

S2k-Leitlinie (Langfassung)

Ideale Zeitpunkte und Maßnahmen der kieferorthopädischen Diagnostik

AWMF-Registernummer: 083-050

Stand: Juni 2025

Gültig bis: Juni 2030

Federführende Fachgesellschaften:

- Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)
- Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

Beteiligung weiterer AWMF-Fachgesellschaften:

- Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie (DGHNO-KHC)
- Deutsche Gesellschaft für Implantologie (DGI)
- Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ)
- Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin (DGKJ)
- Deutsche Gesellschaft für Medizinische Psychologie (DGMP)
- Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)
- Deutsche Gesellschaft für Parodontologie (DG PARO)
- Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)
- Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ)
- Deutsche Röntgengesellschaft, Gesellschaft für medizinische Radiologie und bildgeführte Therapie (DRG)
- Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie (GPR)

Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/ Organisationen:

- Arbeitsgemeinschaft Ethno- und Paläo-Zahnmedizin der DGZMK (EPZ)
- Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung in der DGZMK (AfG)
- Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie der DGZMK (AGOKi)
- Arbeitskreis für die Weiterentwicklung der Lehre in der Zahnmedizin (AKWLZ)
- Berufsverband der Deutschen Kieferorthopäden (BDK)
- Bundesverband der Kinderzahnärzte (BUKiZ)
- Bundesverband der Zahnärztinnen und Zahnärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (BZÖG)
- Bundeszahnärztekammer (BZÄK)
- Deutsche Arbeitsgemeinschaft Selbsthilfegruppen (DAG SHG)
- Deutsche Gesellschaft für ästhetische Zahnmedizin (DGÄZ)
- Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET)
- Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM)
- Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Hypnose (DGZH)
- Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Schlafmedizin (DGZS)
- Deutsche Gesellschaft Zahnmedizin für Menschen mit Behinderung oder besonderem medizinischem Unterstützungsbedarf (DGZMB)
- Gesellschaft Master of Science Kieferorthopädie (GMSCKFO)
- Interdisziplinärer Arbeitskreis Oralpathologie und Oralmedizin (AKOPOM)
- Internationale Gesellschaft für Ganzheitliche Zahn-Medizin (GZM)
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)
- NEUE GRUPPE – wissenschaftliche Vereinigung von Zahnärzten (NG)
- Patient:innen-Vertreter
- Verband medizinischer Fachberufe (VMF)

publiziert
bei:



Koordinatoren (in alphabetischer Reihenfolge):

Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck
Prof. Dr. Christopher J. Lux

Federführende Autoren (in alphabetischer Reihenfolge):

Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck
Prof. Dr. Christopher J. Lux
PD Dr. Eva Paddenberg-Schubert
Prof. Dr. Dr. Peter Proff

Autoren (in alphabetischer Reihenfolge):

Prof. Dr. Kurt Alt
Dr. Jörg Beck
PD Dr. Svenja Beisel-Memmert
Prof. Dr. Katrin Bekes
Dr. Pàlma Croy
Dr. Josef Diemer
Dr. Sabine Dobersch-Paulus
Dr. Moritz Försch
Sylvia Gabel
Prof. Dr. Christian Graetz
Prof. Dr. Dr. Knut A. Grötz
Dr. Wolfgang Grüner
PD Dr. Dr. Sebastian Hoefert
Prof. Dr. Anahita Jablonski-Momeni
Dr. Rugzan Jameel Hussein
Dr. Hans-Jürgen Köning
Prof. Dr. Heike Korbmacher-Steiner
Dr. Lutz Laurisch
Dr. Burkhard Lawrenz
Dr. Jutta Margraf-Stiksrud
Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel
Prof. Dr. Christian Mertens
Dr. Uwe Niekusch
Prof. Dr. Mark Praetorius
Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert
Prof. Dr. Dr. Oliver Ristow
Stefan-Alexander Roth
Jonathan Schreeb
Prof. Dr. Andreas Schulte
Prof. Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer
Dr. Thomas Strasser
Dr. Birgit de Tallez

publiziert
bei:



Prof. Dr. Thomas Vogl
Prof. Dr. Yvonne Wagner
Heiner Wüstenberg
Gisela Zehner

Methodische Begleitung:

Dr. Markus Kolling (DGZMK, zertifizierter Leitlinienberater)
Dr. Birgit Marré (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)
Dr. Cathleen Muche-Borowski (AWMF, zertifizierte Leitlinienberaterin)
Dr. Anke Weber, MSc (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

Jahr der Ersterstellung: Juni 2025

vorliegende Aktualisierung/Stand: 02.06.2025, **Version:** 1.1

gültig bis: 01.06.2030

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte/ Zahnärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte/ Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Leitlinien unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle, spätestens alle 5 Jahre ist ein Abgleich der neuen Erkenntnisse mit den formulierten Handlungsempfehlungen erforderlich. Die aktuelle Version einer Leitlinie finden Sie immer auf den Seiten der DGZMK (www.dgzmk.de) oder der AWMF (www.awmf.org). Sofern Sie die vorliegende Leitlinie nicht auf einer der beiden genannten Webseiten heruntergeladen haben, sollten Sie dort nochmals prüfen, ob es ggf. eine aktuellere Version gibt.

Inhalt

1	Herausgeber	1
1.1	Federführende Fachgesellschaft	1
1.2	Kontakt	1
1.3	Zitierweise	1
1.4	Redaktioneller Hinweis	1
1.5	Besonderer Hinweis	2
1.6	Ziele des Leitlinienprogramms der DGZMK und der DGKFO	2
2	Geltungsbereich und Zweck.....	2
2.1	Priorisierungsgründe	2
2.1.1	Zeitpunkte kieferorthopädischer Diagnostik und Therapie.....	3
2.2	Zielsetzung und Fragestellung.....	4
2.3	Adressaten der Leitlinie	5
2.4	Ausnahmen von der Leitlinie	5
2.5	Patientenzielgruppe	5
2.6	Versorgungsbereich	5
2.7	Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie	5
2.8	Verbindungen zu anderen Leitlinien.....	5
3	Einleitung.....	7
3.1	Definition des Krankheitsbildes	7
3.2	ICD-10 Codes (www.icd-code.de)	7
3.3	Bedeutung der Diagnostik für die Therapieplanung.....	8
4	Diagnostische Verfahren in der Kieferorthopädie	9
4.1	Anamnese und Allgemeinbefund.....	9
4.2	Klinisch-extraorale Untersuchung und Fotoanalyse (Profil und En-face).....	10
4.3	Klinisch-intraorale Untersuchung und Mundhygieneevaluation.....	10
4.4	CMD-Screening.....	12
4.5	Modellanalyse von Situationsmodellen	13
4.6	Radiologische Basisdiagnostik.....	14
4.7	Bildgebende Spezialdiagnostik.....	16
5	Therapie	18
5.1	Anamnese und Allgemeinbefund.....	18
5.2	Klinisch-extraorale Untersuchung und Fotoanalyse	21

5.3	Klinisch-intraorale Untersuchung und Mundhygieneevaluation.....	25
5.4	Funktionelle Untersuchung orofazialer Dysfunktionen und Habits	29
5.5	CMD-Screening.....	33
5.6	Modellanalyse von Situationsmodellen.....	35
5.7	Radiologische Basisdiagnostik (OPG/ PSA und FRS)	39
5.7.1	Orthopantomogramm/ Panoramaschichtaufnahme (OPG/ PSA)	39
5.7.2	Fernröntgenseitenbild und Kephalexmetrie (FRS)	42
5.8	Radiologische Spezialdiagnostik (Handröntgen, Zahnfilm, DVT)	46
6	Wichtige Forschungsfragen.....	50
7	Zusammenfassung	50
8	Informationen zu dieser Leitlinie	52
8.1	Zusammensetzung der Leitliniengruppe	52
8.1.1	Redaktion und Koordination	52
8.1.2	Autoren (in alphabetischer Reihenfolge).....	52
8.1.3	Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen.....	53
8.1.4	Beteiligte Experten ohne Mandat.....	56
8.1.5	Patientenbeteiligung.....	57
8.1.6	Methodik.....	57
8.1.7	Zeitlicher Ablauf der Leitlinienerstellung.....	57
8.2	Methodische Grundlagen	58
8.3	Literaturrecherche und kritische Bewertung.....	59
8.4	Strukturierte Konsensfindung	59
8.5	Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke	59
8.5.1	Festlegung des Empfehlungsgrades.....	59
8.5.2	Feststellung der Konsensstärke	60
9	Redaktionelle Unabhängigkeit	60
9.1	Finanzierung der Leitlinie	60
9.2	Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten	61
10	Verabschiedung.....	64
11	Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren	64
12	Literatur.....	65

1 Herausgeber

1.1 Federführende Fachgesellschaft



Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

Schlangenzahl 14, 35292 Gießen

Telefon: 0151 - 40029241

Telefax: 0641 - 99 46129

E-Mail: info@dgkfo.online

<https://www.dgkfo-vorstand.de/>



Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde e.V. (DGZMK)

Liesegangstr. 17a, 40211 Düsseldorf

Telefon: 0211 - 61 01 98 0

Telefax: 0211 - 61 01 98 11

E-Mail: dgzmk@dgzmk.de

<https://www.dgzmk.de/>

1.2 Kontakt

Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Bonn | Welschnonnenstraße 17 | 53111 Bonn

Telefon: 0228 287-22449 (Skr.) oder 287-22386 (direkt)

E-Mail: christian.kirschneck@uni-bonn.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

Univ.-Prof. Dr. Christopher J. Lux

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Heidelberg | Im Neuenheimer Feld 400 | 69120 Heidelberg

Telefon: 06221 56-6561 (Skr.) oder 56-6560 (direkt)

E-Mail: christopher.lux@med.uni-heidelberg.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

1.3 Zitierweise

DGKFO, DGZMK: „Ideale Zeitpunkte und Maßnahmen der kieferorthopädischen Diagnostik“,
Langfassung, Version 1.1, 2025, AWMF-Registriernummer: 083-050,
<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-050>

1.4 Redaktioneller Hinweis

Ausschließlich aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher, weiblicher und weiterer Sprachformen verzichtet. Dies impliziert keinesfalls eine

Benachteiligung der jeweils anderen Geschlechter. Sämtliche Personenbezeichnungen in diesem Dokument sind als geschlechtsneutral zu verstehen.

1.5 Besonderer Hinweis

Der Entwicklungsprozess in der Medizin führt fortwährend zu neuen Erkenntnissen. Alle Angaben können nur dem Wissensstand zur Zeit der Drucklegung der Leitlinie entsprechen. Mit größtmöglicher Sorgfalt wurden die angegebenen Empfehlungen dargelegt. Mögliche Unstimmigkeiten sollen bitte im allgemeinen Interesse der Leitlinien-Redaktion mitgeteilt werden.

Der Anwender der Leitlinie bleibt verantwortlich für jede diagnostische und therapeutische Applikation, Medikation und Dosierung. In dieser Leitlinie sind eingetragene Warenzeichen (geschützte Warennamen) nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen eines entsprechenden Hinweises nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt. Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Bestimmung des Urhebergesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung der Leitlinien-Redaktion unzulässig und strafbar. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung der Leitlinien-Redaktion reproduziert werden. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung, Nutzung und Verwertung in elektronischen Systemen, Intranets und dem Internet.

Leitlinien sind für Ärzte und Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

1.6 Ziele des Leitlinienprogramms der DGZMK und der DGKFO

Ein gemeinsames Ziel der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V. (DGZMK) ist die Entwicklung und Aktualisierung von zahnmedizinischen Leitlinien. Leitlinien werden systematisch entwickelt und stellen Hilfen zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen dar. Sie sollen, basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren, für mehr Sicherheit in der Medizin sorgen (awmf.org/leitlinien). Leitlinien erfordern eine regelmäßige Aktualisierung.

2 Geltungsbereich und Zweck

2.1 Priorisierungsgründe

Eine medizinische Behandlung in jeder Fachdisziplin bedarf vor ihrer Initiierung und auch während ihrer Durchführung einer wiederholten Befunderhebung im Sinne einer fortlaufenden Diagnostik. Das Behandlungsspektrum der Kieferorthopädie weist durch die zahlreichen interdisziplinären Schnittstellen mit der Medizin und Zahnmedizin eine große Breite und Komplexität auf. Hierbei muss festgestellt werden, dass im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik neben dem Erkennen von

orofazialen Fehlfunktionen und dentalen Fehlstellungen auch skelettale Anomalien, Pathologien der Mundschleimhaut, des Zahnhalteapparates und des Kiefergelenkes, allgemein-medizinische bzw. medikamentöse Limitationen und Risikoprofile erkannt und bei der Therapieplanung sowie während der laufenden Therapie berücksichtigt werden müssen.

Bislang existieren jedoch im Bereich der Kieferorthopädie keine Vorgaben bzw. Leitlinien, welche bezüglich diagnostischen Maßnahmen indikationsbezogen bzw. in Abhängigkeit des Patientenalters sinnvoll bzw. notwendig sind. Zu diesen diagnostischen Maßnahmen zählen u.a.:

- Anamnese und Allgemeinbefund
- Klinisch-extraorale Untersuchung und Fotoanalyse (Profil und En-face)
- Klinisch-intraorale Untersuchung und Mundhygieneevaluation
- Funktionelle Untersuchung orofazialer Dysfunktionen und Habits
- Analyse von Kiefermodellen
- Radiologische Basisdiagnostik (Orthopantomogramm / Fernröntgenseitenbild)
- Bildgebende Spezialdiagnostik (Zahnfilm, P.A-Aufnahme, Handröntgenaufnahme, Aufbissaufnahme, digitale Volumentomographie DVT, Magnetresonanztomographie MRT)

Somit erscheint es sinnvoll, in einem konsensusbasierten Leitlinienprozess zu untersuchen, welche kieferorthopädischen diagnostischen Untersuchungen zu welchem Zeitpunkt notwendig sind, um eine geeignete Behandlungsplanung durchführen zu können und um unnötige Maßnahmen zu verhindern. Zu beachten ist dabei, dass sich der diagnostische Nutzen in der Regel erst dadurch manifestiert, dass die infolge der Diagnosestellung eingeleiteten therapeutischen Interventionen ihre Wirkung mit erheblicher Latenz entfalten.

2.1.1 Zeitpunkte kieferorthopädischer Diagnostik und Therapie

Diagnostische und therapeutische kieferorthopädische Maßnahmen können zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Gebissentwicklung begonnen bzw. durchgeführt werden. Der ideale Zeitpunkt ist dabei abhängig von der Art und dem Ausmaß der Dysgnathie (Verstärkungs-/Konsolidierungstendenz), dem dentalen Alter / Zustand der Gebissentwicklung, dem skelettalen Alter und dem Entwicklungsstand des Patienten. Oftmals kommt therapeutisch ein zweizeitiges Vorgehen zur Anwendung, bestehend aus kieferorthopädischen Maßnahmen zur Korrektur skelettal bedingter Dysgnathien bzw. Maßnahmen zur Verhinderung der Manifestation bzw. Progression von Anomalien, z.B. Abstellen von Habits und nachgeschaltete orthodontische Maßnahmen zur Korrektur von dentoalveolären Zahnstellungs- und Zahnbogenanomalien.

Eine **kieferorthopädische Frühbehandlung** umfasst zeitlich begrenzte Behandlungsmaßnahmen im Milch- und frühen Wechselgebiss (einschließlich der Ruhephase des Wechselgebisses), d.h. in der Regel vor dem 10. Lebensjahr, welche der Prävention von Kieferfehlbildungen, der Abschwächung skelettaler Wachstumsanomalien bzw. der Beseitigung manifester Anomalien mit Funktionsstörungen dienen, die sich oftmals bei Nichtbehandlung verschlimmern würden. Ihre Ziele sind daher, die Progredienz einer Anomalie zu verhindern, Habits zu beseitigen, die Traumagefahr zu reduzieren, ausgeprägte Anomalien zu verhindern, den Schweregrad vorliegender Dysgnathien zu vermindern bzw. diese sich nicht verstärken zu lassen und eine normale Gebissentwicklung zu fördern. Sie kann

teilweise nicht-apparativ und apparativ mit konfektionierten Hilfsmitteln oder individuell hergestellten Apparaturen durchgeführt werden. Auf eine kieferorthopädische Frühbehandlung kann im späten Wechselgebiss eine kieferorthopädische Regelbehandlung bei weiterem Therapiebedarf folgen.

