

# Die zentrale Rolle der zahnärztlichen Schlafmedizin im interdisziplinären Kontext des Konvolutes schlafbezogener Atmungsstörungen

Das noch junge Fach der zahnärztlichen Schlafmedizin (ZSM) hat sich im Laufe der Jahre zu einem integralen Bestandteil der interdisziplinären Versorgung von betroffenen Patientinnen und Patienten etabliert. Der folgende Beitrag veranschaulicht den klinischen Alltag in einer schlafmedizinisch spezialisierten Praxis und gibt Einblicke in die Überlegungen der speziell ausgebildeten Zahnärztinnen und Zahnärzte im Sinne einer multimodalen maßgeschneiderten Präzisionsmedizin zum Wohle der Patientinnen und Patienten.

**S**pätestens seit Veröffentlichung der S1-Leitlinie „Unterkieferprotrusionsschienen bei Erwachsenen“ [1] ist deutlich geworden, dass die zahnärztliche Schlafmedizin nicht ausschließlich auf die Anwendung von Unterkieferprotrusionsschienen reduziert werden kann (**Abb. 1**). Denn die Zahnärzteschaft leistet im Rahmen einer kollektiven Expertise einen bedeutenden Beitrag zur Volksgesundheit, indem sie nicht nur bei der Behandlung, sondern vor allem bei der Erkennung, Prävention und Nachsorge schlafbezogener Atmungsstörungen mitwirkt. Ermöglicht wird dies durch eine spezialisierte zahnmedizinische Expertise, bei der orale, dento-skelettale wie auch funktionelle Befunde sowie Symptome und Diagnosen Hinweise auf diverse Schlafstörungen geben können.



**Abb. 1:** Die zahnärztliche Schlafmedizin – mehr als Schienentherapie.

## OSAS – eine Erkrankung, viele Gesichter

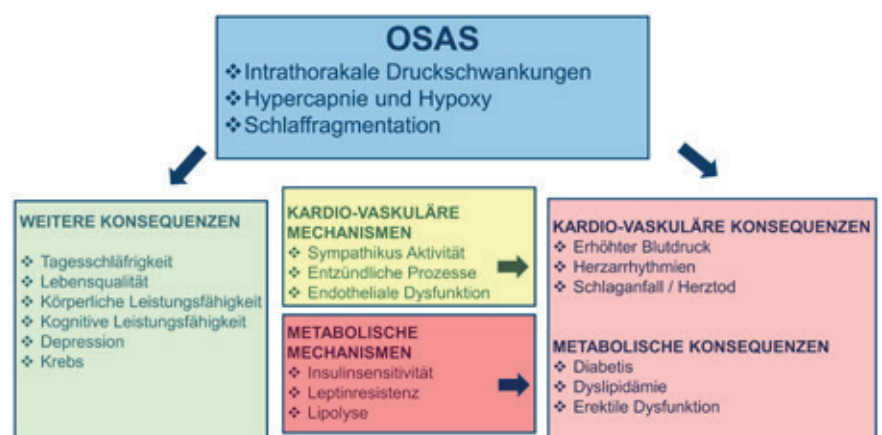
Schlafbezogene Atmungsstörungen (SBAS) bilden ein sehr heterogenes Krankheitsbild und umfassen eine Reihe von Beschwerden, die Störungen der Atmung und des Atemflusses während des Schlafens ver-

ursachen. Neben habituellem Schnarchen ist das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) die häufigste Störung dieser Art. Im Gegensatz zur zentralen Schlafapnoe (CSA) [2], bei der ein Atemantrieb vorübergehend fehlt, ist diese chronische Erkrankung durch wiederholte Episoden eines vollständigen oder partiellen Kollapses der oberen Atemwege während des Schlafes charakterisiert, wodurch es hauptsächlich zu Atempausen, Sauerstoffsättigungen und einer Fragmentierung der Schlafstruktur teils mit Weckreaktionen kommt. Die Pathophysiologie des OSAS ist hochkomplex, multifaktoriell und beinhaltet sowohl anatomische Aspekte wie Fetteinlagerungen im Hals- und Abdominalbereich als auch gestörte neuromuskuläre, ventilatorische und hormonelle Steuerungs- bzw. Kontrollmechanismen. Schwere Verläufe können mitunter weitreichende gesundheitliche Konsequen-

zen mit sich bringen und beeinträchtigen neben kardiovaskulären und metabolischen Systemen auch die neurokognitive Leistungsfähigkeit und die Lebensqualität der Betroffenen (**Abb. 2**). Als Hauptrisikofaktoren [3] gelten neben Adipositas das männliche Geschlecht (ca. 65%), höheres Lebensalter, kraniofaziale Anomalien und auch der übermäßige Konsum von Genussmitteln. Die primären Symptome des OSAS äußern sich vor allem in Bluthochdruck, nicht erholsamem Schlaf, Tagesschläfrigkeit (Sekundenschlaf) und Schnarchen. Die klassische Schweregrad-Einteilung erfolgt nach der Apnoe-Hypopnoe-(AHI-)Klassifikation [4] (**Abb. 3**).

## Früherkennung beginnt in der zahnärztlichen Praxis

Die Prävalenz [5] der obstruktiven Schlafapnoe nimmt in den letzten Jahrzehnten äquivalent mit steigender Adipositas-Ra-



**Abb. 2:** Die Auswirkungen des OSAS sind vielfältig und können bedrohliche Ausmaße annehmen.

te zu und bleibt weitgehend nicht diagnostiziert. Verlässliche Daten sprechen weltweit von ca. 20% leicht- bis schwergradiger OSA bei Erwachsenen im Alter von 30 bis 69 Jahren. Da ein großer Teil der Bevölkerung regelmäßig zahnärztliche Vorsorgeuntersuchungen wahrnimmt, während gleichzeitig kein regelmäßiger Kontakt zu Haus- oder Fachärztinnen und -ärzten besteht, bietet sich die einzigartige Möglichkeit an, potenzielle Risikopatienten bereits anamnestisch frühzeitig in der zahnärztlichen Praxis zu identifizieren und gegebenenfalls einer weiterführenden schlafmedizinischen Diagnostik mittels Polygraphie (PG) bzw. Polysomnographie (PSG) zuzuführen [6–12]. Neben der allgemeinen Anamnese bietet sich hierzu die Anwendung validierter OSA-Prätestungen an, die mit überschaubaren Ressourcen eingesetzt werden können. Zu den gängigen Screening-Instrumenten zählen Fragebögen wie der Berlin-Fragebogen, die Epworth Sleepiness Scale (ESS) [13], der Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) [14] oder der STOP-BANG-Fragebogen [15–17]. Mit einer 95%igen Sensitivität bei schwerem OSAS hat sich Letzterer dabei als besonders zuverlässiges Instrument zur Einschätzung des Schlafapnoe-Risikos etabliert. Leicht verständlich und schnell durchführbar berücksichtigt er sowohl subjektive Symptome wie Schnarchen, Tagesmüdigkeit, beobachtete Atemaussetzer und Bluthochdruck als auch demografische Risikofaktoren wie Alter, Body Mass Index, Halsumfang und Geschlecht (Abb. 4). Darüber hinaus kann auch die Pulsoximetrie als ergänzende Screeningmethode eingesetzt werden. Sie ermög-

licht die Identifikation von potenziell OSA-assoziierten Sauerstoffsättigungen während des Schlafes. Hierzu können weitverbreitete Wearables [18,19] wie Smartwatches, Fitnessarmbänder oder Ringe im Rahmen des Lifestyle-Trackings ebenfalls ressourcensparend eingesetzt werden.

**Zahnärztliche Befunde aus schlafmedizinischer Sicht**

Doch der präventive Ansatz in der zahnärztlichen Praxis geht weit über Prätestungen hinaus. Denn im Rahmen routinemäßiger klinischer Untersuchungen kann eine schlafmedizinische Blickperspektive auf zahnmedizinische Befunde Aufschluss über schlafbezogene Atmungsstörungen geben. Da OSAS signifikante Auswirkungen auf die Mundgesundheit ausübt, können viele anamnestische Symptome (Abb. 5) in Kombination mit Zeichen des harten und weichen Oralextremums als frühe diagnostische Indikatoren dienen [20–25]. Diese Erkenntnis stützt sich auf komplexe zahn- und schlafmedizinische Zusammenhänge, die sich oft kausal bedingen. Hier unterscheidet man grundsätzlich zwischen strukturellen und funktionellen Veränderungen mit oraler Manifestation (Abb. 6).

Im letzteren Fall wird besonders häufig der Schlafbruxismus (SB) [26–28] ge-

nannt. Hierbei kommt es zu phasisch unbewussten Bewegungen und Pressen oder hörbarem Knirschen der Zähne im Schlaf. Sekundär gilt er als mögliche Begleiterkrankung, die mit einer Schlafapnoe einhergehen kann, weil man davon ausgeht, dass die muskuläre Anspannung beim Bruxismus eine physiologische Reaktion des Körpers darstellt, um die Atemwege bei einem Apnoe-Ereignis wieder zu öffnen. Gleichzeitig ist bekannt, dass OSA auch einen SB bedingen kann (Abb. 7). Typische Befunde des SB sind unter anderem Attritionen, Infraktionen, Höckerfrakturen, keilförmige Defekte oder auch Veränderungen der vertikalen Dimension des Gebisses. Zusätzlich können Veränderungen der oralen Weichgewebe auftreten, wie beispielsweise Zungenimpressionen, Wangenimpressionen, hypertrophe Kaumuskelatur oder Gingivarezessionen. Ferner ist SB ein wesentlicher Risikofaktor für die Entwicklung einer craniomandibulären Dysfunktion (CMD) [29–31] und orofazialer Schmerzen, die eine Koinkidenz einer OSA nahelegen. Im Übrigen lässt sich im Rahmen einer Polysomnographie die für SB typische rhythmische Kaumuskelaktivität (RMMA) in der Elektromyographie-Ableitung (EMG) gut nachweisen (Abb. 8). Auch die verstärkte Mundatmung stellt

APNOE-HYPOPNOE-INDEX (AHI)

EINTEILUNG SCHWEREGRAD

- leicht:        5 – 15 AHI / h
- mittel:        15 – 30 AHI / h
- schwer:       > 30 AHI / h

Abb. 3: Der AHI gibt die Gesamtzahl der während des Schlafes aufgetretenen Apnoe-(Atemaussetzer) und Hypopnoe-(reduzierter Atemfluss) Episoden, geteilt durch die Schlafdauer in Stunden, wieder.

