structure loss outside the restorations. Moreover, the protective night guard worn by the patient obviously contributed to the preservation of the all-ceramic restorations. Only on one single tooth (26) did the ceramic along the distopala-

tal restoration margin fracture early, without dentin exposure. After rounding and polishing, it was possible to leave this restoration in situ, where it has remained in place and functional ever since.

Evaluation in combination with other findings

If severe or extreme tooth wear is accompanied by dysfunctional changes, the goal of restorative treatment must be to restore the normal function of the muscles and TMJs. Therefore, the Tooth Wear Status findings as well as other functional assessments must flow into treatment planning.

Use of the CMDfact DiagnosticPilot software (Fig 10) to manage the case findings and diagnoses ensured that the information from the various examinations and tests was consolidated in one place. This is particularly important in patients with localized severe tooth wear accompanied by impairment of joint function, so that the treatment strategy can be adapted based on the combination of different diagnoses (restorative treatment of worn teeth and restoration of joint function in the corrected joint position).

The treatment approach described in this article shows that the digitalization of dentistry can improve the level of available information. The dentist is responsible for making decisions regarding the collection and interpretation of findings, for establishing the diagnosis, and, ultimately, for providing treatment accordingly. TWES 2.0¹², a further development of the original TWES, provides an excellent foundation for this purpose.

References

1. Van't Spijker A, Rodriguez JM, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Bartlett DW, Creugers NH. Prevalence of tooth wear in adults. *Int J Prosthodont* 2009;22:35–42.
2. El Aidi H, Bronkhorst EM, Huysmans MC, Truin GJ. Dynamics of tooth erosion in adolescents: a 3-year longitudinal study. *J Dent* 2010;38:131–137.
3. Bartlett DW, Lussi A, West NX, Bouchard P, Sanz M, Bourgeois D. Prevalence of tooth wear on buccal and lingual surfaces and possible risk factors in young European adults. *J Dent* 2013;41:1007–1013.
4. Hugoson A, Bergendal T, Ekfeldt A, Helkimo M. Prevalence and severity of incisal and occlusal tooth wear in an adult Swedish population. *Acta Odontol Scand* 1988;46:255–265.
5. Hugoson A, Ekfeldt A, Koch G, Hallonsten AL. Incisal and occlusal tooth wear in children and adolescents in a Swedish population. *Acta Odontol Scand* 1996;54:263–270.
6. Wetselaar P, Lobbezoo F, Koutris M, Visscher CM, Naeije M. Reliability of an occlusal and nonocclusal tooth wear grading system: clinical use versus dental cast assessment. *Int J Prosthodont* 2009;22:388–390.

- Die Umsetzung der Erkenntnisse hinsichtlich der Ursachen hat zu entsprechenden Vorgaben in der Erhaltungstherapie geführt, mit dem Ergebnis, dass keine neuen Zahnhartsubstanzverluste außerhalb der Restaurationen eingetreten sind. Das nächtliche Tragen einer Schutzschiene aus Kunststoff hat offensichtlich dazu beigetragen, auch die Restaurationen aus Vollkeramik zu erhalten. Lediglich an einem Zahn (26) ist schon früh die Keramik am disto-palatalen Restaurationrand frakturiert, ohne dass dabei Dentin freigelegt wurde. Nach Abrundung und Politur konnte diese Restauration so verbleiben und ist seither weiterhin in situ und in Funktion.

Auswertung im Vergleich mit anderen Befunden

Sofern erheblicher oder extremer Zahnverschleiß mit dysfunktionellen Veränderungen einhergeht, muss das Ziel restaurativer Behandlungen sein, die Eufunktion der Muskulatur sowie der Kiefergelenke wiederherzustellen. In die Behandlungsplanung müssen also der Zahnverschleiß-Status sowie die übrigen Funktionsbefunde eingehen.