Unter einer **kieferorthopädischen Regelbehandlung** sind Behandlungsmaßnahmen im späten Wechselgebiss bzw. frühen bleibenden Gebiss zu verstehen, welche der Korrektur bestehender Dysgnathien, Malokklusionen und Dyskinesien/Habits dienen.

Unter einer **kieferorthopädischen Spätbehandlung** sind Behandlungsmaßnahmen im bleibenden Gebiss, in der Regel nach (weitestgehendem) Wachstumsabschluss, subsumiert. Falls zu diesem Zeitpunkt auch skelettale Korrekturen erforderlich werden, sind diese patientenindividuell auch mittels orthognather Chirurgie, d.h. im Rahmen einer kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Kombinationstherapie, durchführbar.

2.2 Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel der Leitlinie ist es, konsensusbasiert, indikationsbezogen und in Abhängigkeit des Patientenalters den idealen Umfang und die idealen Zeitpunkte für diagnostische Maßnahmen in der Kieferorthopädie zu ermitteln und zu standardisieren.

Aus der aufgeführten Zielsetzung ergeben sich folgende Schlüsselfragen (nach PICO):

1. Welche kieferorthopädischen diagnostischen Untersuchungen sind im Rahmen einer **Frühbehandlung** in Abhängigkeit des Charakters und Ausprägungsgrades der Anomalie notwendig,
 - um eine medizinisch korrekte Behandlungsplanung durchführen zu können?
 - Schaden vom Patienten abwehren zu können?
 - unnötige Maßnahmen verhindern zu können?
2. Welche kieferorthopädischen diagnostischen Untersuchungen sind im Rahmen einer **Regelbehandlung** in Abhängigkeit des Charakters und Ausprägungsgrades der Anomalie notwendig,
 - um eine medizinisch korrekte Behandlungsplanung durchführen zu können?
 - Schaden vom Patienten abwehren zu können?
 - unnötige Maßnahmen verhindern zu können?
3. Welche kieferorthopädischen diagnostischen Untersuchungen sind im Rahmen einer **Spätbehandlung** in Abhängigkeit des Charakters und Ausprägungsgrades der Anomalie notwendig,
 - um eine medizinisch korrekte Behandlungsplanung durchführen zu können?
 - Schaden vom Patienten abwehren zu können?
 - unnötige Maßnahmen verhindern zu können?

2.3 Adressaten der Leitlinie

Die Leitlinie richtet sich an Zahnärzte, Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, Fachzahnärzte für Parodontologie, Fachärzte für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Fachärzte für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Fachärzte für Pädiatrie, Fachärzte für Radiologie, Ärzte mit Zusatzbezeichnung Kinderradiologie, Ärzte mit Zusatzbezeichnung Schlafmedizin, Ärzte mit Zusatzbezeichnung Medizinische Psychologie, Klinische Psychologen, Patienten(vertreter/-gruppen), zahnmedizinisches und medizinisches Fachpersonal und dient zur Information von Fachärzten für Psychiatrie, Fachärzten für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Logopäden, Hausärzten und Ärzten aller anderen Fachrichtungen sowie von Entscheidungsträgern im Gesundheitswesen.

2.4 Ausnahmen von der Leitlinie

Zum Zeitpunkt der Erstellung gibt es keine Ausnahmen von der Leitlinie.

2.5 Patientenzielgruppe

Zielgruppe sind alle Patienten aller Altersstufen mit kieferorthopädischem Behandlungsbedarf. Explizit werden keine Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien definiert, um eine generelle Anwendbarkeit der Leitlinie zu ermöglichen.

2.6 Versorgungsbereich

Ambulante Prävention, Früherkennung, Diagnostik und Therapie in der zahnärztlichen und spezialisierten kieferorthopädischen Versorgung sowie stationäre Diagnostik und Therapie in der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Kombinationsversorgung.

2.7 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie

Dieses Dokument umfasst die S2k-Leitlinie „Ideale Zeitpunkte und Maßnahmen der kieferorthopädischen Diagnostik“. Folgende ergänzende Dokumente wurden erstellt:

- Leitlinienreport mit Interessenerklärungen
- Kurzfassung
- Patientenleitlinie

2.8 Verbindungen zu anderen Leitlinien

- Ideale Behandlungszeitpunkte kieferorthopädischer Anomalien (S3, AWMF-Register-Nr. 083-038)
- Dentale digitale Volumentomografie (S2k, AWMF-Register-Nr. 083-005)

- Radiologische Diagnostik im Kopf-Hals-Bereich (S1, AWMF-Register-Nr. 039-093)
- Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne (S2k, AWMF-Register-Nr. 083-004)
- Zahnimplantatversorgungen bei multiplen Zahnnichtanlagen und Syndromen (S3, AWMF-Register-Nr. 083-024)
- Therapie der Lippen-Kiefer-Gaumen Fehlbildungen (S3, AWMF-Register-Nr.: 007-038)
- Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen - Schlafbezogene Atmungsstörungen (S3, AWMF-Register-Nr. 063-001)
- Diagnostik und Therapie des Schnarchens des Erwachsenen (S3, AWMF-Register-Nr. 017-068)
- Die Unterkieferprotrusionsschiene (UPS): Anwendung in der zahnärztlichen Schlafmedizin beim Erwachsenen (S1, AWMF-Register-Nr. 083-045)
- Die Behandlung von Parodontitis Stadium I bis III - Die deutsche Implementierung der S3-Leitlinie „Treatment of Stage I–III Periodontitis“ der European Federation of Periodontology (EFP) (S3, AWMF-Register-Nr. 083-043)

3 Einleitung

3.1 Definition des Krankheitsbildes

Die zahnmedizinische Fachdisziplin der Kieferorthopädie beschäftigt sich mit der Prophylaxe, Diagnostik und Therapie von Zahn- und Kieferfehlstellungen, d.h. **Anomalien** der Zähne und Kiefer. Das Wort Anomalie besteht dabei aus dem Negationspräfix (alpha privativum) und ὁμαλός (gleich, glatt) und bezeichnet daher generell Unregelmäßigkeiten und Abweichungen von der Norm der Bevölkerung. Diese werden weiter nach Dysgnathien, Malokklusionen und Dyskinesien bzw. schlechten Gewohnheiten (Habits) differenziert.

Unter „**Dysgnathie**“ versteht man skelettale Fehlentwicklungen der Kiefer. Sie können die Kieferform, die Lage der Kiefer zueinander oder den Einbau der Kiefer in den Schädel betreffen und als Folge funktionelle und ästhetische Beeinträchtigungen verursachen. Zwischen einer Dysgnathie und einer Eugnathie – dem ausgeglichenen und gut ausgebildeten Gebiss – bestehen fließende Übergänge.

Als „**Malokklusion**“ wird jegliche Stellung eines Zahnes außerhalb der idealen Zahnbogenform des Oberkiefers oder Unterkiefers bzw. eine dental bedingte Malformation des Zahnbogens verstanden, sowie jede dadurch bedingte Störung in der idealen Okklusion der Zahnbögen des Ober- und Unterkiefers, z.B. vorzeitiger Kontakt beim Zusammenbiss, Elongation, Gleithindernisse.

Unter orofazialen „**Dyskinesien**“ bzw. „**Habits**“ sind neuromuskuläre Fehlfunktionen und dysfunktionale Angewohnheiten im stomatognathen (Mund und Kiefer betreffenden) System zusammengefasst, welche physiologische Wachstumsprozesse stören und damit die Ausbildung einer Dysgnathie oder Malokklusion fördern. Man unterscheidet die primären, verursachenden von den sekundären, adaptiven Dyskinesien. Während eine primäre Fehlfunktion zu Gebissanomalien führen kann, ist es möglich, dass bereits bestehende Anomalien der Zähne oder des Kiefers eine sekundäre Dyskinesie bedingen. Hierzu gehören beispielsweise der Lutschhabit, das Fingernägelkauen, Lippen- und Zungenbeißen, Zungenpressen, Einsaugen von Lippe und Wange, der Mentalishabit, die Mundatmung, eine falsche Zungenlage, Entwicklungsstörungen des Sprechens und der Sprache sowie das persistierende viszerale, infantile Schluckmuster.

3.2 ICD-10 Codes (www.icd-code.de)

- K07.- Dentofaziale Anomalien** [einschließlich fehlerhafter Okklusion]
- K07.0 Stärkere Anomalien der Kiefergröße**
Hyperplasie, Hypoplasie: mandibulär; Hyperplasie, Hypoplasie: maxillär; Makrognathie (mandibulär) (maxillär); Mikrognathie (mandibulär) (maxillär)
- K07.1 Anomalien des Kiefer-Schädelbasis-Verhältnisses**
Asymmetrie des Kiefers, Prognathie (mandibulär) (maxillär), Retrognathie (mandibulär) (maxillär)
- K07.2 Anomalien des Zahnbogenverhältnisses**

Distalbiss, Kreuzbiss (vorderer) (hinterer), Mesialbiss, Offener Biss (anterior) (posterior), Posteriore linguale Okklusion der, Unterkieferzähne, Sagittale Frontzahnstufe, Überbiss (übermäßig): horizontal, Überbiss (übermäßig): tief, Überbiss (übermäßig): vertikal, Verschiebung der Mittellinie des Zahnbogens

K07.3 Zahnstellungsanomalien

Diastema Zahn oder Zähne, Engstand Zahn oder Zähne, Lückenbildung, abnorm Zahn oder Zähne, Rotation Zahn oder Zähne, Transposition Zahn oder Zähne, Verlagerung Zahn oder Zähne, Impaktierte oder retinierte Zähne mit abnormer Stellung derselben oder der benachbarten Zähne

K07.4 Fehlerhafte Okklusion, nicht näher bezeichnet

K07.5 Funktionelle dentofaziale Anomalien

Abnormer Kieferschluss, Fehlerhafte Okklusion durch: abnormen Schluckakt, Fehlerhafte Okklusion durch: Mundatmung, Fehlerhafte Okklusion durch: Zungen-, Lippen- oder Fingerlutschgewohnheiten

3.3 Bedeutung der Diagnostik für die Therapieplanung

Eine präzise Diagnose und Indikationsstellung ist essenziell für eine erfolgreiche kieferorthopädische Therapie, da sie die Grundlage für eine individuell abgestimmte Behandlungsplanung bildet. Diese umfasst die Festlegung des optimalen Therapiebeginns, die Wahl geeigneter Apparaturen und die Erstellung realistischer Prognosen (Kraft et al. 2012). Insbesondere komplexe Befunde wie retinierte Frontzähne oder Kraniosynostosen erfordern eine differenzierte Diagnostik auf Basis klinischer, radiologischer und anamnestischer Daten, um die jeweilige Behandlung gezielt anzupassen (Seehra et al. 2018; Meazzini et al. 2021). Neben der Beurteilung dento-alveolärer und skelettaler Strukturen sind auch das Reifestadium und individuelle Faktoren wie Habits, Grunderkrankungen oder die Patientenmitarbeit für die Therapieplanung von Bedeutung (Harzer 2011; Klaus et al. 2017). Stabilitätsfaktoren wie beispielsweise die interkanine Distanz oder die Frontzahnstellung spielen eine entscheidende Rolle bei der Rezidivprophylaxe (Rudzki et al. 2018).

Eine umfassende diagnostische Erfassung berücksichtigt sowohl kieferorthopädische Befunde wie Dysgnathien, Malokklusionen und orofaziale Dysfunktionen als auch systemische und parodontale Aspekte (Little 1975; Korbmacher und Kahl-Nieke 2001; Bock et al. 2005; Harzer 2011; Herrera et al. 2022; Wiedemeyer und Kirschneck 2024). Hierbei ergänzen sich statische Methoden wie Röntgenbilder oder Modelle und dynamische klinische Untersuchungen, die auch im Behandlungsverlauf durchgeführt werden, um die Wirksamkeit der Therapie zu beurteilen (Mucha 2018; Sondejker et al. 2020). Die diagnostischen Verfahren und deren Umfang richten sich nach der individuellen Indikation. Standardmäßig gehören dazu Anamnese, klinische Untersuchungen, Modellanalysen und radiologische Basisverfahren. In spezifischen Fällen können weiterführende diagnostische Maßnahmen wie digitale Volumentomographie oder Magnetresonanztomographie erforderlich sein (Grauwe et al. 2019; Schulze 2022). Ziel ist es, durch eine individualisierte Diagnostik und Therapieplanung eine präzise Differentialdiagnose zu ermöglichen und eine möglichst effektive, effiziente, vorhersagbare, stabile und nebenwirkungsarme Behandlung sicherzustellen. Moderne

Ansätze wie KI-gestützte Analysen tragen zur Etablierung einer personalisierten Kieferorthopädie bei, die auf die spezifischen Bedürfnisse jedes Patienten abgestimmt ist (Kapila et al. 2023).

4 Diagnostische Verfahren in der Kieferorthopädie

4.1 Anamnese und Allgemeinbefund

Die Anamnese ist das professionelle Erfragen von potenziell medizinisch relevanten Informationen. Dabei antwortet entweder der Patient selbst (Eigenanamnese) oder eine dritte Person (Fremdanamnese). Ziel ist dabei meist die **Erfassung der Krankengeschichte bzw. Vorgeschichte** eines Patienten im Rahmen einer aktuellen Erkrankung (krankheitsspezifischer Informationsgewinn). Anhand der anamnestischen Befunde können Risikofaktoren aufgedeckt, Differenzialdiagnosen eingeschränkt und erste Schlussfolgerungen über die Ursachen der Anomalie (endogen/exogen) gezogen werden, welche den Zeitpunkt des Behandlungsbeginns und die therapeutischen Möglichkeiten beeinflussen. Die Anamnese wird in der Regel mittels eines **strukturierten Fragebogens** erhoben sowie im **persönlichen Gespräch mit den Eltern bzw. dem Patienten** gezieltes Nachfragen ergänzt und verifiziert. Neben allgemeinen demografischen Angaben werden patientenindividuell ggf. der Zahnarzt und weitere behandelnde Ärzte eingebunden (Rücksprache Gesamtkonzept, Recall, Zahnreinigung, konservierend-prothetische Vor-/ Nachversorgung etc., Versand eines Arztbriefes mit Diagnose und Therapie). Die anamnestische Befragung untergliedert sich oft in zwei Abschnitte: die Familienanamnese und die individuelle Anamnese.

Die **Familienanamnese** gibt eine gewisse Orientierung über das familiär gehäufte Auftreten bestimmter Dysgnathien und anderer kieferorthopädisch relevanter Besonderheiten bei Eltern (Vater/Mutter), Geschwistern und Blutsverwandten. Neben der allgemeinen Frage, ob familiäre Kieferanomalien bekannt sind oder bereits Familienmitglieder in kieferorthopädischer Behandlung sind oder waren, wird gezielt nach relevanten kieferorthopädischen Anomalien gefragt, um die genetisch-erbliche Belastung einschätzen zu können, sowie auch nach familiär auftretenden Dyskinesien und Habits (Möglichkeit der familiären Imitation/Nachahmung). Die **individuelle Anamnese** (allgemeine und spezielle kieferorthopädische Anamnese) liefert für die kieferorthopädische Therapie relevante Informationen aus der (zahn)medizinischen Krankengeschichte des Patienten (Kirschneck 2024) und umfasst je nach Patientensituation häufig folgende Aspekte:

- Anlass zur kieferorthopädischen Behandlung
- (prä)natale Anamnese, Säuglings- und Kleinkindalter (v.a. bei LKG-Spalten)
- Habits und Dyskinesien
- frühere (zahn)ärztliche Eingriffe und Traumata
- Allgemein-, Infektions- und Stoffwechselerkrankungen
- exogene Einflüsse und Noxen (u.a. Nikotin/Tabakkonsum, Schwangerschaft, Medikation)
- kieferorthopädische Vorbehandlung

Der **Allgemeinbefund** dient zur orientierenden Beschreibung der körperlichen und geistigen Entwicklung. Ziel der Erstellung eines Allgemeinbefundes ist die Feststellung allgemeiner

Fehlentwicklungen, um rechtzeitig eine fachärztliche Untersuchung veranlassen zu können (Pädiatrie, Orthopädie, HNO-Heilkunde, Psychiatrie, Dermatologie, Humangenetik) (Kirschneck 2024). Zudem geben die allgemeine körperliche und geistige Entwicklung und das Verhalten Aufschluss bezüglich der kieferorthopädischen Behandlungsmöglichkeit und Patientenmitarbeit. Der Allgemeinbefund wird mittels visueller Inspektion sowie indikationsbezogen ggf. ergänzt durch gezielte Messungen (z.B. Körpergröße) erhoben in Kombination mit einem persönlichen Gespräch zwischen Behandler/-in und Patient/-in bzw. auch den Eltern.