**STOP-BANG FRAGEBOGEN**

<b>S</b>	Schnarchen	Schnarchen Sie laut(lauter als Sprechen oder hörbar durch eine geschlossene Tür?)	Ja	Nein
<b>T</b>	Müdigkeit	Fühlen Sie sich häufig müde oder schläfrig tagsüber?	Ja	Nein
<b>O</b>	Beobachtung	Hat jemand schon beobachtet, dass Sie im Schlaf aufhören zu atmen?	Ja	Nein
<b>P</b>	Blutdruck	Werden Sie oder wurden Sie wegen hohem Blutdruck behandelt?	Ja	Nein
<b>B</b>	BMI	Höher als 35kg/m <sup>2</sup> ?	Ja	Nein
<b>A</b>	Alter	Älter als 50 Jahre?	Ja	Nein
<b>N</b>	Halsumfang	Größer als 40 cm (bei Frauen), 43 cm (bei Männern)?	Ja	Nein
<b>G</b>	Geschlecht	Männlich?	Ja	Nein
<b>SUMMEN</b>				

0-2 Ja-Antworten:                    Niedriges OSAS- Risiko  
 3-4 Ja-Antworten:                    Mittleres OSAS- Risiko  
 5-8 Ja-Antworten oder 2 STOP  
 und 1 BANG - Ja-Antworten:      Hohes OSAS- Risiko

Abb. 4: STOP-BANG – eine einfache und verlässliche OSA-Prätestung.



Abb. 5: Schlafmedizinische Erkenntnisse beginnen mit der Anamnese in der zahnärztlichen Praxis.



Abb. 6: Orale Befunde vs. Schlafstörungen modifiziert nach Lobbezoo et al. [22].



Abb. 8: Anamnestisch untermauert, können zahnärztliche Befunde von schlafmedizinischer Relevanz sein.

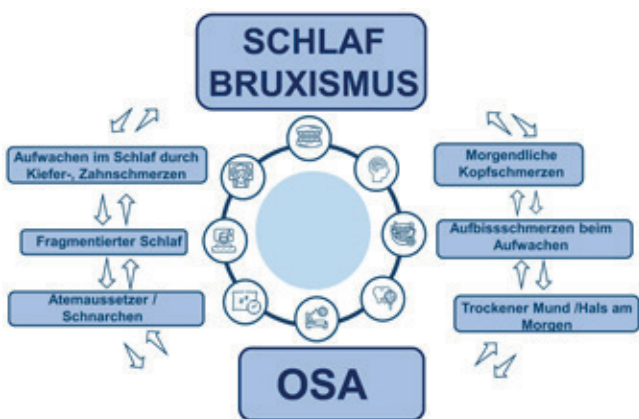


Abb. 7: Zusammenhänge zwischen Schlafbruxismus und OSA.

ein weiteres häufiges Symptom dar und wird von etwa der Hälfte der an OSAS erkrankten Patientinnen und Patienten angegeben. Sie führt häufig zu persistierender Xerostomie und kann das Risiko für Karies [32,33] sowie Schäden am oralen Mikrobiom erhöhen. Darüber hinaus zeigen zahlreiche Untersu-

chungen auch eine deutliche Assoziation zwischen obstruktiver Schlafapnoe und Parodontalerkrankungen [34–36]. Patientinnen und Patienten mit moderater bis schwerer Erkrankung weisen signifikant häufiger Parodontitis auf als Personen ohne schlafbezogene Atmungsstörungen. Vermutet werden pathophysiologische Mechanismen, die ihren Ursprung in der OSA-bedingten intermittierenden Hypoxie und der daraus resultierenden Immunsuppression mit Folgeentzündungen haben (Abb. 9). Ebenso können gastroösophageale Refluxsymptome [37] mit OSA assoziiert sein. Klinisch manifestieren sich diese in generalisierten Zahnerosionen (Abb. 10).

Zu den strukturellen Veränderungen mit oralen Manifestationen zählen alle anatomischen Aspekte, die die Atemwegsver-

hältnisse verengen und dadurch die Entstehung eines Atemwegskollapses während des Schlafes begünstigen könnten. Hierzu zählen beispielsweise kraniofaziale Befunde [38,39] wie Mikrognathie, Retrognathie, ein hochgewölbter Gaumen, ein dolichofazialer Gesichtstyp [40] mit vergrößerter unterer Gesichtshöhe, eine vergrößerte Distanz Os hyoideum – Mandibularebene und eine posteriore Rotation der Mandibula. Aber auch dentale Befunde wie Malokklusionen [41] (frontal offener Biss) oder die Angle-Klasse II. Schließlich können auch eine Makro- oder Ankyloglossie, hypertrophe Tonsillen oder eine sehr ausgeprägte und lange Uvula einen negativen Einfluss auf die nächtliche Atmung haben (**Abb. 11**).

**Prävention im Kindesalter**

Im Kindesalter unterscheiden sich sowohl die Ursachen als auch die klinischen Manifestationen schlafbezogener Atemstörungen deutlich von denen bei Erwachsenen. Die häufigsten Ursachen der obstruktiven Schlafapnoe bei Kindern sind eine adenotonsilläre Hypertrophie [42] und Adipositas. Weitere Risikofaktoren sind kraniofaziale Anomalien sowie verschiedene systemische Erkrankungen. Die Prävalenz schlafbezogener Atemstörungen im Kindesalter liegt zwischen 1 und 4% und erreicht ihren Höhepunkt im Alter zwischen drei und fünf Jahren. Allerdings wird von einer deutlich höheren Dunkelziffer ausgegangen [43]. Auch die Symptomatik unterscheidet sich deutlich von der bei Erwachsenen. Während Erwachsene häufig

über ausgeprägte Tagesschläfrigkeit berichten, zeigen Kinder eher neuroverhaltensbezogene Auffälligkeiten wie Hyperaktivität, Unaufmerksamkeit oder Reizbarkeit. Zusätzlich können Wachstumsstörungen sowie schulische Leistungsprobleme auftreten [44–46]. Im Gegensatz zu Erwachsenen bildet sich eine präpubertäre obstruktive Schlafapnoe (OSA) mit dem Übergang in die Adoleszenz oft spontan zurück.

Die Therapie beschränkt sich hauptsächlich auf Gewichtsreduktion, myofunktionelles Training [47] und gegebenenfalls eine Tonsillektomie (Facies adenoidea). Denn derzeit gibt es wenige Belege dafür, dass kieferorthopädische Maßnahmen die Entwicklung schlafbezogener Atemstörungen verhindern können. Deshalb sollten vermeintlich prophylaktische Präventionsmaßnahmen wie beispielsweise Frenulektomie (bei Ankyloglossie), eine schnelle Gaumennahterweiterung (bei transversalen Defiziten) (**Abb. 12**) oder der Einsatz funktionskieferorthopädischer Geräte (bei vergrößertem Überbiss) nur den Patientinnen und Patienten vorbehalten bleiben, bei denen neben einer bestätigten SBAS-Diagnose eine klare kieferorthopädische Indikation besteht [48–52].

**Behandlung des OSAS in der zahnärztlichen Praxis**

• **Indikation**

Neben der kontinuierlichen Überdruckbeatmung (PAP) [53], medikamentösen Therapien [54,55] und chirurgischen Verfahren stellt die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS) eine etablier-



Abb. 9: Zusammenhänge zwischen OSA und parodontalen Entzündungen.

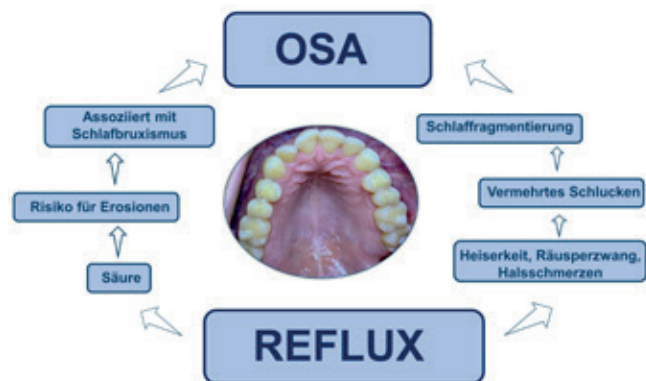


Abb. 10: Zusammenhänge zwischen OSA und GERD.



Abb. 11: Strukturell atemwegsverengende Aspekte.



Abb. 12: Gaumennahterweiterung – nur bei strenger Indikation.

te Therapieoption [56–60] zur Behandlung der OSA und des Schnarchens dar. Ihre Wirkungsweise wurde in den letzten Jahren zunehmend differenzierter untersucht. Traditionell wurde angenommen, dass die Wirkung der Schiene ausschließlich auf einer mechanischen Erweiterung der oberen Atemwege durch eine Vorverlagerung und Stabilisierung des Unterkiefers beruht. Dadurch soll der pharyngeale Raum erweitert, der kritische Verschlussdruck gesenkt und die Kollapsneigung der oberen Atemwege reduziert werden (Abb. 13). Aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen zeigen jedoch, dass neben diesen anatomischen Wirkungen auch funktionelle Effekte auftreten können [61]. Hierzu gehören kompensatorische Veränderungen der Muskelaktivität der oberen Atemwege sowie eine Reduktion von Weckreaktionen während des Schlafes. Diese neuen Erkenntnisse verdeutlichen, dass die Unterkieferprotrusionsschiene nicht ausschließlich mechanisch wirkt, sondern auch komplexe funktionelle Prozesse beeinflussen kann.

Gemäß schlafmedizinischen Leitlinien (DGSM S3-LL „Nicht erholsamer Schlaf“ – Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen“) [62] ist die Unterkieferprotrusionsschienen-Therapie bei leicht- bis mittelgradiger OSA als alternative Erstlinientherapie indiziert oder auch bei schweren Fällen, wenn eine PAP-Therapie nicht erfolgreich durchgeführt werden kann. In der Regel eignen sich besonders Patientinnen und Patienten mit einem BMI < 30 kg/m<sup>2</sup>, einer lageabhängigen Schlafapnoe und moderaten anatomischen Veränderungen der Atemwege. Während die PAP-Therapie häufig eine stärkere Reduktion des Apnoe-Hypopnoe-Index erreicht, zeigen Untersuchungen, dass hinsichtlich verschiedener klinischer Parameter vergleich-

bare Effekte [63–65] mit der UPS erzielt werden können. Dazu zählt unter anderem der positive Einfluss auf den Blutdruck, Tagesschläfrigkeit, Vigilanz sowie Lebensqualität der Patientinnen und Patienten. Ein weiterer positiver Faktor der UPS ist die vergleichsweise hohe Adhärenz [66–68], die für den langfristigen Therapieerfolg unentbehrlich ist.