In der hier eingesetzten Software zur Verwaltung der Befunde und Diagnosen (CMDfact DiagnosePilot, siehe Abb. 10) werden die Informationen aus den verschiedenen Untersuchungen an einer Stelle gebündelt. Dies ist vor allem in Fällen mit lokalisiertem erheblichem Zahnverschleiß relevant, wenn dieser mit Störungen in der Gelenkfunktion einhergeht, weil die Kombination der verschiedenen Diagnosen eine veränderte Behandlungsstrategie vorgibt (restaurative Wiederherstellung der Zähne mit Zahnverschleiß unter funktioneller Wiederherstellung der Gelenkfunktion in korrigierter Gelenkstellung).

Das vorgestellte Vorgehen zeigt, dass Digitalisierung in der Zahnheilkunde den Informationsstand des Zahnarztes verbessern kann. Die Entscheidung über sowohl die Befundung an sich als auch die Befundinterpretation in Form von Diagnosen und schließlich die daraus resultierende Behandlung bleibt beim Zahnarzt. Das weiterentwickelte TWES 2.0¹² bietet hierfür eine exzellente Grundlage.

7. Vervoorn-Vis GM, Wetselaar P, Koutris M, et al. Assessment of the progression of tooth wear on dental casts. *J Oral Rehabil* 2015;42: 600–604.
8. Wetselaar P, Lobbezoo F. The Tooth Wear Evaluation System: a modular clinical guideline for the diagnosis and management planning of worn dentitions. *J Oral Rehabil* 2016;43:69–80.
9. Wetselaar P, Wetselaar-Glas MJ, Koutris M, Visscher CM, Lobbezoo F. Assessment of the amount of tooth wear on dental casts and intra-oral photographs. *J Oral Rehabil* 2016;43:615–620.
10. Bartlett D, Ganss C, Lussi A. Basic Erosive Wear Examination (BEWE): a new scoring system for scientific and clinical needs. *Clin Oral Investig* 2008;12(suppl 1):S65–S68.
11. Loomans B, Opdam N, Attin T, et al. Severe Tooth Wear: European Consensus Statement on Management Guidelines. *J Adhes Dent* 2017;19:111–119.
12. Wetselaar P, Wetselaar-Glas MJM, Katzer LD, Ahlers MO. Diagnosing tooth wear, a new taxonomy based on the revised version of the Tooth Wear Evaluation System (TWES 2.0). *J Oral Rehabil* 2020;47: 703–712.
13. Wetselaar P, Faris A, Lobbezoo F. A plea for the development of a universally accepted modular tooth wear evaluation system. *BMC Oral Health* 2016;16:115.
14. Tonetti MS, Sanz M. Implementation of the new classification of periodontal diseases: decision-making algorithms for clinical practice and education. *J Clin Periodontol* 2019;46:398–405.
15. Wetselaar P. The Tooth Wear Evaluation System (TWES): New insights, further developments. *J CranioMand Funct* 2020;12:133–143.
16. Ahlers MO. Determination of vertical dimension when using repositioning onlays for second stage restorative treatment after functional therapy. *J CranioMand Funct* 2014;6:131–148.
17. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comp Dent* 2019;22:11–19.
18. Mennito AS, Evans ZP, Nash J, et al. Evaluation of the trueness and precision of complete arch digital impressions on a human maxilla using seven different intraoral digital impression systems and a laboratory scanner. *J Esthet Restor Dent* 2019;31:369–377.
19. Bhundia S, Bartlett D, O'Toole S. Non-cariou cervical lesions – can terminology influence our clinical assessment? *Brit Dent J* 2019;227: 985–988.
20. Xhonga FA. Bruxism and its effect on the teeth. *J Oral Rehabil* 1977; 4:65–76.

Anhang

Abgrenzung von Zahnverschleiß gegenüber funktionstherapeutisch indizierten Bisshebungen

Verschiedene Kassenzahnärztlichen Vereinigungen in Deutschland beobachten eine steigende Anzahl eingereicherter Behandlungspläne für umfangreiche Restaurationen mit „Bisshebungen“. In Deutschland ist für die Kostenerstattung im Rahmen der gesetzlichen Krankenversicherung dabei die Indikation entscheidend. So gibt das deutsche SGB V § 28 Abs. 2 Satz 8 vor, dass funktionsdiagnostische und funktionstherapeutische Behandlungen nicht Bestandteil der (vertrags-) zahnärztlichen Behandlung sind. Die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV) hat daher schon 2007 in einem Rundschreiben an die Kassenzahnärztlichen Vereinigungen darauf hingewiesen, dass „Bisshebungen“ allein aus funktionstherapeutischer Indikation keine vertragszahnärztlichen Leistungen darstellen.