4.2 Klinisch-extraorale Untersuchung und Fotoanalyse (Profil und En-face)

Der klinisch-extraorale Befund wird in der Regel fotografisch dokumentiert; häufig umfasst dies eine Auswertung einer En-face-Aufnahme (von vorne), Lachaufnahme (von vorne, lachend) und Profilaufnahme (von der Seite), ggf. ergänzt durch weitere Aufnahmen, z.B. von vorne schräg-lateral sowie auch dreidimensionale Aufnahmen (Gesichtsscan) zur Beurteilung der Gesichtsästhetik. Die Fotoanalyse, ergänzt um eine visuell-klinische extraorale Inspektion, ist Bestandteil der kieferorthopädischen Basisdiagnostik zu Beginn, während (Verlaufskontrolle, ggf. Therapieänderung) und am Ende einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- und Spätbehandlung und bildet häufig die klinisch-kephalometrische Ergänzung zur Fernröntgenanalyse. Die extraorale Untersuchung bzw. die Fotoanalyse werden unterstützend eingesetzt, um Dysgnathien mit Auswirkungen auf die Weichgewebe zu erkennen, das Weichteil- und Lippenprofil zu beurteilen sowie Hinweise auf den für die Dysgnathie ursächlichen Kiefer bei sagittalen, transversalen bzw. vertikalen Anomalien zu erhalten. Die Fotoaufnahmen ermöglichen insbesondere dann eine longitudinale Betrachtung, wenn diese möglichst reproduzierbar bei ähnlichen Abbildungsmaßstäben erstellt werden. Es eignet sich ein neutraler Fotohintergrund mit möglichst definiertem Abstand von Patient und Fotograf bei guten Lichtverhältnissen bzw. unter Nutzung geeigneter Fototechnik.

Typischerweise dient die Fotoanalyse der Erfassung/Dokumentation verschiedener **Parameter**; diese können je nach Patientensituation sein:

- Schädelform / Gesichtsform / Gesichtsproportionen
- Asymmetrien
- Lippenschluss
- Lippenform und -struktur
- Relation Lippen-Schneidezähne (Lippen- bzw. Lachlinie)
- Bukkalridor
- Relation Okklusionsebene – Gesicht/Bipupillarlinie
- Profil einschl. Lippenprofil / Nasenprofil

4.3 Klinisch-intraorale Untersuchung und Mundhygieneevaluation

Die klinisch-intraorale Untersuchung und Mundhygieneevaluation dient – ergänzend zur Modellanalyse – der **Beurteilung des kieferorthopädisch-dentalen Befundes** bezüglich der vorliegenden kieferorthopädischen Anomalien sowie zur **Einschätzung der Rahmenbedingungen** für eine kieferorthopädische Therapie, d.h. ob diese basierend auf der bestehenden Zahn- und

Mundgesundheit und Mundhygiene (Patientenmitarbeit) im geplanten und indizierten Rahmen möglich und sinnvoll ist. Der intraorale Befund ist ein Bestandteil der kieferorthopädischen Basisdiagnostik zu Beginn, während (Verlaufskontrolle, ggf. Therapieänderung) und am Ende einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- und Spätbehandlung. Er wird im Verlauf ergänzt bzw. verändert.

Zur Erhebung des intraoralen Befundes dient eine **visuelle Inspektion der Mundhöhle**. Zur Dokumentation des Behandlungsverlaufes ist v.a. zu Therapiebeginn und -ende die Aufnahme eines **intraoralen Fotostatus in habitueller Okklusion** sinnvoll. Zur Beurteilung des Dentitionsstandes und des Vorliegens von Anomalien der Zahnzahl wird ein **Zahnappell** erhoben, d. h. die vorhandenen und im Durchbruch befindlichen Milch- und bleibenden Zähne werden in einem entsprechenden Zahnschema dokumentiert (Zahnstatus). Auffälligkeiten werden zahnbezogen notiert, insbesondere Anomalien der Zahnzahl, Anomalien des Zahndurchbruchs, Traumafolgen, Hartschmelzdefekte, konservierend-prothetische Versorgungen. Sofern indiziert, sind Zahnstatus und Zahnappell radiologisch zu prüfen.

Der intraorale kieferorthopädisch-dentale Befund (vgl. Kapitel 3.4.5 Modellanalyse) dient der Beurteilung von Art und Ausmaß der vorliegenden kieferorthopädischen Anomalien, v. a. zum **initialen Screening** und **therapiebegleitend zur Erfassung von erreichten Korrekturen** und ggf. zur rechtzeitigen Erkennung von Nebenwirkungen im Sinne einer fortlaufenden Diagnostik. Auffälligkeiten werden zahn- und kieferbezogen (Ober-/Unterkiefer) notiert.

Weitere Bestandteile der klinischen intraoralen Untersuchung sind je nach Patientensituation:

- Beurteilung der Mundhygiene und Kariesneigung
- Morphologie und Biotyp der Gingiva
- Rezessionen
- Orientierende parodontale Beurteilung
- Orale Restriktionen (u.a. verkürzte Zungen-/Lippen-/Wangenbändchen)
- Impressionen an Zungenrand bzw. Wange
- Pathologische Schleimhautveränderungen
- Apikale Basis des Ober- und Unterkiefers (sagittal / transversal)
- Tonsillae palatinae (Morphologie/ Pathologie)
- Beurteilung der oralen Ästhetik (Zahnmorphologie, -breitenverhältnis, -achsen, Gingiva- und Schneidekantenverlauf, proximale Kontaktpunktsituation)
- Orofaziale Dysfunktionen und Habits

Orofaziale Funktionen und Dysfunktionen wie die Mundhaltung (physiologisch geschlossen versus pathologisch offen), die Zungenruhelage (physiologisch am Gaumen ruhend versus pathologisch kaudal oder interdental) und das Schluckmuster (physiologisch somatisch versus pathologisch viszeral/interdental) beeinflussen das Gleichgewicht zwischen perioraler und oraler Muskulatur sowie die Zahnstellung und dentofaziale Entwicklung. Für die Kieferorthopädie sind Dysfunktionen der Zungen-, Lippen-, Wangen- und Kaumuskulatur zudem von Relevanz, da diese bei Nichtbeachtung bestimmte dentale und auch skelettale kieferorthopädische Korrekturen erschweren können bzw. nach einer erfolgreichen kieferorthopädischen Korrektur ein Rezidiv verursachen können oder einen

prädisponierenden Faktor für unerwünschte Nebenwirkungen (z. B. Jiggling – Wurzelresorptionen) darstellen.

Die **funktionelle Untersuchung orofazialer Dysfunktionen und Habits** umfasst Fehlfunktionen des äußeren (Lippen, Wangen, mimische Muskulatur) und des inneren Funktionskreises (Zunge, Rachen- und Unterzungmuskulatur), die physiologisch im Kräftegleichgewicht stehen. Ebenso ermöglicht sie die Detektion von Habits (Lutschhabit, Lippen-, Zungen-, Wangenpressen/-saugen/-beißen, Mundatmung, viszerale Schluckmuster, Sprechstörungen), sowie von transversalen und sagittalen Zwangsbissen, ggf. auch von Bruxismus. Im Rahmen einer präventionsorientierten Kieferorthopädie erlaubt die funktionelle Untersuchung orofazialer Dysfunktionen und Habits eine frühzeitige Erkennung von Faktoren, die das kraniofaziale Wachstum und die Dentitionsentwicklung negativ beeinträchtigen können, mit dem Ziel einer frühzeitigen funktionellen Harmonisierung.

4.4 CMD-Screening

Kraniomandibuläre Dysfunktionen (CMD) stellen ein komplexes, durch Funktionsstörungen des Kausystems charakterisiertes Krankheitsbild dar. Betroffen sein können Muskeln, Kiefergelenke, das nervale sowie stomatognathe System. Das Krankheitsbild manifestiert sich durch Schmerzen, Kiefergelenkgeräusche, Funktionseinschränkungen wie eine eingeschränkte Mundöffnung und manchmal weitere Beschwerden, die über das Kausystem hinausgehen. Die Ursachen für kranio-mandibuläre Dysfunktionen sind multifaktoriell (Horswell und Sheikh 2018; American Academy of Orofacial Pain 2023), daher ist eine Vorhersage, welche Patienten diese entwickeln werden, nahezu unmöglich. Es wurde jedoch gezeigt, dass CMD-Schmerzen im Jugendalter das Risiko für CMD-Schmerzen im jungen Erwachsenenalter um das Dreifache erhöhen (Nilsson und List 2020).

Eine Reihe von Faktoren, die zur **Entstehung von kranio-mandibulären Dysfunktionen** beitragen, wurden bereits identifiziert. Diese umfassen:

- *Traumatische Einwirkungen*, etwa hervorgerufen durch Unfälle, die Schäden am Kausystem verursachen und zu CMD-Symptomen führen (Greco et al. 1997; Imahara et al. 2008; Leuin et al. 2011; Bae und Aronovich 2018).
- *Parafunktionen wie Zähneknirschen und Kieferpressen*, die das Kausystem belasten und zu Veränderungen der Kiefergelenke führen können (Baad-Hansen et al. 2019; Manfredini und Lobbezoo 2021; Manfredini et al. 2022; Mortazavi et al. 2023; American Academy of Sleep Medicine 2023; Orradre-Burusco et al. 2023).
- *Skelettale und okklusale Faktoren* haben eher geringe Assoziationen mit CMD und kieferorthopädische Behandlungen sind als irreversible Maßnahmen in der Regel keine First-Line-Therapie für CMD (Kim et al. 2002; Magnusson et al. 2005; Türp und Schindler 2012; Manfredini et al. 2016 ; Kirschneck und Proff 2017; Manfredini et al. 2017; Jimenez-Silva et al. 2018; Lai et al. 2020; Michelotti et al. 2020).
- *Stress, Angst und psychosoziale Belastungen* erhöhen das Risiko für CMD. Da emotionale Belastungen ebenfalls prädiktiv für Parafunktionen wie Schlafbruxismus sind, besteht hier ein indirekter Zusammenhang mit dem CMD-Risiko (Karibe et al. 2012; De Luca Canto et al. 2015; de Paiva Bertoli et al. 2018; Song et al. 2018; Lee et al. 2019; Al-Khotani et al. 2021).

- *Entzündungsmediatoren und genetische Variationen*, die an der Schmerzverarbeitung beteiligt sind, können das Risiko für CMD erhöhen. Die genaue Rolle hormoneller Einflüsse, insbesondere von Östrogen, bleibt bisher aber unklar (Carvalho Soares et al. 2020; Shrivastava et al. 2021; Minervini et al. 2023; Alam et al. 2024; Ekici und Arian Soylemez 2024).

Bisher ist zudem wissenschaftlicher Konsens, dass eine **kieferorthopädische Behandlung**, unabhängig ob sie mit oder ohne Zahnextraktionen erfolgt und welche Apparaturen verwendet werden, **keinen Risikofaktor für die Entstehung einer CMD** darstellt (Kirschneck und Proff 2017). Ebenso gibt es keine Hinweise, dass kieferorthopädische Maßnahmen den Verlauf einer CMD beeinflussen, auch wenn im Einzelfall kieferorthopädische Maßnahmen, z.B. die Auflösung eines Zwangsbisses im Rahmen eines umfassenden Therapiekonzeptes, sinnvoll sein können (Imhoff et al. 2022).

4.5 Modellanalyse von Situationsmodellen

Dreidimensionale Kiefermodelle stellen einen Bestandteil der kieferorthopädischen Basisdiagnostik bei Patienten der Früh-, Regel- und Spätbehandlung dar und dienen der Erhebung eines **dreidimensionalen Gebissbefundes** einschließlich der metrischen Vermessung von Zahnbreiten und Zahnbögen zur **Platzanalyse im Zahnbogen** (Erfassung von Zahneng- und -lückenständen). Ihre Analyse ist nicht nur für die prätherapeutische Diagnostik und Therapieplanung (Konstantonis et al. 2013), sondern ebenso für die Verlaufskontrolle relevant (Francisconi et al. 2014). Neben konventionellen getrimmten Gipsmodellen stehen auch per Intraoralscan oder Modelldigitalisierung erstellte digitale Modelle zur Verfügung (Kardach et al. 2023).

Mithilfe der Kiefermodelle erfolgt eine **strukturierte Analyse in allen drei Raumebenen** (transversal, vertikal, sagittal), separat für den Ober- und Unterkiefer sowie für die Okklusion. Besonders relevant im Rahmen der Modellanalyse sind die Beurteilung der Zahnbreiten und Zahnbreitenrelationen von Ober- und Unterkiefer, das Schätzen/ die Prognose der Platzverhältnisse im Zahnbogen, die transversale Kongruenz der Zahnbögen (Beurteilung der Breitenrelation der Zahnbögen), die Erfassung von Einzelzahnabweichungen/ Zahngruppen, sowie die exakte Erfassung der Okklusion und der Bisslage.

Zur Platzanalyse im Zahnbogen erfolgt eine Bestimmung der mesio-distalen Breiten aller permanenten Zähne (Kardach et al. 2023) und dem auf dem knöchernen Alveolarfortsatz verfügbaren Platz (Idealbogen) zur Beurteilung von **Platzüberschüssen** oder einem **Platzmangel** im Zahnbogen. Aufgrund der großen interindividuellen Streuung der Größe des Zahnmaterials und Asymmetrien kontralateraler Zähne (Normando et al. 2016; Al-Khateeb und Abu Alhaija 2006; Ballard 1944) ist jede Zahnbreite einzeln zu analysieren (Nötzel und Schultz 2009). Bei bereits vorhandenen permanenten Zähnen können Zahnbreiten direkt gemessen und darüber der Gesamt-Platzbedarf analysiert werden. Im Wechselgebiss gibt es verschiedene etablierte Prognosemodelle zur Abschätzung der zu erwartenden Platzverhältnisse (Berendonk 1965; Moyers 1988; Tanaka und Johnston 1974).

Ausgehend von der Vermessung der Zahnbreiten wird zudem die Zahnbreitenrelation zwischen korrespondierendem Zahnmaterial im Ober- und Unterkiefer beurteilt (Tonn-/ Bolton-Diskrepanz) (Bolton 1958; Tonn 1937), da Abweichungen in Fehlstellungen von Zähnen, Diskrepanzen der

Platzbilanz oder Okklusionsabweichungen resultieren (Rakosi und Jonas 1980; Nötzel und Schultz 2009). Die Befundung von **Zahnbreiten-Diskrepanzen** ist von grundlegender Bedeutung für die Therapieplanung von Maßnahmen der Platzbeschaffung oder des Lückenmanagements (Bolton 1962; Rakosi und Jonas 1980; Nötzel und Schultz 2009; Lapenaite und Lopatiene 2014).

Unabdingbar ist die Differentialdiagnostik zwischen transversalen und sagittalen Abweichungen, um die Therapie in der korrekten Ebene einzuleiten. Die **anteriore und posteriore Zahnbogenbreite** wird zwischen Ober- und Unterkiefer verglichen, um transversale Asymmetrien und Anomalien hinsichtlich eines zu breiten oder zu schmalen Kiefers zu diagnostizieren (Kahl-Nieke 2010). Darüber hinaus werden die transversalen Dimensionen des dentalen Bogens der apikalen Basis gegenübergestellt, um differentialtherapeutisch zwischen transversal-skelettalen bzw. transversal-dentoalveolären Maßnahmen zu entscheiden (Rasmussen und Viozzi 2020). Auch bei der Entscheidung über die Extraktionsnotwendigkeit ist die Analyse der apikalen Basis von Bedeutung (Rakosi und Jonas 1980).

Neben der metrischen Analyse erfolgt **eine visuelle Beurteilung der einzelnen Zahnfehlstellungen und der Okklusion in allen drei Raumebenen** (Rakosi und Jonas 1980). Analog wird die Okklusion im Front- und Seitenzahngebiet sagittal (Overjet, Bissstellung im Molaren- und Eckzahnbereich), transversal (uni-/bilateraler Kreuz-, Kopfbiss, bukkale oder linguale Nonokklusion, mandibuläre Mittellinienverschiebung) und vertikal (Overbite, seitlich offener Biss, Spee-Kurve) beurteilt.