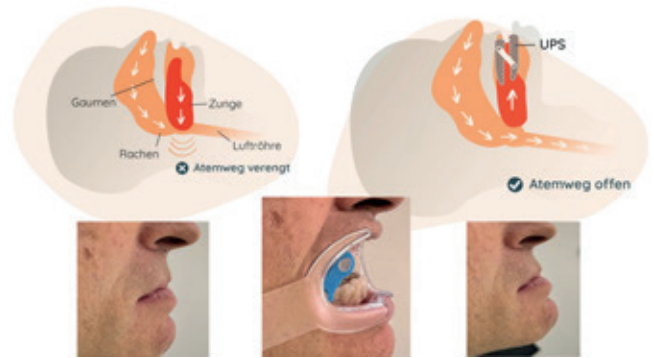


Abb. 13: Schematische Darstellung der mechanischen Wirkungsweise der Unterkieferprotrusionsschiene.

• Ablauf

In der schlafmedizinisch spezialisierten Praxis erfolgt auch die Behandlung zugewiesener Patientinnen und Patienten leitlinienkonform nach einem strukturierten Therapiekonzept (Abb. 14). Zunächst wird durch einen schlafmedizinisch qualifizierten Arzt die OSAS-Diagnose gestellt und die Indikation zur UPS-Therapie

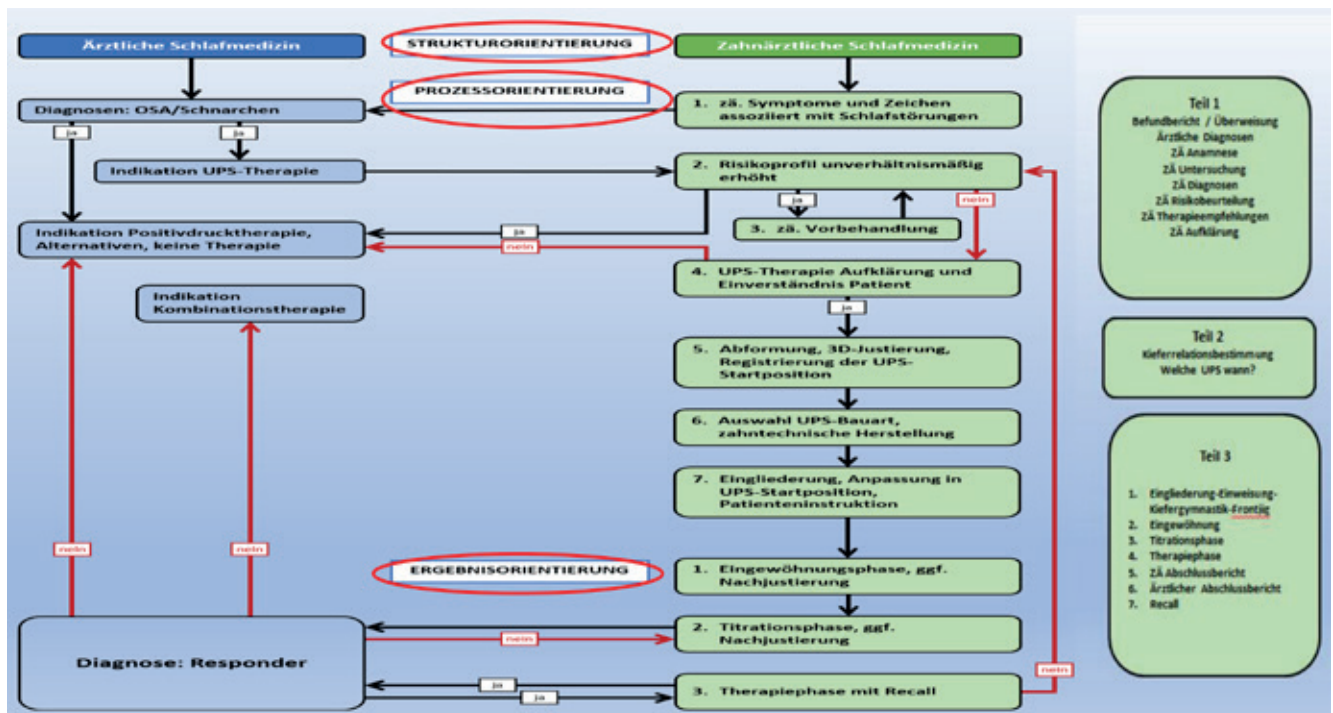
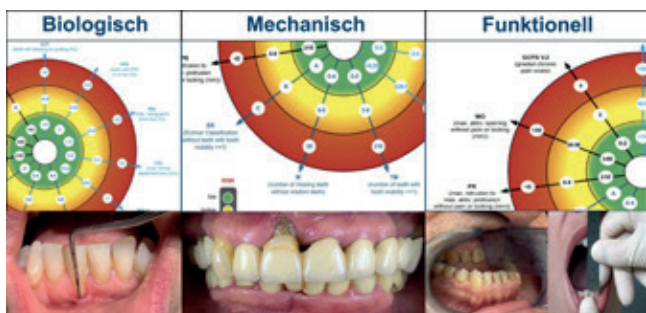


Abb. 14: Die S1-Leitlinie „Unterkieferprotrusionsschienen bei Erwachsenen“ beschreibt erstmalig die intra- und interdisziplinären Prozesse bei der Behandlung der SBAS.

erwogen und verordnet. Anschließend erfolgt durch den Zahnarzt oder die Zahnärztin die Beurteilung der zahnmedizinischen Voraussetzungen unter Berücksichtigung kritischer Nutzen-Risiko-Abwägung dentaler, biologisch-mechanisch-funktioneller Aspekte versus schlafmedizinische Notwendigkeit (**Abb. 15**).

Die Anfertigung einer Panoramaschichtaufnahme kann hier zur Evaluation hilfreich sein. Im Gegensatz hierzu ist der routinemäßige Einsatz bildgebender Verfahren wie der digitalen Volumentomographie [69] der oberen Atemwege nicht indiziert, da dies keine ausreichende diagnostische Aussagekraft hinsichtlich der obstruktiven Schlafapnoe aufzeigt. Denn eine Zunahme des Volumens oder der Dimensionen der oberen Atemwege unter Protrusion bedeutet nicht zwangsläufig auch eine funktionelle Verbesserung und damit verbundene potenziell effektive Behandlung der obstruktiven Schlafapnoe.

Nach eingehender Aufklärung der Patientin oder des Patienten findet in der Folge eine zwingend notwendige dreidimensionale Registrierung der Kieferrelation und die Auswahl eines passenden UPS-Typs statt (**Abb.16**). Auch die Anpassung und Eingliederung der UPS sowie die Einweisung in funktionelle



**Abb. 15:** Mittels eines Vektordiagramms nach Schlieper werden zahnärztliche Risiken vor Behandlungsbeginn evaluiert.



**Abb. 16:** Neben der analogen Erfassung der Kieferrelation erlaubt die digitale Registrierung der Protrusionsbahn eine Abstimmung der UPS auf die natürliche Kieferbewegung.

Übungen [70] zur Reduktion potenzieller Nebenwirkungen sowie die symptomgeleitete Titration des Vorschubs erfolgen nach strukturierten Standards [71]. Die unabdingbar erforderliche Wirksamkeitskontrolle der UPS-Therapie wird anschließend von einem schlafmedizinisch qualifizierten Arzt durchgeführt [72], der unter Umständen eine weitere Optimierung vorschlägt, sollte das schlafmedizinische Therapieergebnis noch nicht zufriedenstellend sein. Abschließend wird der Patient oder die Patientin in die Therapiephase entlassen, wobei zahnärztliche Langzeit-Nachsorge-Termine im jährlichen Rhythmus stattfinden sollen. In diesen werden neben dem subjektiven Wirksamkeitsempfinden und erneutem Einsatz validierter Screening-Instrumente auch die einwandfreie Funktion der Apparatur und mögliche Nebenwirkungen untersucht (**Abb. 17**).

### Warum wirken Unterkieferprotrusionsschienen nicht immer?

Trotz sorgfältiger Indikationsstellung zeigt sich jedoch, dass die Therapie mit Unterkieferprotrusionsschienen nicht bei allen Patientinnen und Patienten gleichermaßen erfolgreich ist. Dies liegt unter anderem daran, dass die obstruktive Schlafapnoe eine multifaktorielle Erkrankung darstellt. Traditionell wurde die obstruktive Schlafapnoe vor allem als eine anatomisch bedingte Krankheit verstanden. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen jedoch, dass neben den bekannten strukturellen einengenden Faktoren [73,74], wie zervikale und abdominale Fetteinlagerungen oder kraniofaziale Aspekte, auch funktionelle Pathomechanismen [75–77] eine wichtige Rolle spielen. Hierzu zählt unter anderem eine instabile Regulation der ventilatorischen Steuerung. Unter dem Begriff „hoher Loop Gain“ wird eine übersensible Reaktion auf CO<sub>2</sub>-Schwankungen im Blut beschrieben, die einen negativen Einfluss auf die Koordination der Atemmuskulatur hat. Ein weiterer Pathomechanismus ist die starke Neigung zu einer kortikalen Weckreaktion (niedrige Weckschwelle), die sich ebenfalls destabilisierend auf das ventilatorische System auswirken kann, sowie eine zu langsame schwache Koordination der Rachendilatatoren (**Abb. 18**). Die oben genannten, für die Obstruktion der oberen Atemwege verantwortlichen Mechanismen kommen selten allein, sondern recht häufig in unterschiedlicher Kombination vor. Man bezeichnet sie als OSA-Endotypen [78]. Hier liegt auch die Begründung, warum die Patientinnen und Patienten unterschiedlich gut auf verschiedene OSA-Therapien ansprechen. In der Praxis bedeutet dies, dass der therapeutische Effekt mittels UPS sich eher dann einstellt, wenn beispielsweise der beim vorangegangenen CPAP-Versuch eingestellte Druck nicht zu hoch war (über 10 mbar) bzw. keine gemischtförmige Schlafapnoe mit hohem CSA-Anteil oder überwiegend REM-assoziierte Apnoen mit großen Unterschieden bei den Entsättigungstiefpunkten zwischen REM- und anderen Schlafphasen vorlagen [61,79,80].