Anders ist die Situation, wenn Zähne durch Zahnverschleiß soweit geschädigt sind, dass sie in ihrer Vitalität oder in ihrem Zahnerhalt bedroht sind. In diesem Fall sieht nach der Bewertung der KZBV die Zahnersatzrichtlinie des Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) gemäß Nr. 16a und d die Behandlung mit Zahnersatz als Vertragsleistung vor – und schließt hierbei auch Zähne ein, die selbst nicht geschädigt sind, aber im Rahmen einer notwendigen

Appendix

Differentiation of tooth wear from bite elevation for functional therapeutic reasons

In Germany, the various associations of statutory health insurance (SHI) dentists are observing an increase in the number of treatment plans submitted for extensive dental restorations involving ‘bite elevation.’ The indication determines whether the costs are reimbursable under the German Statutory Health Insurance scheme. For example, the German Social Code Book V § 28 paragraph 2, sentence 8, stipulates that functional diagnostic testing and functional treatments are not treatment services covered under the SHI scheme. Therefore, in 2007, the National Association of Statutory Health Insurance Dentists (*Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung, KZBV*) sent a circular letter to the various German dental SHI associations stipulating that ‘bite elevation’ for functional therapeutic purposes alone does not constitute a dental service reimbursable under the SHI scheme.

This does not apply in cases where the teeth are so severely worn that their vitality or preservation is jeopardized. In the opinion of the KZBV, the Dental Prosthesis Guideline of the Federal Joint Committee (G-BA), section 16a and d, then provides for treatment with dental prostheses as a contractual benefit under the SHI scheme. This provision also includes teeth that are not themselves damaged, but which should be treated so as to achieve the necessary increase in

VDO. Under these conditions, the scope of this provision is further extended if the patient has a supplementary insurance policy with a reimbursement policy that is contingent upon partial reimbursement from the SHI provider.

Therefore, the use of a structured diagnostic protocol such as the one described in this article enables clear differentiation of the treatment indication prior to restorative treatments that involve increasing the VDO. TWES 2.0, a further development of the original TWES, is well suited for this purpose as it allows dentists to establish the indication in their dental practices based on scientific evidence, which is being continually expanded in ongoing studies.

Erhöhung der Vertikaldimension mitversorgt werden müssen. Für die Betroffenen vergrößert sich die Tragweite dieser Festlegung zusätzlich, falls eine Zusatzversicherung existiert, deren Erstattungsleistung an eine Teilleistung der gesetzlichen Krankenversicherung gebunden ist.

Eine strukturierte Diagnostik wie sie in diesem Beitrag dargestellt ist, ermöglicht daher vor wiederherstellenden Behandlungen unter Erhöhung der Vertikaldimension eine klare Abgrenzung der Behandlungsindikation. Auch hierfür eignet sich das weiterentwickelte Tooth Wear Evaluation System TWES 2.0 und ermöglicht die Einordnung in der Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage. Diese wird mittels laufender Studien kontinuierlich verbreitert.



M. Oliver Ahlers, PD Dr med dent
CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf,
Germany

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Zentrum für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf,
Germany

Peter Wetselaar, DDS, PhD, Prof Dr med dent
Department of Orofacial Pain and Dysfunction,
Academic Centre for Dentistry Amsterdam
(ACTA), University of Amsterdam and Vrije
Universiteit Amsterdam, Netherlands

Überweisungspraxis Heemstede, Netherlands

Address/Adresse

PD Dr M. Oliver Ahlers, CMD-Centrum Hamburg-Eppendorf, Falkenried 88 (CiM), Haus C, 20251 Hamburg, Germany;
Email: Ahlers@uke.de