Alle analysierten Parameter sind zusammenfassend zu bewerten, um eine individuell optimale Therapieentscheidung treffen zu können. Im Rahmen einer **Zwischendiagnostik** ermöglicht die dreidimensionale Modellanalyse eine Therapieverlaufskontrolle sowie eine Reevaluation von Wachstumsprozessen einschließlich des Zahnwechsels bei Patienten der Früh- und Regelbehandlung. Nach Abschluss einer aktiven kieferorthopädischen Behandlung unterstützt die dreidimensionale Modellanalyse die Evaluation des erreichten Behandlungsergebnisses sowie bei Patienten der Regel- und Spätbehandlung die Planung von Retentionsmaßnahmen.

4.6 Radiologische Basisdiagnostik

Röntgenaufnahmen im Kontext der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapieplanung bedürfen einer **rechtfertigenden Indikation**, um die Strahlenbelastung auf ein Minimum zu reduzieren (as low as reasonably achievable: ALARA) (European Commission, Directorate-General for Energy and Transport 2004; Stervik et al. 2024). Auch wenn die durch Standardaufnahmen hervorgerufene Strahlenexposition gering ist (Hennig et al. 2023), wird das Risiko gesundheitlicher Auswirkungen bei Kindern und Jugendlichen höher eingeschätzt (European Commission, Directorate-General for Energy and Transport 2004). Dies ist in der Kieferorthopädie von besonderer Bedeutung, da in der Altersklasse der 8- bis 9-Jährigen in 40 % der Fälle ein kieferorthopädischer Behandlungsbedarf in der DMS VI festgestellt wurde (Kirschneck et al. 2023).

Röntgenaufnahmen liefern in der Kieferorthopädie bei gegebener Indikation einen relevanten Erkenntnisgewinn (Isaacson et al. 2015). Anhand einer radiologischen Bildgebung ist eine **Differentialdiagnostik der Dentition und des Gesichtsschädels** möglich (McNamara, JR 1981; Ngan et al. 1997). Diese dient als Grundlage für die kieferorthopädische Therapieplanung (Atchison et al. 1991;

Han et al. 1991) und Verlaufskontrolle (Nötzel und Schultz 2009; Sondejker et al. 2020) sowie zur individuellen Risikoabschätzung (Kjær 1995; Sambale et al. 2024a).

Zu den häufigsten Aufnahmen zählen das **Orthopantomogramm** (OPG, *Synonym*: Panoramaschichtaufnahme PSA) und das **Fernröntgenseitenbild** (FRS) (Stervik et al. 2024).

Das Orthopantomogramm (OPG) bzw. die Panoramaschichtaufnahme (PSA) ist eine radiologische Bildgebungsmethode und ermöglicht in einer einzigen Aufnahme eine **Gesamtübersicht des Zahnbefundes und der angrenzenden Knochenstrukturen** beider Kiefer mit Kiefergelenken bei relativ geringer Strahlenbelastung. Das OPG stellt eine Übersichtsaufnahme des Kausystems, einschließlich der beiden Kiefer und Kiefergelenke, sowie des nasomaxillären Bereichs dar (Nötzel und Schultz 2009). Im Rahmen einer systematischen Befundung werden neben **Zahnappell und Zahnstatus** verschiedene **anatomische Strukturen und pathologische Veränderungen** beurteilt werden, darunter u.a. (Kirschneck 2024):

- Anomalien der Zahnzahl
- Anlage der Weisheitszähne
- Anomalien der Größe und Form der Zähne
- Zahndurchbruchstörungen (v.a. Verlagerung/Retention)
- Keimlage im Ober- und Unterkiefer
- Traumafolgen
- Hartsubstanzdefekte
- Parodontaler Status
- Konservierend-prothetische Versorgungen
- Recessus und Belüftung der Kieferhöhlen
- Kiefergelenke
- Knochenstruktur und -anomalien
- Unterkiefer-Asymmetrien
- Bestimmung des dentalen Alters eines Patienten (Stadium der Gebissentwicklung)

Das **Fernröntgenseitenbild (FRS)** ist eine laterale radiologische Aufnahme des Schädels („Seitenbild“) mit großem Fokus-Film-Abstand („Fernröntgen“). Das FRS als Teil der kieferorthopädischen Basisdiagnostik dient der Differenzialdiagnostik skelettaler und dentoalveolär bedingter Anomalien, der Therapieplanung, der Dokumentation zu Beginn (als Teil des kieferorthopädischen Befundes) bzw. während der Behandlung (Verlaufskontrolle von Teilergebnissen und des Wachstumsverlaufes, ggf. Therapieänderung). Abgebildet werden das Schädel- bzw. Kieferskelett, die Dentition von Ober- und Unterkiefer sowie das Weichteilprofil. Es ermöglicht in zwei Dimensionen (sagittal und vertikal) u.a. eine Beurteilung von potenziellen Pathologien im Schädelbereich, der Morphologie der Gesichtsschädelstrukturen, des skelettalen Einbaus der Kieferbasen und der vertikalen und sagittalen Strukturmerkmale im Gesichtsschädelbereich, des Wachstumsmusters bzw. des Gesichtsschädelaufbaus, der Frontzahnachsenstellung sowie des Weichteilprofils, ergänzend zur Profilaufnahme (Foto).

Das Fernröntgenseitenbild (FRS) mit entsprechend identifizierten Bezugspunkten und korrespondierenden Referenzlinien bildet die Grundlage der **kephalometrischen Analyse**. Die gängige Methode der kephalometrischen Auswertung besteht in einer manuellen oder digitalen, ggf. auch KI-unterstützten Durchzeichnung mit Identifikation anatomischer, radiologischer oder konstruierter Referenzpunkte und -linien sowie Verlaufskonturen mit Messung von Winkeln und Strecken. Es existieren zahlreiche unterschiedliche Varianten zur kephalometrischen Analyse, welche nach den jeweiligen Begründern benannt sind, z. B. Analyse nach Broadbent, Ricketts, Downs, Tweed, Burstone, Rakosi, Jarabak, Björk, Sassouni, Hasund/ Segner. In der klinisch-kieferorthopädischen Praxis wird meist eine individuelle Kombination verschiedener Analyseverfahren verwendet. Die meisten Analysen beruhen auf einem Vergleich gemessener Winkel und Strecken mit dem jeweiligen Parameter in einem Referenzkollektiv anhand von statistischen Lage- und Streuungsmaßen, d.h. in der Regel Mittelwert und Standardabweichung. Die üblichen Normwerte basieren auf umfangreichen epidemiologischen Untersuchungen an Referenzkollektiven, z.B. kieferorthopädisch unbehandelte Probanden in Regelverzahnung mit definierter ethnischer Zuordnung (Kaukasier). Abweichungen vom Referenzkollektiv nach oben oder unten ab einer bestimmten Standardabweichung vom Mittelwert der Population (Extremwerte) werden je nach Grad der Abweichung als potenziell für die Therapieplanung relevant eingestuft, wobei in der Kieferorthopädie immer die Zusammenschau aller Befunde für die Therapieplanung ausschlaggebend ist. Aufgrund der individuellen natürlichen Variabilität (Gauß-Normalverteilungskurve) ist ein Normwert für das einzelne Individuum jedoch niemals bindend, da auch Abweichungen einzelner Winkel und Strecken vom Populationsmittelwert (Norm) physiologisch sein können, wenn insgesamt eine Harmonie skelettaler, dentaler und der Weichgewebsstrukturen erreicht wird. Dieser Tatsache wird neben einer synoptischen Betrachtung aller Befunde auch durch die Nutzung **fließender Normen** Rechnung getragen, z.B. in der **individualisierten Kephalemetrie** nach Hasund/ Segner sowie durch gezielte Individualisierung der Normwerte einzelner Parameter nach Panagiotidis/ Witt (Panagiotidis und Witt 1977), Paddenbergl/ Kirschneck (Paddenbergl et al. 2023c), Järvinen (Järvinen 1988) etc..

Die FRS-Analyse kann für die **Differenzierung zwischen skelettalen und dentoalveolären Anomalien**, sowie zur Beurteilung des Wachstums und der sagittalen Kieferrelation (Björk 1969; McNamara, JR 1981; Lavergne und Gasson 1982; Rudzki-Janson und Noachtar 1998; Li et al. 2024) hilfreich sein. Die dentale Analyse im FRS liefert Informationen zur Inklinations- und Position der Schneidezähne in Relation zu verschiedenen Schädelbezugsebenen (Zataráin et al. 2016; Li et al. 2024). Diese Information ist von klinischer Relevanz insbesondere bei Anomalien, die eine therapeutische Veränderung im Frontzahnsegment erfordern (Williams 1986; Antonarakis et al. 2017). Darüber hinaus wirkt sich die Inklinations- der Schneidezähne auf die Platzverhältnisse aus (Paddenbergl et al. 2023a; Paddenbergl-Schubert et al. 2024).

4.7 Bildgebende Spezialdiagnostik

Eine spezielle Bildgebung ist dann indiziert, wenn Orthopantomogramm bzw. Fernröntgenseitenbild **nicht genügend Informationen** für eine präzise Diagnose und Therapieplanung liefern.

Zahnfilme können zur Beurteilung einer Einzelzahnproblematik (Ahuja et al. 2017; Doğramaci et al. 2021) sowie zur Beurteilung der parodontalen Situation und von Zahnwurzelresorptionen erforderlich werden (Fiorellini et al. 2021).

Aufbissaufnahmen können ergänzende Informationen zur topografischen Lagebestimmung von Zähnen und benachbarten Strukturen liefern (Taylor und Jones 1995; Jacobs 2000; Isaacson et al. 2015).

Die **digitale Volumentomographie (DVT)** ist eine digitale radiologische Aufnahmetechnik, bei der ein dreidimensionales kegelförmiges Strahlenbündel und ein Flächendetektor verwendet werden, um ein 3D-Volumen des zu untersuchenden Körperteils zu berechnen. Es dient der Therapieplanung bei komplexeren Anomalien/ 3D-Fragestellungen. DVT-Aufnahmen erlauben eine dreidimensionale Analyse der topografischen Lagebeziehung von Zähnen und anatomischen Strukturen (Botticelli et al. 2010). Sie können bei Verlagerungen und Retentionen zur korrekten Therapieplanung in Erwägung gezogen werden (Botticelli et al. 2010; Stoustrup et al. 2024). Technische Weiterentwicklungen ermöglichen eine Reduktion der Strahlenexposition durch die Anfertigung von Low-Dose-DVTs (van Bunningen et al. 2022; Lemberger et al. 2024).

Die Bestimmung des skelettalen Alters bzw. Reife (Entwicklungsstand des Körperskeletts, somatisches Wachstum, Pubertät) erlaubt im Vergleich mit dem chronologischen, tatsächlichen Alter eine Einschätzung bezüglich einer regelrechten, verfrühten (beschleunigtes Wachstum) bzw. verzögerten (Wachstumsretardation) skelettalen Entwicklung. Bei bestimmten therapeutischen Fragestellungen mag die Kenntnis des Wachstumsstandes, besonders hinsichtlich des noch zu erwartenden Restwachstums, relevant für eine korrekte Therapieplanung sein (Kopecky und Fishman 1993; Pavoni et al. 2018). Wenn diese Informationen nicht zuverlässig durch andere Methoden jenseits der Röntgendiagnostik zu erwerben sind, ist daher in Ausnahmefällen eine **Handröntgenaufnahme** indiziert. Die Handröntgenaufnahme ist eine spezielle radiologische Untersuchungsmethode zur Bestimmung des skelettalen Alters bzw. Wachstumsstandes anhand einer Auswertung von Reifestadien in einer Einzelaufnahme der linken Hand, die nicht zur kieferorthopädischen Basisdiagnostik zählt.

Die **Magnetresonanztomographie (MRT)** ist eine nicht-ionisierende Aufnahmetechnik, die unter anderem zur Darstellung weichgewebiger Strukturen geeignet ist und beispielsweise in der Diagnostik der CMD bei Einschränkungen der Mundöffnung oder Schmerzen im Kiefergelenk Anwendung findet (Sang et al. 2024). Darüber hinaus deuten Untersuchungen darauf hin, dass das MRT auch im Zusammenhang mit spezifischen kieferorthopädischen Fragestellungen eine mögliche Bildgebung darstellt, beispielsweise bei der kephalometrischen Analyse oder Beurteilung dentaler Anomalien (Tymofiyeva et al. 2010; Tymofiyeva et al. 2013a; Tymofiyeva et al. 2013b; Juerchott et al. 2020; Srivastav et al. 2024).

5 Therapie

5.1 Anamnese und Allgemeinbefund

Konsensbasierte Empfehlung 1: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung soll prätherapeutisch eine allgemeine und spezielle Anamnese erhoben werden. <u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung sollten die erhaltenen Informationen geprüft und aktualisiert werden. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	
Konsensbasierte Empfehlung 2: (neu/2025)	
<u>Vor</u> Beginn einer kieferorthopädischen Früh- und Regelbehandlung sollte eine Familienanamnese erfolgen. <u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Spätbehandlung sollte eine Familienanamnese vor Therapiebeginn erfolgen, wenn die Informationen für die kieferorthopädische Fragestellung relevant sind. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	
Konsensbasiertes Statement 1: (neu/2025)	
Die Ausprägung von Malokklusionen und Dysgnathien kann durch anamnestisch erfassbare hereditäre und exogene Faktoren beeinflusst werden, welche für die Festlegung des Therapiezeitpunktes, die Wahl der Therapiemittel und die Prognose der Therapie von Bedeutung sind. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Im Rahmen der Anamnese können das Hauptanliegen des Patienten (Felemban et al. 2022), erste Differentialdiagnosen unter Berücksichtigung ätiologischer Faktoren (Seehra et al. 2018), grobe Einschätzungen der skelettalen Entwicklung (Kirschneck und Proff 2018) sowie potenzielle Risikofaktoren für eine kieferorthopädische Behandlung (Mavridou et al. 2017) beurteilt werden. Bei

heranwachsenden Patienten können Entwicklungs- und Wachstumsstörungen sowie deren Gründe und Auswirkungen auf die weitere kraniofaziale Entwicklung im Fokus stehen (Sander 2011). Die allgemeine Anamnese dient der Erfassung von allgemeinmedizinischen Faktoren einschließlich einer bestehenden Medikation (Friedrich et al. 2019; Zymperdikas et al. 2020). Mithilfe der speziellen Anamnese werden mögliche Ereignisse wie Unfälle oder Operationen, die im Zusammenhang mit dem kieferorthopädischen Befund stehen könnten (Mavridou et al. 2017), familienanamnestische Angaben (Stellzig-Eisenhauer et al. 2010) und Habits oder Dysfunktionen (Thüler et al. 1989) erfragt. Insbesondere bei heranwachsenden Patienten ist die Familienanamnese zur Prognose des Therapieerfolgs und noch ausstehender Wachstumsprozesse wichtig (Harris und Kowalksi 1976; Mossey 1999; Santana et al. 2020), während bei Erwachsenen die allgemeine Anamnese mit Angaben zu Medikamenten, bestehenden oder bereits therapierten Erkrankungen und stattgefundenen (zahn)medizinischen Eingriffen zur Erstellung eines individuellen Risikoprofils zu berücksichtigen ist (Singh et al. 2022).

Studientypen: Die Erkenntnisse zur Anamnese beruhen auf zwei narrativen (Bartzela 2017; Singh et al. 2022) und fünf systematischen Reviews (Santana et al. 2020; Zymperdikas et al. 2020; Dos Santos, Cibelle Cristina Oliveira et al. 2021; Adriano et al. 2023). Des Weiteren wurden zur Bewertung vier Querschnittstudien (Thüler et al. 1989; Mavridou et al. 2017; Felemban et al. 2022; Lin et al. 2023), zwei Fallberichte (Mori et al. 2017; Friedrich et al. 2019) und zwei Fall-Kontroll-Studien (McNab et al. 1999; Stellzig-Eisenhauer et al. 2010) herangezogen. Auch zwei Übersichtsarbeiten (Hausser 1953; Korczeniewska et al. 2024) sowie eine Stellungnahme der österreichischen Gesellschaft für Kieferorthopädie (Wendl et al. 2015) und Auszüge einer Leitlinie der British Orthodontic Society (Seehra et al. 2018) wurden evaluiert.