### UPS-Therapiepotenzial im Kontext anderer OSA-Behandlungsverfahren und Begleiterkrankungen

Die Kenntnis der oben genannten OSA-Endotypen sollte unbedingt bei der Therapieplanung im Hinblick auf eine mono-

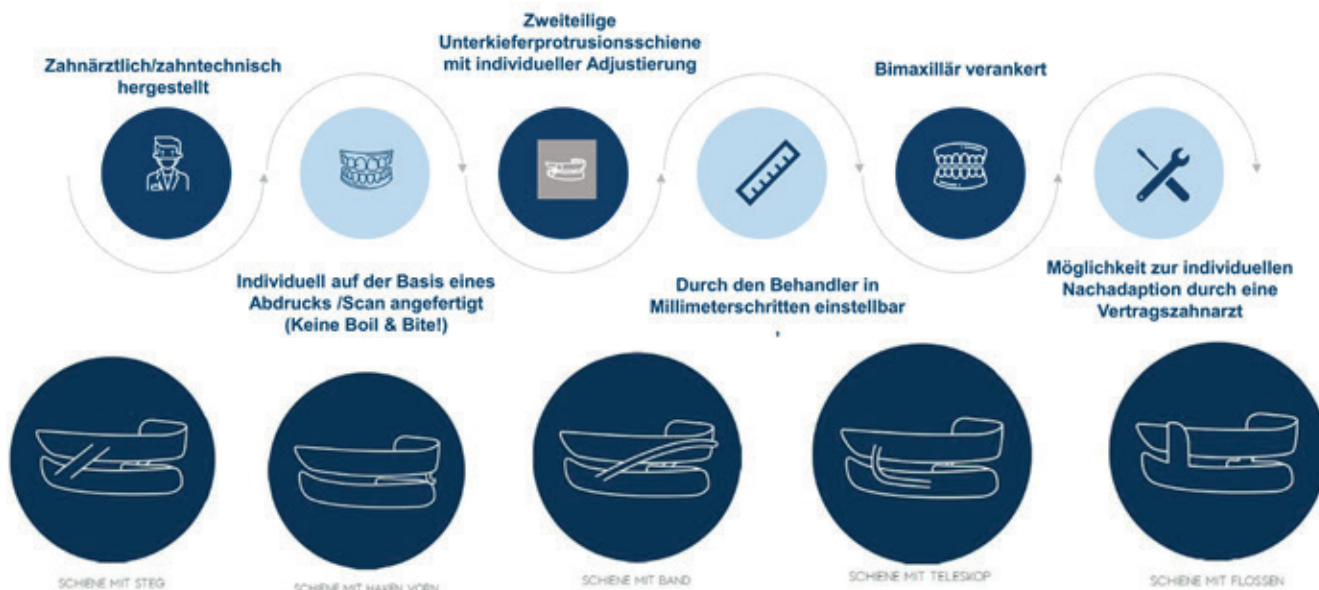


Abb. 17: Die Grundanforderungen an Unterkieferprotrusionsschienen sind streng definiert, können jedoch verschiedene Bauarten aufweisen.

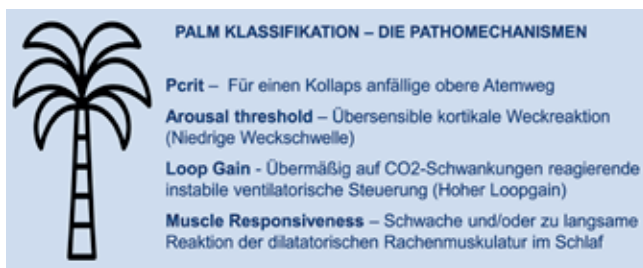


Abb. 18: Phänotypisierung der OSA nach D. J. Eckert [75].

oder multimodale Therapiewahl berücksichtigt werden. Der schlafmedizinisch ausgebildete Zahnarzt sollte sich deshalb neben der UPS-Therapie mit der Indikation der gängigen Therapieverfahren gut auskennen [81]. An erster Stelle steht die sogenannte kontinuierliche Überdruckbehandlung (CPAP), die eine „pneumatische Schienung“ der kollabierten Atemwege erzielt. Wenn nötig, kann sich der Druck selbstständig an den individuellen Bedarf anpassen (APAP) oder sogar unterschiedlich beim Einatmen und Ausatmen eingestellt werden (BPAP). Bei den chirurgischen Behandlungsalternativen haben sich die maxillomandibuläre Vorverlagerung (MMA) [82,83] und seit Kurzem auch die Nervus-hypoglossus-Stimulation (NHS) [84,85] etabliert. Während bei MMA eine rein mechanische Ursache der Obstruktion, meist durch kraniofaziale Dysgnathien, im Vorfeld sicherzustellen ist, ist die Indikation der NHS gerade bei Endotypen mit Defiziten in den Dilatoren der Rachenmuskulatur besonders effektiv. Bei den Weichgewebe-Operationen gibt es vor allem bei der Tonsillektomie eine berechtigte Indikation [86]. Im Gegensatz hierzu gibt es für Verfahren wie die Uvulo-Pharyngo-Plastik (UPPP) [87] und die Radiofrequenztherapie [88] keine verlässlichen Daten, die eine Wirksamkeit bei der OSA-Therapie belegen.

Als sinnvolle adjuvante Ergänzungen gelten auch Operationen, die eine bessere Nasenatmung [89,90] ermöglichen. Letztere ist beispielsweise für eine erfolgreiche UPS-Therapie unabdingbar. Auch die Schlaf-Lagetherapie (SPT) bei POSA (positionsbedingte OSA – in Rückenlage) ist ein sinnvolles Instrument, um das Outcome effizienter zu gestalten [91,92]. Im Bereich der Adipositas-Behandlung [93] ist der Einsatz sogenannter „Abnehmspritzen“ [94] im aktuellen Gespräch. Der neueste Vertreter, das Tirzepatid, ist ein GIP/GLP-1-Rezeptor-Hemmer, der den Blutzucker senkt, den Appetit stark hemmt und die Magenentleerung verzögert. Auch wenn das Nebenwirkungsspektrum dieses Arzneimittels noch nicht in Gänze erforscht ist, stellt es neben der bariatrischen Chirurgie die Ultima Ratio bei Krankheitsbildern wie dem Schlafapnoe-assoziierten Obesitas-Hypoventilationssyndrom (OHS) dar [95]. Zusätzlich depressiv erkrankte Patientinnen und Patienten berichten oft über begleitende Ein- und Durchschlafstörungen. Sogenannte digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA) in Form von Smartphone-Applikationen können hier erfolgreich verhaltenspsychologische Unterstützung leisten und damit den nicht erholsamen Schlaf deutlich verbessern [96] (Abb. 19).

Ein weiterer Faktor, der auch die UPS-Therapie betrifft, ist ein sich entwickelnder Paradigmenwechsel in der Indikationsstellung zur Behandlung der obstruktiven Schlafapnoe, weg von der klassischen Apnoe-Hypopnoe-Index-(AHI-)Bewertung. Denn zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass keine direkte Korrelation zwischen dem AHI und der klinischen Symptomatik besteht [97]. Einige Patientinnen und Patienten weisen hohe Indexwerte auf, ohne relevante Symptome zu zeigen, während andere mit niedrigeren Werten deutliche klinische Beschwerden entwickeln können. Die neu eingeführte Baveno-Klassifikation [98,99] trägt diesem Umstand Rechnung. Sie bestimmt den Schweregrad der OSA nicht nur anhand der Anzahl der Atemaussetzer, sondern

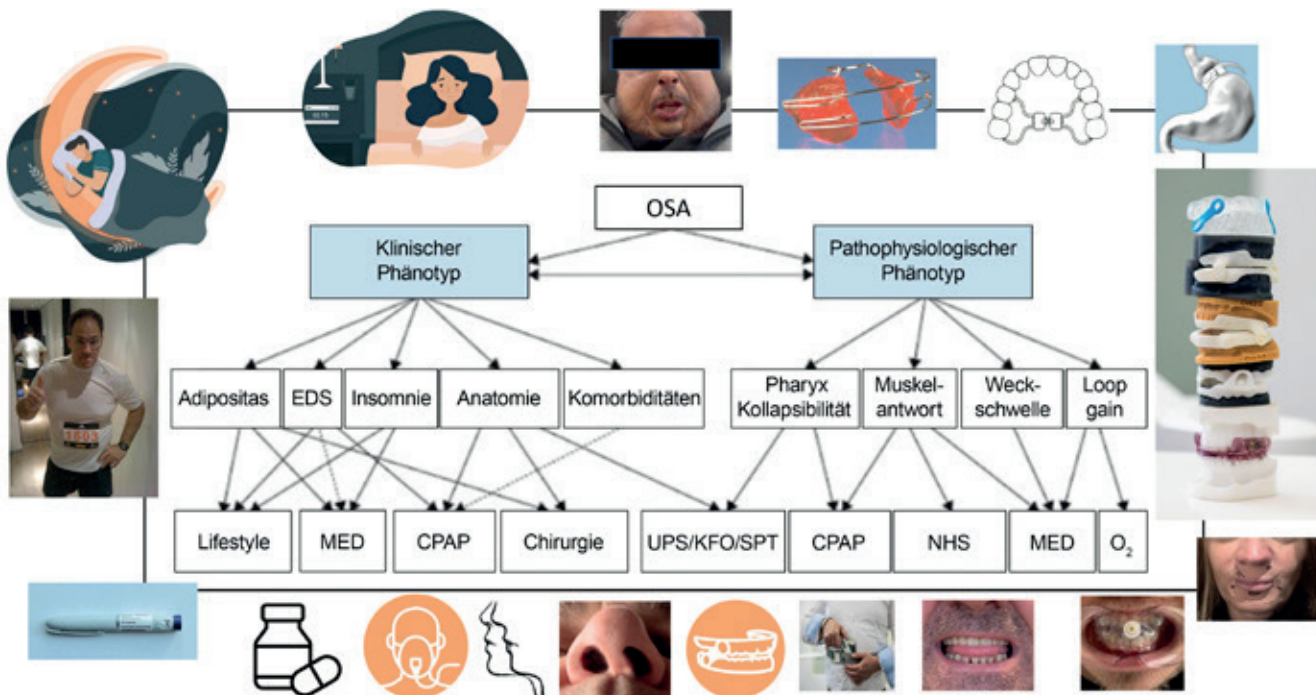


Abb. 19: Therapieoptionen nach klinischen und pathophysiologischen Kriterien. EDS\*: exzessive Tagesmüdigkeit, SPT\*: Schlafpositionstraining, NHS\*: Nervus-hypoglossus-Stimulation.

berücksichtigt das Alter, Symptome (Schläfrigkeit, Insomnie) sowie Komorbiditäten wie Bluthochdruck, eine hohe Entzündungslast (Hypoxic Burden), Herzinsuffizienz, Diabetes und negative Lifestyle-Aspekte (Genussmittel) (Abb. 20). Darüber hinaus können sich auch andere Schlafstörungen mit OSA überlagern und bedürfen differenzialdiagnostischer Aufmerksamkeit. Hierzu zählen beispielsweise zirkadiane Rhythmusstörungen, Parasomnien wie REM-Schlaf-Verhaltensstörungen, schlafbezogene Bewegungsstörungen wie das Restless-Legs-Syndrom (RLS) und die Periodic Limb Movement Disorder (PLMD) sowie Insomnien [100,101]. Letztere werden unter dem

Begriff COMISA (Co-Morbid Insomnia and Sleep Apnea) zusammengefasst und weisen eine Koinzidenz von ca. 35% auf. Aber auch hormonelle Störungen können die Schlafapnoe auslösen oder begünstigen. Sie treten bei Frauen gehäuft in den Wechseljahren auf und sind durch Abfall von Progesteron- und Östrogenspiegel charakterisiert. Bei Männern kann sich ein Ungleichgewicht des Testosteronhaushaltes negativ auf die Atmung im Schlaf auswirken. Gleiches gilt für Hypothyreose [102] und Insulinresistenz bei Diabetes Typ 2 sowie für Cortisol-Ausschüttung in Stresssituationen.

Diese Zusammenhänge unterstreichen die Notwendigkeit einer sehr differenzierten Therapiewahl und veranschaulichen einerseits, weshalb die erfolgreiche Therapie der OSA mittels UPS nicht pauschal vorherzusagen ist, und andererseits, weshalb Kombinationstherapien mit UPS die Therapieeffizienz deutlich steigern können.

**Langfristig erfolgreiche UPS-Therapie**

Neben den bereits erwähnten Limitationen der UPS-Therapie, die auf ein begrenztes Wirkungspotenzial bei bestimmten OSA-Subgruppen und zahnmedizinischen Risiken zurückzuführen sind, treten vor allem meist moderate Nebenwirkungen [103–107] in Erscheinung, die ein ausgeklügeltes Management von den Behandelnden erfordern. Zu den mehr oder minder beobachteten Nebenwirkungen zählen Zahnwanderung, Öffnung von Zahnzwischenräumen, fehlende Kontakte der Seitenzähne, Zahnlockerungen und Myalgien.

Die Ursachen hierfür sind noch nicht genau geklärt. Mögliche individuelle dento-skelettale Einflussfaktoren sind eine große

	AHI <30/h		AHI ≥30/h
CVD-Risikostufe	Keine Symptome	Symptome	
1	Green	Yellow	Red
2	Yellow	Yellow	Red
3	Red	Red	Red
<b>Stärke der Behandlungsindikation</b>			
niedrig	Therapie nicht empfohlen		
intermediär	Individuelle Therapieentscheidung		
hoch	Therapie allgemein empfohlen		

Abb. 20: Die Baveno-Klassifikation – ein neuer Ansatz zur Therapieindikation bei OSAS.

sagittale und horizontale Stufe, ein geringer Zahnbestand, die Angle-Klasse I oder die (dental kompensierte) Klasse-III-Okklusion und vertikale Anomalien wie extremer Deckbiss oder eine stark akzentuierte Spee-Kurve, die eine ungünstige vertikale Sperrung für den Einsatz der UPS erfordern.

Besondere Aufmerksamkeit im Hinblick auf die Nebenwirkungen ist der fehlerhaften Erfassung der dreidimensionalen Registrierung der Kieferrelation mit Protrusionsstartpunkt und Aufzeichnung der Protrusionsbahn zu widmen. Hierdurch kann es zu unbeabsichtigten Korrekturen einer natürlichen horizontalen Deviation oder zu ungleichmäßiger Gleitung der Kiefer in der Vertikalen kommen. Beides hat unmittelbare Konsequenz auf das muskuläre Gleichgewicht. Auch ein zu ambitioniertes Titrationsprotokoll [108], das initial zu schnell oder zu weit den Kiefer vorschiebt, hat einerseits keinen therapeutischen Nutzen und andererseits ein hohes Nebenwirkungspotenzial.

Die unterschiedlichen UPS-Designs haben kaum einen Einfluss auf die Vermeidung von Nebenwirkungen, wenn sie grundsätzlich Kriterien wie ausreichende Bewegungsfreiheit ermöglichen, die Mundöffnung verhindern, möglichst wenig vertikal sperren, um die Lippenkompetenz nicht zu stören, und der Zunge ausreichend Platz belassen. Dennoch gibt es noch viele ungeklärte Fragen: Welche Dynamik liegt den Nebenwirkungen zugrunde? Von welchen Faktoren hängt eine Stagnation oder Progression ab? Warum sehen wir beispielsweise bei manchen Patientinnen und Patienten nie Veränderungen trotz jahrelanger Nutzung und starkem Vorschub?

Die umfassende Nachsorge [109] in der zahnärztlichen Schlafmedizin beinhaltet neben der Überprüfung der schlafmedizinischen Wirksamkeit und der Bewertung der Therapieadhärenz insbesondere das Nebenwirkungs-Management. Es besteht aus einer Fülle von präventiven Maßnahmen, die rechtzeitig die Identifizierung von Okklusionsveränderungen minimieren, myogenen Beeinträchtigungen vorbeugen und damit die Effizienz und Adhärenz der Therapie erhöhen. Hierzu gehören routinemäßig gymnastische Kieferübungen [110–112], apparative Repositionsübungen (Frontzahn-Jig) und bei Bedarf eine diskontinuierliche Anwendung der Apparatur sowie gegebenenfalls die Verordnung einer manuellen Therapie. Ebenfalls bietet sich ein regelmäßiges Recall-System zur langfristigen Sicherung des Therapieergebnisses an (**Abb. 21**).



**Abb. 21:** Zur regelmäßigen Nachsorge gehören Kiefergymnastik und Nutzung eines Repositions-Jigs.

**Fazit**

Die zahnärztliche Schlafmedizin hat sich in den letzten Jahren zu einem wichtigen Bestandteil der interdisziplinären Behandlung schlafbezogener Atmungsstörungen entwickelt. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass die obstruktive Schlafapnoe eine heterogene chronische Erkrankung darstellt, die eine individualisierte Therapieplanung erfordert. Die Einschätzung des Therapiepotenzials und der Risiken können deshalb nur von speziell ausgebildeten Zahnärztinnen und Zahnärzten gewährleistet werden. Bei sorgfältiger Indikationsstellung bietet die zahnärztliche Schlafmedizin allein oder in Kombination mit anderen Therapien eine etablierte Option für die erfolgreiche Behandlung schlafbezogener Atmungsstörungen. ■

Bilder: © Dr. Emil. E. Krumholz

**Dr. Emil. E. Krumholz**

- 1986 Studium der Humanmedizin und Zahnmedizin
- 1992 zahnärztliche Approbation RWTH Aachen
- 1994 Promotion
- 1995 niedergelassener Zahnarzt in Frankfurt am Main
- 2003 Gründer des ersten interdisziplinären Zentrums für zahnärztliche Schlafmedizin „AIR AID“ in Frankfurt am Main
- 2006 Zertifikat „Zahnärztliche Schlafmedizin“ DGZS
- 2020 Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Schlafmedizin



**Dr. Emil. E. Krumholz**

Air Aid – Zentrum für Zahnärztliche Schlafmedizin  
 Hochstraße 47  
 60313 Frankfurt  
 info@air-aid.de



Literaturverzeichnis unter [www.dentalwelt.spitta.de/epaper-zmk/](http://www.dentalwelt.spitta.de/epaper-zmk/)



# LITERATUR ZMK 4 2026

ZMK 2026; 42 (4)

Dr. Emil. E. Krumholz

## Die zentrale Rolle der zahnärztlichen Schlafmedizin im interdisziplinären Kontext des Konvolutes schlafbezogener Atmungsstörungen

- [1] Bernhardt O, Giannakopoulos NN, Heise M, Meyer A, Norden D, Schlieper J, Kares H S1-Leitlinie „Die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS): Anwendung in der zahnärztlichen Schlafmedizin beim Erwachsenen“ AWMF-Registernummer: 083-045 /[https://register.awmf.org/assets/guidelines/083-045I\\_S1\\_Die-Unterkieferprotrusionsschiene-UPS-zahnaerztliche-Schlafmedizin\\_bei-Erwachsenen\\_2022-01.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/083-045I_S1_Die-Unterkieferprotrusionsschiene-UPS-zahnaerztliche-Schlafmedizin_bei-Erwachsenen_2022-01.pdf)
- [2] Javaheri, S.; Badr, M.S. Central Sleep Apnea: Pathophysiologic Classification. *Sleep* 2023, 46, zsac113
- [3] Kirkness JP, Schwartz AR, Schneider H, Punjabi NM, Maly JJ, Laffan AM, et al. Contribution of male sex, age and obesity to mechanical instability of the upper airway during sleep. *J Appl Physiol* 2008 Jun;104(6):1618–24. PubMed PMID: 18420722. PMCID: PMC2474771. Epub 2008/04/19.
- [4] Conrad Iber, Sonia Ancoli-Israel, Andrew L. Chesson, Stuart F. Quan: *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology, and Technical Specifications*. Hrsg.: American Academy of Sleep Medicine. AASM, Westchester, Ill. 2007.
- [5] Adam V Benjafield, PhDa · Najib T Ayas, MDb · Prof Peter R Eastwood, PhDc · Raphael Heinzer, MDd · Prof Mary S M Ip, MDe · Prof Mary J Morrell, PhDf Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: a literature-based analysis. *The Lancet* Volume 7, Issue 8p687-698 August 2019
- [6] Quan, S.F.; Schmidt-Nowara, W. The Role of Dentists in the Diagnosis and Treatment of Obstructive Sleep Apnea: Consensus and Controversy. *J. Clin. Sleep Med.* 2017, 13, 1117–1119.
- [7] Alkharouby, S.A.; Alkhudhayri, S.L.; Alhassani, S.L.; Alghamdi, H.S.; Alshahafi, R.A.; Mariappan, N.; Barashi, M.A.; Alhazmi, H.A. General Dentists and Dental Specialists' Knowledge of Treatment, Diagnosis, Referral, and Risk Factors of Obstructive Sleep Apnea: A Systematic Review. *Dent. J.* 2025, 13, 187.