Population: Zur Bewertung der verfügbaren Evidenz zum Thema Anamnese in der Kieferorthopädie wurden grundsätzlich Patienten aller Altersgruppen berücksichtigt, sodass sowohl heranwachsende (Thüler et al. 1989), als auch erwachsene Patienten (Singh et al. 2022) untersucht wurden. Einige Studien basieren auf Untersuchungen an Patienten mit Syndromen (Bartzela 2017), kraniofazialen Anomalien (Mori et al. 2017), Asthma (McNab et al. 1999) oder Patienten mit Allergien (Bresolin et al. 1983), andere auf kieferorthopädischen Patienten, die Medikamente wie Bisphosphonate (Friedrich et al. 2019; Zymperdikas et al. 2020) einnahmen. Des Weiteren wurden Patienten mit bestimmten Anomalien wie dem lutschoffenen Biss (Adriano et al. 2023), retinierten Frontzähnen (Seehra et al. 2018), einem Deckbiss (Hausser 1953), non-syndromaler Primary Failure of Eruption (Stellzig-Eisenhauer et al. 2010) oder externen zervikalen Wurzelresorptionen (Mavridou et al. 2017) evaluiert. Hereditäre Faktoren wurden an Zwillingen erforscht (Santana et al. 2020; Lin et al. 2023).

Intervention: Zur Klärung der Fragestellung nach der Bedeutung der allgemeinen und speziellen Anamnese für die kieferorthopädische Diagnostik und Therapieplanung wurden genetische Analysen oder Krankheitsdiagnosen entsprechenden klinischen Situationen gegenübergestellt (Bartzela 2017; Stellzig-Eisenhauer et al. 2010; Mori et al. 2017). Weiterhin wurden Parameter der Modellanalyse (Santana et al. 2020; Lin et al. 2023), der klinischen Untersuchung (Bresolin et al. 1983; Mavridou et al. 2017) oder von Röntgenbildern (McNab et al. 1999; Mavridou et al. 2017; Zymperdikas et al. 2020) berücksichtigt. In anderen Studien wurden bestimmte Medikamente (Friedrich et al. 2019) oder kieferorthopädische Apparaturen (Wendl et al. 2015) untersucht. Auch Patientenfragebögen zur

Behandlungsmotivation (Felemban et al. 2022) oder anamnestische Angaben zu orofazialen Dysfunktionen (Thüler et al. 1989) oder vorangegangenen Unfällen (Mavridou et al. 2017) wurden als Intervention berücksichtigt. Ebenso wurde das Abstellen eines Lutschhabits als Intervention gewertet (Adriano et al. 2023).

Outcomes: Die im Zusammenhang mit der kieferorthopädischen Anamnese berücksichtigten Outcomes waren sowohl klinische und/ oder röntgenologische Behandlungsergebnisse (Mori et al. 2017; Friedrich et al. 2019; Zymperdikis et al. 2020; Adriano et al. 2023) als auch klinische Phänotypen (Bartzela 2017; Mori et al. 2017) und der genetische Hintergrund bestimmter Erkrankungen (Bartzela 2017; Stellzig-Eisenhauer et al. 2010). Anhand von Röntgenbildern wurde das Auftreten von Wurzelresorptionen beurteilt (McNab et al. 1999; Mavridou et al. 2017; Dos Santos, Cibelle Cristina Oliveira et al. 2021). Modelle dienten der Bestimmung intra- und intermaxillärer Variablen wie dem Overjet, Overbite sowie der interkaninen und intermolaren Breite (Santana et al. 2020; Lin et al. 2023). Eine weitere Zielgröße war das Erfassen von Gründen zur Behandlungsmotivation von Patienten (Felemban et al. 2022). Die Freisetzung von Schwermetallen durch bestimmte Apparaturen wurde ebenfalls als Zielgröße berücksichtigt (Wendl et al. 2015).

Bewertung: Die *allgemeine Anamnese* dient der Feststellung allgemeinmedizinischer Erkrankungen, entsprechender Medikationen und anderer systemisch wirksamer Faktoren, welche die kieferorthopädische Behandlung einschließlich unerwünschter Nebenwirkungen beeinflussen können. Sie ist insbesondere bei Patienten vor bzw. in kieferorthopädischer Spätbehandlung von großer Bedeutung (Singh et al. 2022). Beispielsweise können Bisphosphonate zu verzögerten orthodontischen Bewegungen führen und daraus „eingeschränkte“ Therapieergebnisse resultieren (Friedrich et al. 2019; Zymperdikis et al. 2020). Die Kenntnis über vorliegende Allergien hat Bedeutung, um mögliche Reaktionen auf kieferorthopädische Apparaturen zu verhindern (Wendl et al. 2015). Das Vorliegen von Syndromen deutet auf den Bedarf einer frühen, interdisziplinären Therapie zur Harmonisierung von Störungen der kraniofazialen und dentalen Entwicklung hin. Jedoch ist eine präzise Diagnose einer syndromalen Erkrankung häufig aufgrund einer verzögerten Entwicklung erst im jungen Erwachsenenalter möglich (Bartzela 2017). Bei Patienten mit gestörtem Knorpel-/ Knochenwachstum wie der Achondroplasie sind charakteristische Mittelgesichtshypoplasien zu erwarten, die bei rechtzeitiger Intervention kieferorthopädisch korrigiert werden können (Mori et al. 2017).

Die *spezielle Anamnese* dient dem Aufdecken aller im Zusammenhang mit dem kieferorthopädischen Befund stehenden Informationen. Zunächst wird jedoch das Hauptanliegen (Motivation) des Patienten erörtert (Felemban et al. 2022), welches Hinweise auf dessen Bereitschaft zur Mitarbeit gibt. Diese wird auch durch die geistige und körperliche Entwicklung beeinflusst und wirkt sich insbesondere bei jungen Patienten auf Art und Zeitpunkt einer Therapie aus.

Dysgnathien und Malokklusionen sind das Resultat einer multifaktoriellen, häufig kombiniert endogen-exogenen Ätiologie. Insbesondere bei Patienten vor bzw. in einer Früh- und Regelbehandlung kommt der Aufdeckung ätiologischer Faktoren für eine Störung der Gesichts- und/ oder Gebissentwicklung im Rahmen der speziellen Anamnese eine große Bedeutung zu. Dennoch ist es vor allem bei Patienten vor einer Früh- und Regelbehandlung hilfreich, hereditäre Faktoren auch im Rahmen der Familienanamnese zu erfassen, um so den Behandlungserfolg (Korczeniewska et al. 2024), aber auch wachstumsmodifizierende Veränderungen der vorliegenden Befunde abschätzen zu können (Hausser

1953; Santana et al. 2020; Lin et al. 2023). Beispielsweise ist bei diagnostizierter primärer Durchbruchsstörung („primary failure of eruption“) ggf. von orthodontischen Zahnbewegungen und unnötigen Behandlungen mit unerwünschten Nebenwirkungen abzusehen (Stellzig-Eisenhauer et al. 2010). Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Frage nach bereits erfolgten kieferorthopädischen Behandlungen anderer Familienmitglieder.

Die Prognose von Gebissanomalien, die durch exogene Faktoren hervorgerufen werden, ist meist günstiger einzuschätzen. So ist es unter Umständen möglich, dass das alleinige Abstellen eines bestehenden Lutschhabits zur Korrektur eines anterior offenen Bisses führt (Adriano et al. 2023). Dies erfordert jedoch primär dessen Identifikation auch im Rahmen anamnestischer Angaben (Thüler et al. 1989). Die Frage nach vorangegangenen Verletzungen im Kopf- und Halsbereich ermöglicht es, Hinweise auf eine verzögerte oder dysmorphe Entwicklung in den betroffenen Regionen zu geben (Seehra et al. 2018). Ebenso gilt ein vorangegangenes Trauma unter Umständen als prädisponierender Faktor für das Risiko von Wurzelresorptionen (Mavridou et al. 2017). Solche Traumata erfordern anschließend eine präzise klinische Untersuchung, um die Erhaltungswürdigkeit von Zähnen, parodontale Zustände sowie Funktionsmuster zu beurteilen.

Es ist festzuhalten, dass die allgemeine und spezielle Anamnese einen unverzichtbaren Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapieplanung darstellen die vor der Behandlung zu erstellen, jedoch auch im Verlauf zu aktualisieren ist, um unerwünschten Nebenwirkungen vorzubeugen und die Prognose des Therapieerfolgs zu optimieren. In Abhängigkeit der hier dokumentierten Befunde können weitere diagnostische Maßnahmen indiziert sein.

5.2 Klinisch-extraorale Untersuchung und Fotoanalyse

Konsensbasierte Empfehlung 3: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung soll eine visuelle Inspektion von extraoral sowie eine Fotoanalyse in der Norma frontalis (En-face, Lachaufnahme) und Norma lateralis (Profil) erfolgen. <u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung sollte die visuelle Inspektion von extraoral sowie die Fotoanalyse zur Kontrolle des Therapieverlaufs, zur Planung weiterer Behandlungsaufgaben und zur rechtzeitigen Erkennung von unerwünschten Nebenwirkungen (Auswirkungen auf das Weichteil- und Lippenprofil) wiederholt werden. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasiertes Statement 2: (neu/2025)	
Zur extraoralen Diagnostik sind die aktuellen telemedizinischen Möglichkeiten allein nicht ausreichend zuverlässig und können die (zahn-)ärztliche Untersuchung vor und während einer kieferorthopädischen Therapie nicht ersetzen.	starker Konsens
Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

Einführung: Anhand der klinischen Untersuchung von extraoral und der Fotoanalyse erfolgt eine systematische und objektive Beurteilung der Morphologie des Gesichtsschädels sowie der umgebenden Strukturen. Auf diese Weise werden Asymmetrien detektiert (Bishara et al. 1994), das Profil, die Form und die Proportionen des Gesichts beurteilt, sowie Informationen zur Lippenfunktion und -relation zu den Zähnen gewonnen (Rudzki et al. 2018). Dies erlaubt eine Einschätzung über das Vorhandensein von pathologischen skelettalen Entwicklungen in der Kopf-, Hals- und Gesichtsregion und dem korrespondierenden Weichgewebsprofil. Zur Differentialdiagnostik ist jedoch eine Ergänzung um dynamische Befunde der Funktionsanalyse sowie ggf. um kephalometrische Messungen sinnvoll (Rudzki et al. 2018). In einigen Fällen ergibt sich hieraus die weiterführende Diagnostik, wie bei starken Asymmetrien und bei Verdacht auf skelettale Pathologien (z.B. Kondylushypo-/ hyperplasie). Extraorale Befunde sind in der Therapieplanung zu berücksichtigen, da sie Therapieentscheidungen beeinflussen (Harzer 2011).

Studientypen: Es wurden zwei narrative Reviews (Bishara et al. 1994; Thakur et al. 2023), acht Querschnittsstudien (Godt et al. 2007; Godt et al. 2013; Zacharopoulos et al. 2016; Ikeda et al. 2017; Mehta et al. 2017; Ali et al. 2022; Soheilifar et al. 2022; Guo et al. 2024), eine randomisiert-kontrollierte Studie (Kochar et al. 2023), drei Diagnosestudien (Hartmann et al. 2007; Lippold et al. 2014; Chang et al. 2024) und eine Kohortenstudie (Sambale et al. 2024b) berücksichtigt. Weiterhin wurden eine Leitlinie (Neff, A und Riechmann, M (Lenkungsgruppe) 2023), eine Handlungsempfehlung (Stoustrup et al. 2017), zwei Fallberichte (Dausch-Neumann 1967; Sarver 2001), eine Fall-Kontroll-Studie (Lapatki et al. 2006), zwei Longitudinaluntersuchungen (Keß 1990; Stern et al. 2020) sowie drei Übersichtsarbeiten (Ricketts 1968; Binder 2004; Rasteau et al. 2020) eingeschlossen.

Population: Die in den Studien untersuchten Patienten verteilten sich auf alle Therapiezeitpunkte, wenngleich zum Teil nur Kinder (Godt et al. 2013; Stern et al. 2020; Guo et al. 2024) oder Erwachsene (Hartmann et al. 2007) analysiert wurden. Während einige Studien keine speziellen Einschlusskriterien hinzuzogen (Dausch-Neumann 1967; Ricketts 1968; Thakur et al. 2023; Chang et al. 2024), berücksichtigten andere Untersuchungen nur Patienten mit bestimmten Anomalien. Dies waren beispielsweise Asymmetrien (Bishara et al. 1994), die Juvenile Idiopathische Arthritis (Stoustrup et al. 2017), der Deckbiss (Lapatki et al. 2006) oder die Klasse II/1 mit inkompetentem oder kompetentem Lippenschluss (Sambale et al. 2024b).

Intervention: Zur extraoralen Untersuchung wurden verschiedene Interventionen betrachtet: manche Studien evaluierten eine klinisch-orofaziale Untersuchung (Bishara et al. 1994; Stoustrup et al. 2017; Sambale et al. 2024b), andere hingegen En-face-Fotos (Dausch-Neumann 1967) oder Profil-Aufnahmen (Stern et al. 2020), die zum Teil mit FRS-Analysen verglichen wurden (Godt et al. 2007). In einigen Untersuchungen wurde das Weichteilprofil nur mithilfe einer FRS-Aufnahme beschrieben (Keß 1990). Die extraorale Fotoanalyse wurde teilweise anhand von Aufnahmen in der Norma frontalis und lateralis (Ricketts 1968; Sarver 2001; Chang et al. 2024), teilweise mithilfe von dreidimensionalen Gesichtsscans (Godt et al. 2013; Lippold et al. 2014; Guo et al. 2024) oder optischen Sensoren (Hartmann et al. 2007) bewertet.

Outcomes: Zielgrößen, die im Zusammenhang mit der extraoralen Untersuchung eingesetzt wurden, waren häufig verschiedene Parameter der fazialen Weichgewebsanalyse, die sowohl in der Norma lateralis (Ali et al. 2022), als auch in der En-face-Ansicht (Dausch-Neumann 1967) und in der dreidimensionalen Aufnahme (Godt et al. 2013) erhoben wurden. Unter anderem wurden Parameter zur Beurteilung fazialer Asymmetrien bestimmt (Dausch-Neumann 1967). Einige Erkenntnisse stützen sich auch auf Messwerte der FRS-Analyse (Kochar et al. 2023; Sambale et al. 2024b) oder auf der mittels Kiefermodell gemessenen Stabilität der Frontzahninklination (Lapatki et al. 2006). In anderen Studien war die Zielgröße weniger spezifiziert und bezog sich beispielsweise auf Aspekte der Diagnose, Therapieplanung und Ätiologie von Asymmetrien (Bishara et al. 1994).