- [8] Marchetti, E.; Petro, E.; Gaggioli, F.; Lardani, L.; Mancini, L.; Marzo, G. The Dentist's Role in Diagnosis and Treatment of Obstructive Sleep Apnea Syndrome: A Literature Review. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents* 2020, 34, 173–180.
- [9] Cistulli, P.A.; Balasubramaniam, R. The Interdisciplinary Field of Sleep Medicine-Time for Dentists to Sink Their Teeth into It! *Aust. Dent. J.* 2024, 69, S108–S111.
- [10] Herrero Babiloni, A.; Beetz, G.; Dal Fabbro, C.; Martel, M.O.; Huynh, N.; Masse, J.F.; Sessle, B.; Lavigne, G.J. Dental Sleep Medicine: Time to Incorporate Sleep Apnea Education in the Dental Curriculum. *Eur. J. Dent. Educ.* 2020, 24, 605–610.
- [11] Haviv, Y.; Benoliel, R.; Bachar, G.; Michaeli, E. On the Edge between Medicine and Dentistry: Review of the Dentist's Role in the Diagnosis and Treatment of Snoring and Sleep Apnea. *Quintessence Int.* 2014, 45, 345–353.
- [12] Lobbezoo, F.; de Vries, N.; de Lange, J.; Aarab, G. A Further Introduction to Dental Sleep Medicine. *Nat. Sci. Sleep* 2020, 12, 1173–1179
- [13] MW Johns: A new method of measuring daytime sleepiness: Epworth Sleepiness Scale. *Sleep* 1991;
- [14] D. J. Buysse, C. F. Reynolds, T. H. Monk, S. R. Berman, D. J. Kupfer: *The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research.* In: *Psychiatry Research*. Band 28, Nr. 2, Mai 1989, S. 193–213
- [15] Lonia, L.; Scalese, M.; Rossato, G.; Bruno, G.; Zalunardo, F.; De Stefani, A.; Gracco, A. Validity of the STOP-Bang Questionnaire in Identifying OSA in a Dental Patient Cohort. *Medicina* 2020, 56, 324.
- [16] Chen, L.; Pivetta, B.; Nagappa, M.; Saripella, A.; Islam, S.; Englesakis, M.; Chung, F. Validation of the STOP-Bang Questionnaire for Screening of Obstructive Sleep Apnea in the General Population and Commercial Drivers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sleep Breath.* 2021, 1–11.
- [17] Farney RJ et al.: The Stop-Bang equivalent Model and Prediction of Severity of OSA. *J Clin Sleep Med* 2011;
- [18] GU, W.; LEUNG, L. A Novel Home Screening Platform for Obstructive Sleep Apnea through Wearable Ring-Type Pulse Oximeter. *Sleep* 2018, 41, A182.
- [19] Tisyakorn, J.; Saiphoklang, N.; Sapankaew, T.; Thapa, K.; Anutariya, C.; Sujarae, A.; Tepwimonpetkun, C. Screening Moderate to Severe Obstructive Sleep Apnea with Wearable Device. *Sleep Breath.* 2024, 29, 61.
- [20] Kim AM, Keenan BT, Jackson N, Chan EL, Staley B, Poptani H, et al. Tongue fat and its relationship to obstructive sleep apnea. *Sleep* 2014 Oct 1;37(10):1639–48. PubMed PMID: 25197815. PMCID: PMC4173920. Epub 2014/09/10.

- [21] Maniaci, A.; Lavallo, S.; Anzalone, R.; Lo Giudice, A.; Cocuzza, S.; Parisi, F.M.; Torrisi, F.; Iannella, G.; Sireci, F.; Fadda, G.; et al. Oral Health Implications of Obstructive Sleep Apnea: A Literature Review. *Biomedicines* 2024, 12, 1382
- [22] Lobbezoo, F.; Lavigne, G.J.; Kato, T.; de Almeida, F.R.; Aarab, G. The Face of Dental Sleep Medicine in the 21st Century. *J. Oral Rehabil.* 2020, 47, 1579–1589.
- [23] Wetselaar P, Manfredini D, Ahlberg J, et al. Associations between tooth wear and dental sleep disorders: A narrative overview. *J Oral Rehabil.* 2019; 46:765–775.
- [24] Joaquín Durán-Cantolla, Mohammad Hamdan Alkhraisat, Cristina Martínez-Null, Jose Javier Aguirre, Elena Rubio Guinea, Eduardo Anitua Frequency of Obstructive Sleep Apnea Syndrome in Dental Patients with Tooth Wear *Journal of clinical sleep medicine.* pii: jc-00375-14
- [25] Ramona Cioboata , Mara Amalia Balteanu , Denisa Maria Mitroi, Oana Maria Catana , Maria-Loredana Tieranu , Silviu Gabriel Vlasceanu , Eugen Nicolae Tieranu , Viorel Biciusca and Adina Andreea Mirea. Interdisciplinary Perspectives on Dentistry and Sleep Medicine: A Narrative Review of Sleep Apnea and Oral Health. *Dentistry and Sleep Medicine: J. Clin. Med.* 2025, 14,5603.
- [26] Giovanni A, Giorgia A. The neurophysiological basis of bruxism. *Heliyon.* 2021 Jul 3;7(7)
- [27] Sambale, J.; Koehler, U.; Conradt, R.; Kesper, K.; Cassel, W.; Degerli, M.; Viniol, C.; Korbmacher-Steiner, H.M. Is Sleep Bruxism in Obstructive Sleep Apnea Only an Oral Health Related Problem? *BMC Oral Health* 2024, 24, 565
- [28] Carra, M.C.; Lavigne, G.J. Sleep Bruxism, Obstructive Sleep Apnea, and Periodontitis: The Difference between Implying Association and Inferring Causality. *Sleep Med.* 2025, 132, 106594.
- [29] Gary D Slade 1, Roger B Fillingim, Anne E Sanders, Eric Bair, Joel D Greenspan, Richard Ohrbach, Ronald Dubner, Luda Diatchenko, Shad B Smith, Charles Knott, William Maixner Summary of findings from the OPPERA prospective cohort study of incidence of first-onset temporomandibular disorder: implications and future directions *J Pain* 2013 Dec;14(12 Suppl):T116-24
- [30] Perez CV, de Leeuw R, Okeson JP, Carlson CR, Li HF, Bush HM, Falace DA (2013) The incidence and prevalence of temporomandibular disorders and posterior open bite in patients receiving mandibular advancement device therapy for obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 17:323–332
- [31] Alessandri-Bonetti A, Bortolotti F, Moreno-Hay I, Michelotti A, Cordaro M, Alessandri-Bonetti G, Okeson JP Effects of mandibular advancement device for obstructive sleep apnea on temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev* 48:101211

- [32] Pico-Orozco, J.; Silvestre, F.J.; Carrasco-Llatas, M.; Silvestre-Rangil, J. Dental Caries Status in Adults with Sleep Apnea—Hypopnea Syndrome. *J. Clin. Exp. Dent.* 2022, 14, 274–279.
- [33] Anamaria Kurtović, Jasminka Talapko, Sanja Bekić, Ivana Škrlec The Relationship between Sleep, Chronotype, and Dental Caries—A Narrative Review *Clocks Sleep.* 2023 May 15;5(2):295–312.
- [34] Al-Jewair, T.S.; Al-Jasser, R.; Almas, K. Periodontitis and Obstructive Sleep Apnea's Bidirectional Relationship: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sleep Breath.* 2015, 19, 1111–1120.
- [35] Khodadadi, N.; Khodadadi, M.; Zamani, M. Is Periodontitis Associated with Obstructive Sleep Apnea? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Clin. Exp. Dent.* 2022, 14, 359–365
- [36] Pallavi, K.; Amaranath, B.J.J.; Das, N.; Mukherjee, K.; Das, A.; Katiyar, P. Determination of the Association between Obstructive Sleep Apnea and Chronic Periodontal Disease: A Cross-Sectional Study. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 2024, 16, S3367–S3369
- [37] Shibli, Fahmi MD; Skeans, Jacob MD; Yamasaki, Takahisa MD, PhD; Fass, Ronnie MD, Nocturnal Gastroesophageal Reflux Disease (GERD) and Sleep An Important Relationship That Is Commonly Overlooked. *Journal of Clinical Gastroenterology* 54(8):p 663-674, September 2020.
- [38] Finke H, Drews A, Engel C, Koos B. Craniofacial risk factors for obstructive sleep apnea-systematic review and meta-analysis. *J Sleep Res* 2023 Jul 23;e14004.
- [39] Monna, F.; Ben Messaoud, R.; Navarro, N.; Baillieul, S.; Sanchez, L.; Loiodice, C.; Tamisier, R.; Joyeux-Faure, M.; Pepin, J.L. Machine Learning and Geometric Morphometrics to Predict Obstructive Sleep Apnea from 3D Craniofacial Scans. *Sleep Med.* 2022, 95, 76–83
- [40] Marcos García, Juan A. Cabrera, Alex Bataller, Javier Vila, Pedro Mayoral Mandibular movement analysis by means of a kinematic model applied to the design of oral appliances for the treatment of obstructive sleep apnea *Sleep Medicine* 73 (2020) 29-37
- [41] Vazquez-Casal, Sans-Capdevila O, Moncunill-Mira J, Rivera-Baro A. Prevalence of sleep-related breathing disorders in children with malocclusion. *J Clin Exp Dent* 2020 Jun 1;12(6): e555-e560.
- [42] Joel Reiter Treatment of OSA beyond adenotonsillectomy *Pediatr Pulmonol* 2025 Mar;60 Suppl 1(Suppl 1):S17-S18.

- [43] Solveig Magnúsdóttir, Elizabeth A. Hill Prevalence of obstructive sleep apnea (OSA) among preschool aged children in the general population: A systematic review *Sleep Medicine Reviews* Volume 73, February 2024, 101871
- [44] Arab, M.; El Ansari, Y.S.; Pelayo, R.; Yoon, A. Management of Paediatric Obstructive Sleep Apnoea: From a Multidisciplinary to an Interdisciplinary Care Model. *Orthod. Craniofac Res.* 2025.
- [45] Moin Anwer, H.M.; Albagieh, H.N.; Kalladka, M.; Chiang, H.K.; Malik, S.; McLaren, S.W.; Khan, J. The Role of the Dentist in the Diagnosis and Management of Pediatric Obstructive Sleep Apnea. *Saudi Dent. J.* 2021, 33, 424–433
- [46] Bellucci, R.; Campo, F.; Ralli, M.; Buonopane, C.; Girolamo, S.D.; Passali, D.; Minni, A.; Greco, A.; Vincentiis, M. Obstructive Sleep Apnea Syndrome in the Pediatric Age: The Role of the Dentist. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2019, 23, 9–14
- [47] Eleonora Pisoni, Lorenza Buttafava, Stefania Guida<sup>2</sup>, Greta Castellini, Silvia Bargerì, Silvia Gianola. Myofunctional Therapy in Adults and Children With Obstructive Sleep Apnea: An Overview and Re-Analysis of Systematic Reviews *Journal of Sleep Research*, 2025 - 70219
- [48] Wang, X.; Huang, D.; Qian, Y.; Zhu, M. Three-dimensional features of dental arch in children with obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. *J. Evid. Based Dent. Pract.* 2024, 25, 102056.
- [49] Marciuc, D.; Morarasu, S.; Morarasu, B.C.; Marciuc, E.A.; Dobrovat, B.I.; Pintiliciu-Serban, V.; Popescu, R.M.; Bida, F.C.; Munteanu, V.; Haba, D. Dental Appliances for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina* 2023, 59, 1447.
- [50] Sambale, J.; Birk, R.; Koehler, U.; Hildebrandt, W.; Korbmacher-Steiner, H.M. An Interdisciplinary Approach: Presentation of the Pediatric Obstructive Sleep Apnea Diagnostic Examination Form (POSADEF). *Diagnostics* 2024, 14, 1593.
- [51] Rolf G. Behrens, Anita Valanju Shelgikar, Scott Conley, Carlos Flores-Mir, Mark Hans Mitchell Levine Obstructive sleep apnea and orthodontics: An American Association of Orthodontists White Paper *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019;156:13-28
- [52] Gero Stefan Michael Kinzinger et al. Impact of rapid maxillary expansion on palatal morphology at different dentition stages *Clin Oral Investig.* 2022 Jul.
- [53] Benjafield A, Pepin J, Cistulli P et al. Positive airway pressure therapy and all-cause and cardiovascular mortality in people with obstructive sleep apnoea: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials and confounder-adjusted, non-randomised controlled studies *The Lancet Respiratory Medicine*, 2025; 13, 403-413

- [54] Taranto-Montemurro L, Messineo L, Sands SA, Azarbarzin A, Marques M, Edwards BA, et al. The combination of atomoxetine and oxybutynin greatly reduces obstructive Sleep apnea severity. A randomized, placebo-controlled, double-blind crossover trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2019;199(10):1267–76. 20.
- [55] Thomson LDJ, Landry SA, Maddison K, Walsh R, Bleackley MR, Hamilton GS, Joosten SA, Walsh J, Edwards BA. The impact of acetazolamide and dronabinol on the physiological endotypes responsible for obstructive sleep apnea. *Sleep Med*. 2025 Aug; 132:106542.
- [56] Attali V, Chaumereuil C, Arnulf I, Golmard JL, Tordjman F, Morin L, Goudot P, Similowski T, Collet JM. Predictors of long-term effectiveness to mandibular repositioning device treatment in obstructive sleep apnea patients after 1000 days. *Sleep Med*. 2016 Nov-Dec;27-28:107-114. doi: 10.1016/j.sleep.2016.10.004. Epub 2016 Oct 27. PMID: 27938910.
- [57] Ferguson KA, Ono T, Lowe AA, al-Majed S, Love LL, Fleetham JA. A short-term controlled trial of an adjustable oral appliance for the treatment of mild to moderate obstructive sleep apnea. *Thorax*. 1997; 52:362–368.
- [58] Marklund M, Braem MJA, Verbraecken J. Update on oral appliance therapy. *Eur Respir Rev*. 2019 Sep 25;28(153):190083.
- [59] Hamoda, M.M.; Kohzuka, Y.; Almeida, F.R. Oral Appliances for the Management of OSA: An Updated Review of the Literature. *Chest* 2018, 153, 544–553 *J. Clin. Med*. 2025, 14, 5603 16 of 17
- [60] Burlon G, Tepedino M, Laurenziello M, Troiano G, Cassano M, Romano L, Rinaldi R, Ciavarella D (2020) Evaluation of factors that influence the success rate of OSA treatment with a customised adjustable MAD device - a retrospective study *Acta Otorhinolaryngol Ital* 40:297–303
- [61] Edwards BA, Andara C, Landry S, Sands SA, Joosten SA, Owens RL, et al. Upper-airway collapsibility and loop gain predict the response to oral appliance therapy in patients with obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016;194:1413–1422.
- [62] DGSM S3 Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf- Kapitel Schlafbezogene Atmungsstörungen  
[https://register.awmf.org/assets/guidelines/063\\_D\\_Ges\\_fuer\\_Schlafforschung\\_und\\_Schlafmedizin/063-0011\\_S3\\_SBAS\\_Teil-Aktualisierung\\_2020\\_2020-09.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/063_D_Ges_fuer_Schlafforschung_und_Schlafmedizin/063-0011_S3_SBAS_Teil-Aktualisierung_2020_2020-09.pdf)
- [63] Hasthi U, Dissanayake, Juliana T, Colpani, Kate Sutherland, Weiqiang Loke, Anna Mohammadi, Yi-Hui Ou, Philip de Chazal, Peter A Cistulli, Chi-Hang Lee. Obstructive sleep apnea therapy for cardiovascular risk reduction-Time for a rethink? *Clin Cardiol*. 2021 Dec;44(12):1729-1738.

- [64] Yi-Hui Ou , Juliana Tereza Colpani , Crystal S Cheong , Weiqiang Loke , As Tar Thant , E' Ching Shih , Frank Lee , Siew-Pang Chan , Ching-Hui Sia , Chieh-Yang Koo , Serene Wong , Aiping Chua , Chin-Meng Khoo , William Kong , Calvin W Chin , Pipin Kojodjojo , Philip E Wong , Mark Y Chan , A Mark Richards , Peter A Cistulli , Chi-Hang Lee Mandibular Advancement vs CPAP for Blood Pressure Reduction in Patients With Obstructive Sleep Apnea *J Am Coll Cardiol*. 2024 May 7;83(18):1760-1772.
- [65] Craig L. Phillips, Ronald R. Grunstein , M. Ali Darendeliler , Anastasia S. Mihailidou , Vasantha K. Srinivasan , Brendon J. Yee , Guy B. Marks and Peter A. Cistulli Health Outcomes of Continuous Positive Airway Pressure versus Oral Appliance Treatment for Obstructive Sleep Apnea A Randomized Controlled Trial *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine - Volume 187, Issue 8*
- [66] Almeida FR, Lowe AA, Tsuki S, Otsuka R, Wong M, Fastlicht S, Ryan F. Long-term compliance and side effects of oral appliances used for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea syndrome. *J Clin Sleep Med*. 2005 Apr 15;1(2):143–52
- [67] Olivier M Vanderveken 1, Marijke Dieltjens, Kristien Wouters, Wilfried A De Backer, Paul H Van de Heyning, Marc J Braem Objective measurement of compliance during oral appliance therapy for sleep-disordered breathing *Thorax* 2013 Jan;68(1):91-6. doi: 10.1136/thoraxjnl-2012-201900. Epub 2012 Sep 19
- [68] Liselotte H van der Hoek # 1, Boudewijn R A M Rosenmöller # 2 3, Liza J M van de Rijt 1, Ralph de Vries 4, Ghizlane Aarab 1, Frank Lobbezoo Factors associated with treatment adherence to mandibular advancement devices: a scoping review *Sleep Breath* 2023 Dec;27(6):2527-2544
- [69] Sambale J, Hass J, Koehler U, Waldmann S, Korbmacher-Steiner HM. Diagnostic and prognostic value of (cone-beam) computed tomography in dental sleep medicine for obstructive sleep apnea: a systematic review. *Head Face Med*. 2026 Mar 12. doi: 10.1186/s13005-026-00609-x. Epub ahead of print. PMID: 41821098
- [70] Cunali PA, Almeida FR, Santos CD, Valdrichi NY, Nascimento LS, Dal-Fabbro C, Tufik S, Bittencourt LR (2011) Mandibular exercises improve mandibular advancement device therapy for obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 15:717–727
- [71] Balasubramaniam, R.; McCloy, K.; Almeida, F.R.; Cistulli, P.A. Oral Appliance Therapy for Snoring and Obstructive Sleep Apnoea: A Practical Guide for Clinical Care. *Aust. Dent. J*. 2024, 69, S84–S100.
- [72] Zertifikat Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Schlafmedizin (DGZS) <https://www.dgzs.de/mitgliedschaft/>, <https://www.apw.de/curriculum/zahnaerztliche-schlafmedizin>