Bewertung: Die Beurteilung von extraoral erfolgt in der Norma frontalis und lateralis sowie anhand einer Lachaufnahme (Dausch-Neumann 1967; Sarver 2001), wenngleich auch eine dreidimensionale Analyse möglich ist (Hartmann et al. 2007; Godt et al. 2013; Guo et al. 2024). Die extraorale Untersuchung dient unter anderem einer ersten Einschätzung über das Vorhandensein von skelettalen, funktionellen und Anomalien des fazialen Weichgewebs- und Lippenprofils (Ricketts 1968; Godt et al. 2007; Thakur et al. 2023). Zwar korrelieren einige Weichteilparameter mit bestimmten Malokklusionen (Godt et al. 2013; Guo et al. 2024), jedoch ist die extraorale Analyse synoptisch mit intraoralen, kephalometrischen (Dausch-Neumann 1967; Godt et al. 2007) und funktionellen Befunden (Ricketts 1968; Thakur et al. 2023) zu interpretieren. Um ansprechende und funktionell stabile Ergebnisse zu erreichen, ist beispielsweise auf die harmonische Positionierung der Oberkiefer-Schneidezähne in Relation zur Lachlinie und Unterlippe zu achten (Lapatki et al. 2006; Sarver 2001; Thakur et al. 2023). Die Gesichtsproportionen werden anhand definierter Referenzpunkte analysiert und Profilbeschreibungen vorgenommen (Ricketts 1968; Lippold et al. 2014; Zacharopoulos et al. 2016). Bei der Auswertung ist zwischen erwachsenen Patienten und Kindern zu differenzieren, da bei letzteren Wachstumseinflüsse das Weichteilprofil verändern (Ricketts 1968; Keß 1990; Stern et al. 2020). Daher ist aufgrund von Wachstum und therapeutisch hervorgerufenen Veränderungen die extraorale Analyse nicht nur prätherapeutisch, sondern auch während der kieferorthopädischen Behandlung erforderlich. Im Falle von Asymmetrien ist die Differenzierung zwischen dentaler, skelettaler, funktioneller und muskulärer Ätiologie Voraussetzung für eine korrekte Therapieplanung (Bishara et al. 1994). Die Differenzialdiagnostik von extraoral beobachteten Asymmetrien erfordert eine klinische Untersuchung, die jedoch um röntgenologische Befunde zu ergänzen ist (Bishara et al. 1994). Erstere umfasst nicht nur eine extraorale Befundung aus verschiedenen Perspektiven, sondern auch eine intraorale und funktionelle Untersuchung (Bishara et al. 1994; Thakur et al. 2023). So können Abweichungen der Unterkieferbewegungen, die aus okklusalen Vorkontakten oder Veränderungen im

Kiefergelenk resultieren können, von skelettal manifestierten Asymmetrien, wie der Laterognathie oder hemifazialen Asymmetrie abgegrenzt werden (Bishara et al. 1994; Binder 2004; Ikeda et al. 2017). Insbesondere Asymmetrien im Mund- und Kinnbereich sind von Relevanz, da diese Region kieferorthopädisch beeinflussbar ist. Asymmetrien können ätiologisch auch auf Erkrankungen wie die Juvenile Idiopathische Arthritis (Stoustrup et al. 2017) oder Kondylushypo- und hyperplasien (Neff, A und Riechmann, M (Lenkungsgruppe) 2023) hinweisen. In der Norma frontalis ist es möglich, in der Lachaufnahme die Lachlinie zu bewerten (Sarver 2001; Thakur et al. 2023), was bei vertikalen Korrekturen der Okklusionsebene oder der Frontzähne von Bedeutung ist. Auch der Lippenschluss ist ein Parameter der extraoralen Befundung und liefert Informationen über die Funktion der perioralen Muskulatur oder fehlpositionierte Frontzähne (Ricketts 1968; Thakur et al. 2023). Die Differenzierung zwischen kompetentem, potenziell kompetentem und inkompetentem Lippenschluss ist nicht nur für Diagnose und Therapieplanung bedeutsam, sondern auch für die Prognose des Therapieerfolges (Ricketts 1968; Thakur et al. 2023; Sambale et al. 2024b). Die Norma lateralis ermöglicht, neben dem Abschätzen sagittaler und vertikaler Kieferbasenanomalien (Mehta et al. 2017; Ali et al. 2022), eine Einschätzung potenzieller Profilveränderungen (Soheilifar et al. 2022; Thakur et al. 2023). Der Nasolabialwinkel sowie das Lippenprofil sind beispielsweise bei Extraktionsentscheidungen zu berücksichtigen (Kochar et al. 2023). Anhand des Lippenprofils in Relation zur Esthetic-Line werden nicht nur ästhetische, sondern auch funktionelle Befunde erhoben (Ricketts 1968).

Wie die intraorale basiert auch die extraorale Untersuchung nicht nur auf statischen, sondern ebenso auf dynamischen Befunden, sodass eine synoptische Bewertung des extraoralen und klinischen Bildes erforderlich ist. Nur so können präzise Differenzialdiagnosen gestellt und Dysfunktionen wie Abweichungen der Unterkieferbewegungen, Zwangsbisse oder Druckdolenzen der Kiefergelenke und Kaumuskulatur erfasst werden (Bishara et al. 1994; Ikeda et al. 2017; Stoustrup et al. 2017). Auch auf der Basis von Erkenntnissen aus der orthognathen Chirurgie wird zudem deutlich, dass zur objektiven und reproduzierbaren Analyse der extraoralen Weichteile moderne Technologien wie Stereophotogrammetrie oder Laserscanning sinnvoll eingesetzt werden können, um 3D-Darstellungen des Gesichts zu generieren. Solche erweiterten Techniken ermöglichen auch in der Kieferorthopädie photorealistische Simulationen der Weichteilplanung und damit eine präzise 3D-Diagnostik, Planung und Nachsorge (Rasteau et al. 2020).

Mithilfe von künstlicher Intelligenz (Chang et al. 2024) oder Telemedizin können zwar extraorale Fotos unter statischen Aspekten analysiert werden, jedoch fehlt die Interpretationsmöglichkeit in Zusammenschau mit klinisch-dynamischen Befunden, die nur durch eine persönliche, klinische Untersuchung erhoben werden können.

Zusammenfassend ist anhand der verfügbaren Evidenz festzuhalten, dass die klinische Untersuchung von extraoral und die Fotoanalyse bei allen kieferorthopädischen Patienten einen unverzichtbaren Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapieplanung darstellen. Eine suffiziente Befundung ist nur im Rahmen einer persönlichen Untersuchung möglich, wobei telemedizinische Analysen unterstützend eingesetzt werden können.

5.3 Klinisch-intraorale Untersuchung und Mundhygieneevaluation

Konsensbasierte Empfehlung 4: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung soll eine klinisch-intraorale Untersuchung einschließlich einer Beurteilung der Dentition, der Zahnhartsubstanzen, der Mundschleimhaut, orientierend des Zahnhalteapparates, oraler Restriktionen (Bändchen) und der Mundhygienesituation durchgeführt werden. <u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung soll die klinisch-intraorale Untersuchung zur Kontrolle des Therapieverlaufs, zur Planung weiterer Behandlungsaufgaben und zur rechtzeitigen Erkennung von unerwünschten Nebenwirkungen wiederholt werden. Abstimmung 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 5: (neu/2025)	
Die klinisch intraorale Untersuchung soll die Grundlage für weiterführende diagnostische Maßnahmen vor und während einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung darstellen. Abstimmung 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasiertes Statement 3: (neu/2025)	
Zur intraoralen Diagnostik sind die aktuellen telemedizinischen Möglichkeiten allein nicht ausreichend zuverlässig und können die (zahn-)ärztliche Untersuchung vor und während der kieferorthopädischen Therapie nicht ersetzen. Abstimmung 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Die klinische Untersuchung von intraoral ist zur Beurteilung des Zahnstatus, des Vestibulums einschließlich der Frenula, der Mundschleimhaut, der Zunge, (dys)funktioneller Abläufe, der Mundhygienesituation, des Zahnhalteapparates und von Malokklusionen essenziell (Harzer 2011). Im Hinblick auf den Zahnstatus ist nicht nur die Beurteilung der Zahnhartsubstanz, sondern auch die

Evaluation der Gebissphase in Relation zum chronologischen Alter relevant (Kirschneck und Proff 2018). Aufgrund eines höheren Risikos unerwünschter Nebenwirkungen bei Zähnen, welche ein dentales Trauma erlitten haben (Duarte et al. 2023), sind bei einschlägigen anamnestischen Angaben weitergehende klinische Untersuchungen durchzuführen bzw. zu veranlassen. Die klinische Evaluation der parodontalen Gesundheit ist insbesondere bei Patienten vor und während einer Spätbehandlung von besonderer Relevanz, um aktive Entzündungen auszuschließen und die orthodontische Biomechanik befundorientiert an den bereits stattgefundenen parodontalen Knochenabbau anzupassen (Herrera et al. 2022). Bei der Inspektion der Mundschleimhaut können Anomalien auf systemische Erkrankungen hinweisen (Porter et al. 2017). Schließlich werden vorhandene Malokklusionen und die orale Ästhetik beurteilt und somit der kieferorthopädische Behandlungsbedarf eingeschätzt (Brook und Shaw 1989), um weitere diagnostische Interventionen zu veranlassen.

Studientypen: Es wurden neun narrative (Malandris und Mahoney 2004; Rijpstra und Lisson 2016; Porter et al. 2017; Holmstrup et al. 2018; Kirschneck und Proff 2018; Trombelli et al. 2018; Al-Shammery et al. 2021; Singh et al. 2022; Parashos 2024) und fünf systematische Reviews (Gkantidis et al. 2010; Nuvvula et al. 2021; Cadenas de Llano-Pérula et al. 2023; Duarte et al. 2023; Gonçalves et al. 2023) eingeschlossen. Weiterhin wurden zehn Querschnittsstudien (Brook und Shaw 1989; Arat et al. 2008; Zicari et al. 2009; Harari et al. 2010; Kim et al. 2015; Lione et al. 2015; Birkhed et al. 2019; Alyami 2022; Granja et al. 2022; Topsakal et al. 2024), eine prospektive Kohortenstudien (Snider et al. 2023), eine Fallserie (Han et al. 2024) und eine Fall-Kontroll-Studie (Manni et al. 2011) analysiert. Ebenfalls berücksichtigt wurden eine Leitlinie (Herrera et al. 2022), zwei Studien einer Kombination aus Übersichtsarbeit und Fallserie (Fränkel 1962; Gkantidis et al. 2008), zwei Übersichtsarbeiten (Rakosi 1982; Wetselaar et al. 2020), eine randomisiert-kontrollierte Studie (Borujeni et al. 2021), eine nicht-randomisiert-kontrollierte Beobachtungsstudie (Chatterjee et al. 2024) und zwei Diagnosestudien (Estai et al. 2017; Snider et al. 2024).

Population: Die in den eingeschlossenen Studien untersuchten Populationen repräsentieren im Allgemeinen Patienten vor bzw. während einer Früh- (Kirschneck und Proff 2018; Granja et al. 2022), Regel- (Kirschneck und Proff 2018; Birkhed et al. 2019) oder Spätbehandlung (Singh et al. 2022). Einige basieren auf Patienten mit bestimmten Anomalien oder Befunden wie Rezessionen (Alyami 2022), Parodontitis (Gkantidis et al. 2010; Herrera et al. 2022; Han et al. 2024) oder einem Zahntrauma (Duarte et al. 2023; Parashos 2024). Zum Teil wurden die Patienten kieferorthopädisch feststehend therapiert (Borujeni et al. 2021; Snider et al. 2023, 2024) oder wiesen systemische Erkrankungen auf (Porter et al. 2017).

Intervention: In den eingeschlossenen Studien wurden verschiedene Interventionen durchgeführt. Diese waren unter anderem die Beurteilung der Gebissphase (Kirschneck und Proff 2018), die Detektion kariöser Läsionen (Birkhed et al. 2019) oder die Beurteilung der parodontalen Verhältnisse durch Erfassung von Taschensondierungstiefen oder Rezessionen (Gkantidis et al. 2010; Alyami 2022; Herrera et al. 2022; Han et al. 2024). Bei der Diagnostik von traumatisch verletzten Zähnen wurden verschiedene Interventionen berücksichtigt (Duarte et al. 2023). Auch telemedizinische Untersuchungen wurden als Intervention berücksichtigt und mit direkten klinischen Untersuchungen

(Al-Shammery et al. 2021; Kanani et al. 2024; Snider et al. 2024) oder dem Ausbleiben weiterer Instruktionen verglichen (Snider et al. 2023).

Outcomes: Verschiedene Zielgrößen wurden in der verfügbaren Literatur untersucht. Dies waren gingivale Rezessionen (Alyami 2022), das Auftreten von Wurzelresorptionen oder Pulpanekrosen (Duarte et al. 2023; Parashos 2024), das Kariesrisiko (Birkhed et al. 2019) oder das Vorhandensein von Malokklusionen (Harari et al. 2010; Granja et al. 2022). Einige Studien formulierten Empfehlungen, beispielsweise für kieferorthopädische Interventionen bei Parodontitis-Patienten (Gkantidis et al. 2010; Herrera et al. 2022). Arbeiten zur Telemedizin analysierten die Übereinstimmung zwischen der telemedizinischen mit der **klinischen intraoralen** Untersuchung im Hinblick auf Diagnose und Therapieplanung (Chatterjee et al. 2024; Kanani et al. 2024), Karies-Detektion (Estai et al. 2017), der Erkennung von Mundhygiene- und mukogingivalen Störungen (Snider et al. 2023, 2024) oder orale Entzündungsanzeichen (Borujeni et al. 2021).

Bewertung: Der Zahnstatus stellt einen wesentlichen Bestandteil der intraoralen Untersuchung dar, wenngleich er in der Kieferorthopädie in der Regel durch eine radiologische OPG-Befundung ergänzt wird. Zwar erlaubt die Beurteilung von Durchbruchzeiten keine präzise Einschätzung des skelettalen Alters (Kirschneck und Proff 2018), jedoch können so erste Hinweise auf Anomalien erkannt werden. Bei der Bewertung der Zahnhartsubstanz ist nicht nur auf die Mundhygiene und kariöse Läsionen (Birkhed et al. 2019), sondern ebenso auf Abrasionen, Attritionen und Erosionen zu achten (Wetselaar et al. 2020). Zahnverschleiß gibt nicht nur Hinweise auf mögliche Dysfunktionen, Habits oder Essstörungen, sondern kann als Ursache kurzer Zahnkronen auch die biomechanische Planung der Apparaturen beeinflussen. Zähne mit positiver Trauma-Anamnese sind auf mögliche Frakturen, Lockerungen oder Ankylose-Anzeichen zu untersuchen, da sie während orthodontischen Zahnbewegungen unerwünschte Nebenwirkungen wie Wurzelresorptionen oder Pulpanekrosen begünstigen können (Duarte et al. 2023; Parashos 2024). Insbesondere bei erwachsenen Patienten sind eingebrachte Restaurationsmaterialien bei der Befestigung festsitzender Apparaturen zu berücksichtigen (Singh et al. 2022). Schließlich wird die Dentition auf Malokklusionen inter- und intramaxillär im Front- und Seitenzahnbereich in allen drei Raumebenen evaluiert, um den kieferorthopädischen Behandlungsbedarf (Brook und Shaw 1989), sowie das Ausmaß weiterer diagnostischer Maßnahmen einzuschätzen. Weiterhin ist in vielen Fällen eine orientierende parodontale Mitbeurteilung wichtig, um das Risiko unerwünschter Nebenwirkungen einer kieferorthopädischen Therapie wie Zahnwurzelresorptionen oder eines vermehrten parodontalen Knochenabbaus (bei aktiven Entzündungen des Parodonts) durch eine entsprechende Parodontaltherapie vor kieferorthopädischen Maßnahmen zu minimieren (Gkantidis et al. 2010; Herrera et al. 2022; Han et al. 2024). Da ein reduziertes Parodont auch die Zahnbewegung bzw. die Verankerung beeinflusst, ist dieser Umstand in der biomechanischen Planung zu berücksichtigen (Singh et al. 2022; Han et al. 2024). Bei der Untersuchung der Gingiva werden Rezessionen dokumentiert und in der Therapieplanung berücksichtigt, da es möglich ist, dass ein lokalisiertes Auftreten im Zusammenhang mit Malokklusionen wie Kreuzbissen (Alyami 2022) oder Zwangsführungen steht. Der gingivale Phänotyp ermöglicht eine erste Einschätzung der Neigung zur Rezessionsbildung während kieferorthopädischer Behandlung (Cadenas de Llano-Pérula et al. 2023). Die Ausdehnung der befestigten Gingiva spielt ebenfalls eine Rolle bei der Insertion von Mini-Pins (Manni et al. 2011). Bei gingivalen Entzündungen sind unter anderem anamnestische Angaben und die

Mundhygiene bei der Differenzialdiagnose erforderlich (Holmstrup et al. 2018; Trombelli et al. 2018). Auch das Vestibulum oris ist klinisch zu inspizieren, da dessen Höhe Aussagen über die relative Lage der apikalen Basis und damit den Wirkansatz funktionskieferorthopädisch wirksamer Geräte liefert (Fränkel 1962). Weiterhin ist der Gaumen Bestandteil der klinisch-intraoralen Evaluation, da dessen Morphologie beispielsweise durch orofaziale Dysfunktionen beeinflusst wird (Lione et al. 2015). An den Schleimhäuten können Veränderungen Hinweise auf verschiedene Pathologien geben, die unter Umständen eine weitere Abklärung erfordern (Porter et al. 2017). Die verfügbaren telemedizinischen Ansätze können derzeit als adjuvante Maßnahmen betrachtet werden, den Kliniker und dessen persönliche Untersuchung aber keinesfalls ersetzen (Al-Shammery et al. 2021). Vorteilhaft könnten beispielsweise eine Unterstützung bei der Mundhygieneinstruktion sein (Borujeni et al. 2021). Beispielsweise fand eine Untersuchung zur klinischen Genauigkeit von Dental Monitoring (DM) bei der Erkennung von Mundhygiene-Defiziten und Rezessionen, dass die KI-basierte Bildanalyse von DM eine hohe Spezifität (94,4–99,3 %) und moderate bis niedrige Sensitivität (24,1–53,1 %) für die Erkennung von Plaque/ Zahnstein, Gingivitis und Rezession aufweist, d.h. die Abwesenheit dieser Zustände wurde relativ zuverlässig erkannt (Snider et al. 2024). Möglicherweise können personalisierte aktive Benachrichtigungen durch DM über einen längeren Zeitraum hinweg die Mundhygiene bei Patienten mit festen Apparaturen verbessern (Snider et al. 2023).