- [73] Guarda-Nardini L, Manfredini D, Mion M, Heir G, Marchese- Ragona R (2015) Anatomically based outcome predictors of treatment for obstructive sleep apnea with intraoral splint devices: a systematic review of cephalometric studies. *J Clin Sleep Med* 11:1327–1334
- [74] Messineo L, Bakker JP, Cronin J, Yee J, White DP. Obstructive sleep apnea and obesity: A review of epidemiology, pathophysiology and the effect of weight-loss treatments. *Sleep Med Rev.* 2024 Dec;78:101996
- [75] Eckert DJ. Phenotypic approaches to obstructive sleep apnoea - New pathways for targeted therapy. *SleepMed Rev.* 2018 Feb; 37:45-59
- [76] Messineo L, Eckert DJ. Obstructive sleep apnea phenotyping to understand pathophysiology and improvetreatment and outcomes. *Encyclopedia of respiratory medicine.* second ed.: Elsevier; 2022. p. 22–33.
- [77] Andrisani, G.; Andrisani, G. Sleep Apnea Pathophysiology. *Sleep. Breath.* 2023, 27, 2111–2122
- [78] Schmickl CN, Owens RL, Edwards BA, Malhotra A. OSA endotypes: what are they and what are their potential clinical implications? *Curr Sleep Med Rep* 2018;4:231–242
- [79] Sutherland K, Phillips CL, Davies A, Srinivasan VK, Dalci O, Yee BJ, et al. CPAP pressure for prediction of oralappliance treatment response in obstructive sleep apnea. *J Clin Sleep Med.* 2014;10:943–949
- [80] Grace KP, Hughes SW, Horner RL. Identification of the mechanism mediating genioglossus muscle suppression in REM sleep. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 187:311–9.
- [81] Jacobowitz, O.; Afifi, L.; Alkan, U.; Penzel, T.; Poyares, D.; Kushida, C. Endorsement of “European Respiratory Society Guideline on Non-CPAP Therapies for Obstructive Sleep Apnoea” by World Sleep Society. *Sleep Med.* 2024, 113, 293–298.
- [82] Riley RW, Powell NB, Giulleminault C (1990) Maxillofacial surgery and nasal CPAP. A comparison of treatment for obstructive sleep apnea syndrome. *Chest* 98:1421–1425
- [83] Swope, J.J.; Couey, M.A.; Wilson, J.W.; Jundt, J.S. A Survey of Sleep Medicine Physician Perceptions on the Surgical Treatment of Obstructive Sleep Apnea. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2017, 75, 1010–1014
- [84] Peter R Eastwood et al Blast- Bilateral hypoglossal nerve stimulation for treatment of adult obstructive sleep apnea PMID: PMC6949509
- [85] Peter Baptista , Madeleine Di Frisco, Elena Urrestarazu , Juan Alcalde, Manuel Alegre , Isabel Sanchez , Carlos O’Connor-Reina , Guillermo Plaza Quality of Life Impact of Hypoglossal Nerve Stimulation with Inspire® Device in Patients with

Obstructive Sleep Apnea Intolerant to Continuous Positive Airway Pressure Therapy  
PMCID: PMC9694893

- [86] Geißler K, Guntinas-Lichius O. Chirurgie im Rachen – Adenotomie, Tonsillektomie, Tonsillotomie und Eingriffe bei obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom. *Laryngo-Rhino-Otologie* 2016; 95(02): 132 -145
- [87] Sundaram S, Lim J, Lasserson TJ (2009) Surgery for obstructive sleep apnea in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD001004
- [88] Farrar J, Ryan J, Oliver E, Gillespie MB (2008) Radiofrequency ablation for the treatment of obstructive sleep apnea: a meta-analysis. Review. *Laryngoscope* 118:1878–1883
- [89] An Y, Li Y, Kang D, Sharama-Adhikari SK, Xu W, Li Y, Han D. The effects of nasal decongestion on obstructive sleep apnoea. *Am J Otolaryngol.* 2019 Jan-Feb;40(1):52-56. doi: 10.1016/j.amjoto.2018.08.003. Epub 2018Aug 23. PMID: 30243839.
- [90] Clarenbach CF, Kohler M, Senn O, Thurnheer R, Bloch KE. Does nasal decongestion improve obstructive sleep apnea? *J Sleep Res.* 2008 Dec;17(4):444-9.
- [91] Gao, Y.; Zhu, S.; Li,W.; Lai, Y. Comparative Efficacy of Sleep Positional Therapy, Oral Appliance Therapy, and CPAP in ObstructiveSleep Apnea: A Meta-Analysis of Mean Changes in Key Outcomes. *Front. Med.* 2025, 12, 1517274
- [92] Dieltjens M et al. A promising concept of combination therapy for positional obstructive sleep apnea. *Sleep Breath.* 2015 May;19(2):637–44
- [93] Carneiro-Barrera, A.; Amaro-Gahete, F.J.; Guillen-Riquelme, A.; Jurado-Fasoli, L.; Saez-Roca, G.; Martin-Carrasco, C.; Buela-Casal, G.; Ruiz, J.R. Effect of an Interdisciplinary Weight Loss and Lifestyle Intervention on Obstructive Sleep Apnea Severity: The INTERAPNEA Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw. Open* 2022, 5, e228212.
- [94] Louis J. Aronne, M.D., Deborah Bade Horn, D.O., Carel W. le Roux, M.D., Ph.D., Wayne Ho, M.D., Beverly L. Falcon, Ph.D., Elisa Gomez Valderas, M.Sc., Sagar Das, M.Sc., Clare J. Lee, M.D., M.H.S., Leonard C. Glass, M.D., Cagri Senyucel, M.D., Ph.D., and Julia P. Dunn, M.D., Tirzepatide as Compared with Semaglutide for the Treatment of Obesity Published May 11, 2025 *New Engl Journal Med* 2025;393:26-36 VOL. 393 NO. 1
- [95] Icon Babak Mokhlesi , Juan Fernando Masa , Jan L. Brozek , Indira Gurubhagavatula , Patrick B. Murphy , Amanda J. Piper , Aiman Tulaimat , Majid Afshar , Jay S. Balachandran , Raed A. Dweik , Ronald R. Grunstein Evaluation and Management of Obesity Hypoventilation Syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* Volume 200, Issue 3

- [96] Maurer, L.F., Aust, F. & Lorenz, N. Real-World-Evidenz für den Einsatz von digitaler kognitiver Verhaltenstherapie bei Insomnie in der Regelversorgung. *Somnologie* 29, 33–41 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11818-023-00422-7>
- [97] Dirk A. Pevernagie, Barbara Gnidovec-Strazisar, Ludger Grote, Raphael Heinzer, Walter T. McNicholas, Thomas Penzel, Winfried Randerath, Sophia Schiza, Johan Verbraecken, Erna S. Arnardottir On the rise and fall of the apnea–hypopnea index: A historical review and critical appraisal *J Sleep Res.* 2020 Aug;29(4):e13066. doi: 10.1111/jsr.13066. Epub 2020 May 14.
- [98] McNicholas WT, Pevernagie D. Obstructive sleep apnea: transition from pathophysiology to an integrativedisease model. *J Sleep Res.* 2022 Aug;31(4):e13616.
- [99] S Matthes M Treml L Grote J Hedner S Ryan S Schiza J Verbraecken W McNicholas A Pataka P Sliwinski Ö Basoglu M Bonsignore J Pépin W Randerath Neudefinition der Baveno-Klassifikation für obstruktive Schlafapnoe *Pneumologie* 2024; 78(S 01): S94
- [100] Ong, J.C.; Crawford, M.R.; Kong, A.; Park, M.; Cvendros, J.A.; Crisostomo, M.I.; Alexander, E.I.; Wyatt, J.K. Management of Obstructive Sleep Apnea and Comorbid Insomnia: A Mixed-Methods Evaluation. *Behav. Sleep Med.* 2017, 15, 180–197
- [101] Charles M Morin, Geneviève Belleville , Lynda Bélanger , Hans Ivers The Insomnia Severity Index: Psychometric Indicators to Detect Insomnia Cases and Evaluate Treatment Response *Sleep.* 2011 May 1;34(5):601–608
- [102] Aysegul Gencer Ersan Atahan Pinar Kadioglu Investigation of the frequency of obstructive sleep apnea syndrome in patients with subclinical hypothyroidism *ERJ Open Research* 2022 8(4): 00186-2022
- [103] Chen, Y.; Alhozgi, A.I.; Almeida, F.R. Dentoskeletal Changes of Long-Term Oral Appliance Treatment in Patients with Obstructive Sleep Apnea: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Prosthodont.* 2025, 34, 62–79
- [104] Doff, M.H.J.; Finnema, K.J.; Hoekema, A.; Wijkstra, P.J.; de Bont, L.G.M.; Stegenga, B. Long-Term Oral Appliance Therapy in Obstructive Sleep Apnea Syndrome: A Controlled Study on Dental Side Effects. *Clin. Oral Investig.* 2013, 17, 475–482
- [105] Sheats RD Management of side effects of oral appliance therapy for sleep-disordered breathing:summary of American Academy of Dental Sleep Medicine recommendations. *J Clin Sleep Med* 16:835(2020)
- [106] Rana A, Raut A, Mathur A The occlusal side effects of mandibular advancement device therapy in adult sleep apnea patients: a systematic review. *Cureus* 15: e48682 (2023)

- [107] Uniken Venema JAM, Doff MHJ, Joffe-Sokolova DS, Wijkstra PJ, van der Hoeven JH, Stegenga B, Hoekema A Dental side effects of long-term obstructive sleep apnea therapy: a 10-year follow up study. *Clin Oral Investig* 24:3069–3076 (2020)
- [108] Anitua E et al Minimizing the mandibular advancement in an oral appliance for the treatment of obstructive sleep apnea. *Sleep Med.* 2017
- [109] Jo, J.-H. Management of Complications of Oral Appliance Therapy for Snoring and Obstructive Sleep Apnea. *J. Korean Dent.Assoc.* 2019, 57, 270–278
- [110] Hiroshi Ueda , Fernanda R Almeida, Hui Chen, Alan A Lowe Effect of 2 jaw exercises on occlusal function in patients with obstructive sleep apnea during oral appliance therapy: a randomized controlled trial *Dentofacial Orthop* 2009 Apr;135(4):430.e1-7; discussion 430-1
- [111] Anders Wänman , Susanna Marklund Treatment outcome of supervised exercise, home exercise and bite splint therapy, respectively, in patients with symptomatic disc displacement with reduction: A randomised clinical trial PMID: 31520538  
PMCID,Clinical Trial . 1999;23(1):27-37.
- [112] T Magnusson , M Syrén Therapeutic jaw exercises and interocclusal appliance therapy. A comparison between two common treatments of temporomandibular disorders Swed. *Dent Journal* PMID: 10371003