Im Hinblick auf die telemedizinischen Verfahren im Allgemeinen ist es wichtig, die aktuellen Limitationen zu erkennen, mit teilweise noch unzureichender Präzision der Diagnose als Grundlage einer Therapieplanung (Chatterjee et al. 2024). So stimmte, trotz Ausschluss von Approximalkaries, die Detektion kariöser Läsionen in einigen Fällen nicht mit den klinischen Ergebnissen überein (Estai et al. 2017). Weiterhin ist eine präzise Darstellung schwer zugänglicher Bereiche schwierig (Kanani et al. 2024). Aufgrund potenzieller Parallaxefehler und der Beschränkung auf zweidimensionale Aufnahmen (Kanani et al. 2024) lassen sich Malokklusionen gegenwärtig telemedizinisch insuffizient diagnostizieren. Auch die Diagnostik von Mundschleimhautveränderungen ist nur bedingt möglich, da Aspekte wie die Adhärenz von Läsionen nicht geprüft werden können (Porter et al. 2017). Ebenfalls noch unzureichend ist die Beurteilung von vorhandenen Restaurationen, da keine taktilen Methoden zum Einsatz kommen können (Kanani et al. 2024). Aufgrund der fehlenden Sondierung ist auch der parodontale Zustand nicht bestimmbar, ebenso wie die Funktion der unterschiedlichen Strukturen des stomatognathen Systems, die nur unzureichend beurteilbar sind.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die klinisch-intraorale Untersuchung für die kieferorthopädische Diagnostik vor und während einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung unabdingbar ist. Sie ist nicht nur prätherapeutisch, sondern auch während der kieferorthopädischen Behandlung im Sinne von Verlaufskontrollen durchzuführen. Adjuvant verwendbare telemedizinische Maßnahmen ersetzen hierbei nicht die persönliche Untersuchung. Anhand der intraoral erfassten Befunde hat der Behandler über die Notwendigkeit weiterer diagnostischer Interventionen zu entscheiden, einschließlich einer Überweisung an andere Fachdisziplinen.

5.4 Funktionelle Untersuchung orofazialer Dysfunktionen und Habits

Konsensbasierte Empfehlung 6: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung soll eine orientierende funktionelle Untersuchung bezüglich Habits und orofazialer Dysfunktionen, v.a. Atmung, Lippen-, Wangen- und Zungenfunktion, Zungenruhelage, Schluckmuster, von Zwangsbissen und von Störungen der Lautbildung (Artikulation) durchgeführt werden. <u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung sollte die funktionelle Untersuchung im Sinne einer fortlaufenden Diagnostik regelmäßig zur Früherkennung einer sich entwickelnden oder rekurrenten funktionellen Problematik wiederholt werden. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Die präventionsorientierte Kieferorthopädie hat zum Ziel, frühzeitig Faktoren zu identifizieren, die das Wachstum von Schädel und Gesicht sowie die Zahnentwicklung negativ beeinflussen können. Kraniofaziale Wachstumsprozesse sind durch komplexe Größen- und Formveränderungen charakterisiert, wobei vertikale Zuwächse dominieren, gefolgt von einer Zunahme in sagittalen Parametern wie der Gesichtstiefe und schließlich der Transversalentwicklung der Kiefer und des Gesichtsschädels. Diese Prozesse werden maßgeblich durch die orofaziale Muskulatur reguliert, was bedeutet, dass die Gebissentwicklung nicht isoliert von den umgebenden muskulären Funktionsabläufen betrachtet werden darf (Moss 1997).

Studientypen: Im Rahmen der Literaturanalyse zur Diagnostik von orofazialen Dysfunktionen vor einer kieferorthopädischen Behandlung wurden verschiedene Studientypen herangezogen. Dabei lieferten epidemiologische Querschnittsstudien von Stahl et al. (Stahl et al. 2007) und Grabowski et al. (Grabowski et al. 2007) grundlegende Erkenntnisse zur Prävalenz und Verteilung orofazialen Funktionsstörungen in der untersuchten Population. Weitere sieben Querschnittsstudien (Arat et al. 2008; Zicari et al. 2009; Harari et al. 2010; Birkhed et al. 2019; Granja et al. 2022; Habumugisha et al. 2023; Topsakal et al. 2024) wurden ebenfalls berücksichtigt. Systematische Übersichtsarbeiten von Thijs et al. (Thijs et al. 2022) und Cenzato et al. (Cenzato et al. 2021), sowie weitere drei narrative (Malandris und Mahoney 2004; Rijpsstra und Lisson 2016; Kilinc und Mansiz 2023) und zwei systematische Reviews (Nuvvula et al. 2021; Gonçalves et al. 2023) ermöglichten es, die Ergebnisse der Einzelstudien zu bestätigen. Das therapiebezogene systematische Review einschließlich einer Meta-Analyse von Koletsi et al. (Koletsi et al. 2018) ergänzte die Evidenzbasis für den Nachweis der Wirksamkeit verschiedener therapeutischer Ansätze bei orofazialen Dysfunktionen. Ebenso wurde eine Longitudinaluntersuchung (Lux et al. 2004) eingeschlossen. Auch eine Kombination aus Übersichtsarbeit und Fallserie (Gkantidis et al. 2008), fünf Übersichtsarbeiten (Rakosi 1982; Fränkel und Fränkel 1992; Enlow und Hans 1996; Moss 1997; Fränkel und Fränkel 2001) und ein Therapieprotokoll (Felício und Ferreira 2008) wurden zur Bewertung herangezogen.

Population: Die analysierten Studien konzentrierten sich vornehmlich auf Kinder im Milch- und frühen Wechselgebiss in einem Alter von bis zu 12 Jahren. Die Studienpopulationen wiesen eine große Bandbreite an kieferorthopädischen Problemen auf, darunter einen vergrößerten Overjet, offenen Biss, Kreuzbiss und Anomalien des progenen Formenkreises. Ein signifikanter Anteil der Kinder zeigte orofaziale Funktionsstörungen wie eine offene Mundhaltung, eine pathologische Zungenruhelage, ein viszerales Schluckmuster sowie Artikulationsstörungen. Einige Studien basierten auf Patienten mit einem offenen Biss (Rakosi 1982; Arat et al. 2008; Rijpstra und Lisson 2016), einem Diastema mediale (Gkantidis et al. 2008; Nuvvula et al. 2021) oder Patienten mit Mundatmung (Zicari et al. 2009; Harari et al. 2010; Habumugisha et al. 2023; Topsakal et al. 2024).

Intervention: Diagnostische Interventionen, wie von Stahl et al. (Stahl et al. 2007) und Grabowski et al. (Grabowski et al. 2007) analysiert, umfassten die Beurteilung der Mundhaltung (pathologisch offen, z.B. infolge einer eingeschränkten Nasenluftpassage), die Bewertung der Zungenruhelage, des Schluckmusters sowie die Identifikation von Habits, die das orofaziale Gleichgewicht beeinträchtigen. Habumugisha et al. (Habumugisha et al. 2023) analysierten mit bildgebender Technik die Atemwege und die Dimensionen der maxillären Zahnbögen. Thijs et al. (Thijs et al. 2022) untersuchten ebenfalls Assoziationen von Malokklusionen, orofazialen Dysfunktionen und Artikulationsstörungen. Therapeutische Ansätze, die in der Übersichtsarbeit von Cenzato et al. (Cenzato et al. 2021) analysiert wurden, umfassten die Verbesserung der Nasen-Luftpassage, den Einsatz kieferorthopädischer Apparaturen sowie die orofaziale Funktionstherapie (OFT) zur Korrektur orofazialer Dysfunktionen. In der therapiebezogenen Übersichtsarbeit von Koletsi et al. (Koletsi et al. 2018) wurden kombinierte kieferorthopädische und orofaziale Therapieansätze beim anterior offenem Biss und beim viszeralem Schluckmuster evaluiert, um die Wirksamkeit dieser Interventionen allein oder in Kombination zu bestimmen.

Outcomes: Einige Studien erhoben einen Funktionsbefund (Rakosi 1982; Rijpstra und Lisson 2016) oder fokussierten bei der klinischen Untersuchung die Detektion von orofazialen Funktionen, wie Atmung, Aussprache oder Unterkieferbewegungen (Granja et al. 2022). Die durch die Studien erfassten Outcomes erfassten zudem die Wechselwirkungen zwischen Malokklusionen, orofazialen Dysfunktionen und Artikulationsstörungen (Grabowski et al. 2007; Stahl et al. 2007; Thijs et al. 2022). Ebenfalls wurde die Effektivität bestimmter (Cenzato et al. 2021) sowie kombinierter Therapieansätze im Vergleich zu Monotherapien bei der Behandlung von orofazialen Dysfunktionen (Koletsi et al. 2018) erfasst. Habumugisha et al. (Habumugisha et al. 2023) erfassten das Volumen der pharyngealen Atemwege (oropharyngeale und nasopharyngeale Volumina) sowie maxilläre Parameter (u.a. Breite im Molaren- und Eckzahnbereich).

Bewertung: Ein wichtiger Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik ist die Befundung dynamischer Abläufe einschließlich Atmung, Schlucken und Sprechen, der Insertion der Frenula und möglicher Bewegungseinschränkungen von Unterkiefer oder Zunge (orale Restriktionen). Auch wenn ergänzend eine radiologische Diagnostik in Erwägung gezogen wird, ist eine funktionelle Untersuchung orofazialer Dysfunktionen und Habits essenziell zur Differenzialdiagnose einschließlich der Therapie und Prognose bestimmter Befunde, wie dem Diastema mediale (Gkantidis et al. 2008; Nuvvula et al. 2021) oder dem anterior offenen Biss (Rakosi 1982; Arat et al. 2008; Rijpstra und Lisson 2016). Im Falle

einer Mundatmung, welche die Entwicklung von Fehlstellungen der Zähne und/ oder Kiefer begünstigt (Zicari et al. 2009; Topsakal et al. 2024), ist zwischen habitueller und anatomischer Ätiologie zu differenzieren und bei letzterer ggf. ein HNO-ärztliches Konsil zu veranlassen. Informationen zu Bewegungen des Unterkiefers sind erforderlich für Differenzialdiagnosen (Laterognathie versus Laterookklusion) und Therapieprognosen. In diesem Zusammenhang können auch okklusale Vorkontakte als Ursache von Zwangsbissen detektiert werden (Malandris und Mahoney 2004). Weiterhin können orofaziale Dyskinesien, wie das viszerale Schluckmuster (Gonçalves et al. 2023) detektiert werden, um durch die Abstellung schädliche Einflüsse auf die Zahn- und Gebissentwicklung zu beseitigen (Harari et al. 2010; Granja et al. 2022). Kraniofaziale Wachstumsprozesse sind grundsätzlich durch komplexe Größen- und Formveränderungen mit starker Dominanz vertikaler Zuwächse charakterisiert, gefolgt von einer Zunahme sagittaler Parameter wie der Gesichtstiefe und schließlich der Transversalentwicklung der Kiefer und des Gesichtsschädels (Lux et al. 2004). Zudem ist bekannt, dass diese Prozesse maßgeblich durch die orofaziale Muskulatur reguliert werden (Moss 1997), d.h. die Gebissentwicklung ist nicht losgelöst von den umliegenden muskulären Funktionsabläufen zu betrachten. So wundert es nicht, dass Stahl et al. (Stahl et al. 2007) sowie Grabowski et al. (Grabowski et al. 2007) in einer epidemiologischen Querschnittsstudie mit 766 Kindern im Milchgebiss und 2275 Kindern im frühen Wechselgebiss myofunktionelle Störungen signifikant häufiger bei Kindern mit vergrößertem Overjet, frontal offenem Biss, seitlichem Kreuzbiss und Progenie fanden. Die offene Mundhaltung und das viszerale Schluckmuster etablierten sich im Milchgebiss und wurden zunehmend auf das Wechselgebiss übertragen. Stahl et al. (Stahl et al. 2007) fanden zudem bei der offenen Mundhaltung, der pathologischen Zungenruhelage, dem viszeralen Schluckmuster und bei Artikulationsstörungen, dass in der Gruppe mit Funktionsstörungen ein deutlich höherer Anteil von Kindern mit frontal offenem Biss vorlag als in der Gruppe ohne Funktionsstörung. Im Milch- und Wechselgebiss waren die Progenie, der seitliche Kreuzbiss und der frontal offene Biss signifikant häufiger mit einer offenen Mundhaltung, einer pathologischen Zungenruhelage und einem viszeralen Schluckmuster vergesellschaftet (Grabowski et al. 2007). Thijs und Kollegen konnten im Jahr 2022 in einer systematischen Übersichtsarbeit ebenfalls zeigen, dass Malokklusionen, orofaziale Dysfunktionen und Artikulationsstörungen sich gegenseitig beeinflussen können (Thijs et al. 2022). Insbesondere Kinder mit anterior offenem Biss zeigten häufiger Artikulationsstörungen der alveolaren Laute und ein abweichendes Schluckmuster. Andere Variablen wie Einschränkungen der Nasen-Luftpassage wurden ebenfalls als ursächlich für orofaziale Dysfunktionen angesehen, ebenso wie eine kaudale Zungenruhelage, bei variabler Evidenz in den verschiedenen Studien. Einen Zusammenhang zwischen Atemmodus und Kieferentwicklung zeigten Habumugisha et al. (Habumugisha et al. 2023). Ihre Studie untersuchte das pharyngeale Atemwegsvolumen und bestimmte Oberkieferzahnbogen-Parameter bei Mund- und Nasenatmern; Nasenatmer zeigten hierbei ein größeres oropharyngeales und pharyngeales Atemwegsvolumen sowie größere Oberkieferbogenparameter im Vergleich zu Mundatmern. Daraus wurde abgeleitet, dass Veränderungen im Atemmodus das Gleichgewicht zwischen Zunge und Wange beeinflussen, was wiederum die Kieferform beeinflusst. Damit kann die Analyse der Atmung auch für die kraniofaziale Entwicklung relevant sein und insbesondere bei Kindern in der Wachstumsphase präventive oder therapeutische Maßnahmen anstoßen. Im Hinblick auf eine mögliche Therapie haben Cenzato et al. (Cenzato et al. 2021) in einer Übersichtsarbeit aufzeigen können, dass ein offener Biss und viszerales Schluckmuster häufig mit einer interdentalen anterioren Zungeneinlagerung beim Schlucken vergesellschaftet sind, wobei es schwerfällt, Ursache und Wirkung zu differenzieren. Therapeutisch wird jedoch beim anterior offenen Biss und beim viszeralen

Schluckmuster eine Kombination von Kieferorthopädie und orofazialer Funktionstherapie empfohlen, was einer alleinigen kieferorthopädischen bzw. dysfunktionellen Therapie überlegen zu sein scheint. Grundsätzlich ist es patientenindividuell sinnvoll, entweder zunächst mittels Kieferorthopädie die Voraussetzungen für eine logopädische/ orofaziale Funktionstherapie zu verbessern (z.B. bei einem zu schmalen Oberkiefer oder bei einer extrem vergrößerten sagittalen Frontzahnstufe), oder Kieferorthopädie und Logopädie gleichzeitig durchzuführen bzw. die orofaziale Funktionstherapie nach erfolgter kieferorthopädischer Behandlung zur Rezidivprophylaxe (erneut) mit einzuplanen. Koletsi et al. fanden in einer systematischen Übersichtsarbeit, dass im Milch- und Wechselgebiss die Hauptinterventionen, um orofaziale Dysfunktionen zu korrigieren, die Verbesserung der Nasen-Luftpassage, kieferorthopädische Apparaturen und muskuläre Trainingsprogramme oder die Kombinationen hiervon sind (Koletsi et al. 2018). Jedoch gibt es insgesamt nur eine sehr geringe Evidenz zu kieferorthopädischen Apparaturen im Kontext orofazialer Dysfunktionen: direkt an Zähne gebundene Spike-Apparaturen scheinen in diesem Kontext Spike-Apparaturen, die an Bändern befestigt sind, beim anterior offenen Biss im Wechselgebiss nicht überlegen zu sein, d.h. beide Spike-Ansätze funktionieren etwa ähnlich gut. Obwohl die genauen Mechanismen noch nicht vollständig verstanden sind, gibt es Hinweise, dass orofaziale Dysfunktionen die Zahn- und Kieferentwicklung beeinträchtigen können. Daher werden im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik orofaziale Dysfunktionen erfasst. Im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik sind aus Sicht der orofazialen Funktionstherapie u.a. neben anamnestischen Fragen folgende klinische Aspekte diagnostisch besonders relevant:

- Mundhaltung (anatomisch bedingte offene Mundhaltung durch Behinderung der Nasenluftpassage oder habituell offene Mundhaltung bzw. Mundatmung, pathologische Mentalisaktivität beim Mundschluss etc.) (Fränkel und Fränkel 1992; Enlow und Hans 1996; Fränkel und Fränkel 2001)
- Sagittale und transversale Zwangsbisse
- Beurteilung der Zungenruhelage (physiologische Zungenruhelage flächig am Gaumen und Alveolarrand versus interdental oder kaudal hinter den unteren Schneidezähnen mit abgesunkenem Mundboden)
- Schluckmuster (physiologisches somatisches Schluckmuster am Gaumen unter Zahnkontakt versus viszerales Schluckmuster ohne Zahnkontakt mit Zunge zwischen den Zahnreihen, ggf. mit pathologischer Aktivität der Lippen- und Mentalismuskeln)
- Habits (u.a. Lutschgewohnheiten, Lippen-, Wangen- und Zungenhabits wie Beißen, Saugen und Pressen, autoaggressive Fehlfunktionen wie Fingernägelkauen)
- Artikulationsstörungen (Lautbildung) wie Sigmatismus/ Lispeln, die ggf. einer weiteren logopädischen Abklärung bedürfen

Es ist festzuhalten, dass eine einheitliche standardisierte Diagnostik von orofazialen Dysfunktionen bisher noch nicht existiert. Kilinc et al. erwähnen in diesem Kontext die Verwendung eines Diagnoseprotokolls mit Punktesystem (Orofacial Examination Test with Scores, OMES), welches die folgenden Domänen, jeweils mit einer individuellen Graduierung des Schweregrads, abbildet: Erscheinungsbild/ Haltung der Lippen, Kiefer, Wangen, Gesicht, Zunge, Mobilität der Lippen, Zunge, Kiefer und Wangen sowie die Funktionen: Atmung, Schlucken und Kauen (Kilinc und Mansiz 2023). Die Validität und Reliabilität des OMES-Testprotokolls wurde von Felício und Ferreira im Vergleich mit

einer qualitativen Analyse hervorgehoben (Felício und Ferreira 2008). Therapieansätze zur Korrektur umfassen dann apparative und nicht-apparative Maßnahmen mit dem Ziel der funktionellen Harmonisierung. Die individuellen Bedürfnisse sind bei der Wahl der Therapie von Bedeutung - oft sind interdisziplinäre Ansätze notwendig.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die funktionelle Befunderhebung, Früherkennung funktioneller Dysbalancen und deren funktionelle Therapie vor und während einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung essenziell für den Therapieerfolg und das Erreichen eines langfristig stabilen Therapieergebnisses sowie zur Prävention weiterführender gesundheitlicher Schäden bzw. Einschränkungen sind.

5.5 CMD-Screening

Konsensbasierte Empfehlung 7: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Regel- oder Spätbehandlung sollte ein (orientierendes) CMD-Screening (Schmerzanamnese, Muskulatur, Kiefergelenke, Funktionseinschränkungen) durchgeführt werden, um abzuklären, ob vor Beginn irreversibler kieferorthopädischer Maßnahmen eine erweiterte CMD-Diagnostik und ggf. CMD-Therapie indiziert ist. Abstimmung: 32/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Kieferorthopädische Maßnahmen stellen ähnlich wie prothetisch-restaurative Maßnahmen mit Kauflächenumgestaltung in der Regel irreversible Veränderungen der Okklusion dar, und es gelten daher vor Aufnahme einer kieferorthopädischen Behandlung ähnliche Grundsätze im Hinblick auf die vorgeschaltete Diagnostik, die in einer Wissenschaftlichen Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT) 2022 ausführlich dargelegt wurden (Imhoff et al. 2022). Zudem treten – insbesondere mit hoher Prävalenz bei Mädchen – klinische Zeichen und Symptome einer CMD in einer Altersgruppe auf, bei der häufig auch eine kieferorthopädische Behandlung erfolgt (Hirsch 2019). Dies vermag dazu zu führen, dass fälschlicherweise eine Kausalität zwischen einer kieferorthopädischen Behandlung und kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD) angenommen wird, zumal die Prävalenz mit dem Alter ansteigt (American Academy of Pediatric Dentistry 2024).

Studientypen: Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen kieferorthopädischer Behandlung und der Diagnose kranio-mandibulärer Dysfunktionen stützt sich auf wissenschaftliche Mitteilung (Imhoff et al. 2022), eine prospektive Kohortenstudie (Katsikogianni et al. 2021), eine Querschnittsstudie (LeResche et al. 2005) sowie evidenzbasierte diagnostische Instrumente "Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders" (DC/TMD) (Schiffman et al. 2014) sowie auf diagnostische Screeningmethoden (Peroz et al. 2024). Diese Instrumente werden als Grundlage für die Erfassung und Klassifizierung von Symptomen und Befunden der CMD verwendet. Es ist anzumerken,

dass bisher keine Studien zu direkten vergleichenden Analysen verschiedener Methoden zur Diagnose einer CMD im Vorfeld einer kieferorthopädischen Behandlung vorliegen. Somit können die Auswirkungen unterschiedlicher diagnostischer Ansätze auf die Therapieplanung oder damit einhergehende mögliche Risiken für die Patienten nicht abschließend beurteilt werden.

Population: Die betroffene Population umfasst Kinder und Jugendliche (LeResche et al. 2005; Katsikogianni et al. 2021), insbesondere Mädchen in einer Altersgruppe, die häufig kieferorthopädisch behandelt werden sowie Jugendliche mit CMD-Risikofaktoren. Die hinzugezogenen Screening-Verfahren sind vornehmlich für Erwachsene und somit Patienten der Spätbehandlung zutreffend (Schiffman et al. 2014).

Intervention: Im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik und Behandlung sind folgende Interventionen relevant: Screening-Verfahren, d.h. einfache und multidimensionale Screening-Ansätze zur Identifizierung funktioneller Störungen im Sinne einer funktionellen Basisdiagnostik im kranio-mandibulären System vor einer kieferorthopädischen Behandlung (Schiffman et al. 2014; Katsikogianni et al. 2021; Peroz et al. 2024).

Outcomes: Die zentralen Outcomes waren die Erfassung von Risikofaktoren für in Verbindung mit einer Schmerzsymptomatik (LeResche et al. 2005), sowie die Erfassung der Notwendigkeit von CMD-Screenings (Schiffman et al. 2014; Peroz et al. 2024) und die Prüfung eines erhöhten Risikos für schwerwiegende Erkrankungen des Kiefergelenks.

Bewertung: Für die kieferorthopädische Erstdiagnostik sind in der Regel wenig aufwändige Screening-Verfahren zur Identifizierung funktioneller Störungen ausreichend. Neben forensischen Gründen (Dokumentation) können hiermit mögliche Vorschädigungen im Kausystem erkannt werden. Durch den Einsatz dieser multidimensionalen Screening-Ansätze lässt sich z.B. abklären, ob vor Aufnahme einer kieferorthopädischen Behandlung weitere diagnostische Maßnahmen im Hinblick auf die CMD indiziert sind. Die wissenschaftliche Mitteilung der DGFDt vertritt eine ähnliche Einschätzung (Imhoff et al. 2022). Seitens der DGFDt steht hier ein Screeningbogen (Befundbogen "CMD-Screening") zur Verfügung (Peroz et al. 2024). Der Befundbogen "CMD-Screening" der DGFDt eignet sich für die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse und stellt einen Vorschlag seitens der Fachgesellschaft für den Umfang und die Durchführung eines CMD-Screenings dar. Das CMD-Screening erfüllt dabei gemäß DGFDt die Aufgabe einer funktionellen Basisdiagnostik im kranio-mandibulären System. Positive Befunde begründen eine erweiterte oder weiterführende Untersuchung. Neben schmerzanamnestischen Angaben werden im Rahmen dieser CMD-Basisdiagnostik Schmerzen in der Kaumuskulatur evaluiert (z.B. bei Palpation des Referenzmuskels M. masseter, Pars superficialis), Kiefergelenkgeräusche (Knacken oder Reiben) oder Schmerzen bei prä- oder intraaurikulärer Palpation des Kiefergelenks oder bei Kieferöffnung sowie Limitationen der aktiven Kieferöffnung < 40 mm und Okklusionsstörungen in Statik und Dynamik festgestellt. In einer Bewertungsmatrix wird festgelegt, ob eine erweiterte Diagnostik angezeigt ist. Im Hinblick auf eventuell notwendige weitere diagnostische Verfahren stehen seit der Entwicklung der „Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders“ (RDC/TMD) und ihrer Weiterentwicklung in den „Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders“ (DC/TMD) evidenzbasierte diagnostische Instrumente zur Verfügung. Dieses Klassifikationssystem basiert auf einem bio-psycho-sozialen Modell des Schmerzes und umfasst

eine körperliche Beurteilung (Achse I) unter Verwendung zuverlässiger, gut operationalisierter diagnostischer Kriterien sowie eine Beurteilung der psychosozialen Situation (Achse II) und der schmerzbedingten Beeinträchtigung (Schiffman et al. 2014). Es ist anzumerken, dass sowohl die DC/TMD als auch die verfügbaren CMD-Screenings nicht explizit für die Anwendung bei Kindern entwickelt und validiert wurden. Analysen zur Anwendbarkeit des DC/TMD bei Kindern im Alter von 8-12 Jahren zeigen, dass das Konzept des bekannten Schmerzes für diese Altersgruppe kaum anwendbar zu sein scheint, dass Geräusche der Kiefergelenke von Kindern dieser Altersgruppe kaum wahrgenommen werden und dass Fragen zu Schmerzen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums eher auf Ereignisse bezogen sind, die diesen Zeitraum definieren und nicht auf den Schmerz selbst (Katsikogianni et al. 2021). Daher ist die Bedeutung eines CMD-Screenings bei Kindern im Alter von 8-12 Jahren noch nicht ausreichend geklärt. Auf der anderen Seite konnten LeResche et al. zeigen, dass viele Risikofaktoren für den Beginn von klinisch signifikanten Kiefergelenkschmerzen bei Jugendlichen und Erwachsenen ähnlich sind (LeResche et al. 2005). Diese Befunde legen nahe, dass Individuen, die in der Adoleszenz CMD-Symptome entwickeln, eine zugrundeliegende Anfälligkeit für das Erleben von Schmerzen haben, die nicht auf die orofaziale Region beschränkt ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Durchführung eines CMD-Screenings vor einer kieferorthopädischen Regel- oder Spätbehandlung neben forensischen Gründen wichtig für die Frage bzgl. der Notwendigkeit weitergehender CMD-Diagnostik und CMD-Therapie ist.

5.6 Modellanalyse von Situationsmodellen

Konsensbasierte Empfehlung 8: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung sollen dreidimensionale Kiefermodelle analysiert werden. <u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung sollten zur Kontrolle des Therapieverlaufs, zur Planung weiterer Behandlungsaufgaben und zur Erkennung von unerwünschten Nebenwirkungen dreidimensionale Kiefermodelle analysiert werden. Abstimmung: 33/0/0 (ja/ nein/ Enthaltungen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 9: (neu/2025)	
<u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh- oder Regelbehandlung kann die dreidimensionale Modellanalyse zusätzlich zur Reevaluation von Wachstumsprozessen und zur Überwachung des Zahnwechsels durchgeführt werden. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasiertes Statement 4: (neu/2025)	
Die dreidimensionale Modellanalyse kann anhand von haptischen oder virtuellen Modellen erfolgen, da die Messunterschiede klinisch nicht relevant sind. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 10: (neu/2025)	
Künstliche Intelligenz (KI) kann im Zusammenhang mit der dreidimensionalen Modellanalyse unterstützend in Erwägung gezogen werden. Die klinische Befundung und Therapieplanung durch einen approbierten Zahnmediziner werden durch künstliche Intelligenz (KI) nicht ersetzt. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Die Analyse dreidimensionaler Kiefermodelle ist unverzichtbarer Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik vor bzw. im Verlauf einer Behandlung und hat Auswirkungen auf die Therapieplanung (Baumrind et al. 1996; Antoszewska-Smith et al. 2017). Anhand der Modellvermessung werden im Front- und Seitenzahnggebiet Aussagen zur Platzbilanz und Relation der Größe des Zahnmaterials im Ober- und Unterkiefer (Bolton 1958) sowie zur Okklusion und Fehlstellungen in allen drei Ebenen getroffen (Andrews 1972). Studien haben gezeigt, dass die berechnete Platzbilanz Auswirkungen auf die Entscheidung hinsichtlich der Extraktion permanenter Zähne hat (Antoszewska-Smith et al. 2017). Dennoch ist in vielen Fällen eine differenzierte Beurteilung nur unter Zuhilfenahme einer FRS-Analyse möglich (Rakosi und Jonas 1980).

Studientypen: Die zum Thema dreidimensionale Modellanalyse hinzugezogene Literatur setzte sich aus 14 Querschnittsstudien (Stevens et al. 2006; Leifert et al. 2009; Wallis et al. 2014; Naish et al. 2016;

Reuschl et al. 2016; Grewal et al. 2017; Ali et al. 2018; Lee et al. 2019; Ulhaq et al. 2019; Schieffer et al. 2022; Kardach et al. 2023; Paddenberg et al. 2023b; Lam et al. 2024; Tom et al. 2024), einer Kohortenstudie (Francisconi et al. 2014) und einer nicht-randomisiert-kontrollierten Studie (Liczmanski et al. 2020) zusammen. Des Weiteren wurden fünf systematische Reviews (Rischen et al. 2013; Almeida et al. 2015; Pachêco-Pereira et al. 2015; Evangelista et al. 2022; Serrano-Velasco et al. 2023), die in einem Fall um eine Meta-Analyse ergänzt wurde (Evangelista et al. 2022), sowie zwei Übersichtsarbeiten (Little 1975; Baumrind et al. 1996) berücksichtigt.

Population: Die insgesamt eingeschlossene Population repräsentiert das kieferorthopädische Patientengut zu allen Behandlungszeitpunkten. Einige Untersuchungen setzten ein vollständiges permanentes Gebiss voraus (Stevens et al. 2006; Leifert et al. 2009; Almeida et al. 2015; Reuschl et al. 2016; Grewal et al. 2017; Ali et al. 2018; Kardach et al. 2023; Tom et al. 2024), andere hingegen ein Wechselgebiss (Liczmanski et al. 2020; Schieffer et al. 2022; Lam et al. 2024). Weitere Einschränkungen waren das Vorhandensein bestimmter sagittaler Okklusionsverhältnisse (Baumrind et al. 1996; Francisconi et al. 2014; Ali et al. 2018), Nichtanlagen (Ulhaq et al. 2019) oder frontaler Engstände (Leifert et al. 2009; Wallis et al. 2014; Almeida et al. 2015; Naish et al. 2016; Tom et al. 2024).

Intervention: Die im Zusammenhang mit der kieferorthopädischen Modellanalyse untersuchten Interventionen waren dreidimensionale Kiefermodelle, die entweder in analoger oder digitaler Form vorlagen. Viele Studien evaluierten prätherapeutische Modelle (Baumrind et al. 1996; Ali et al. 2018), jedoch auch Modelle zur Verlaufskontrolle (Lee et al. 2019). In Bezug auf digitale Modelle wurden verschiedene Formen digitaler Modelle konventionellen gegenübergestellt (Leifert et al. 2009; Schieffer et al. 2022; Lam et al. 2024). Zur Bewertung der Künstlichen Intelligenz im Zusammenhang mit Kiefermodellen wurden automatisierte Modellanalysen oder hierauf basierende Entscheidungen mit Expertenmeinungen verglichen (Evangelista et al. 2022; Lam et al. 2024).

Outcomes: Die Frage nach der Notwendigkeit von Modellanalysen in der Kieferorthopädie wurde anhand verschiedener Zielgrößen bewertet. Häufig wurden Therapieentscheidungen, wie die Notwendigkeit von Extraktionen oder das Lückenmanagement bei Nichtanlagen, in Abhängigkeit von bestimmten Parametern der Modellanalyse untersucht (Baumrind et al. 1996; Rischen et al. 2013; Almeida et al. 2015; Ali et al. 2018; Ulhaq et al. 2019). Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich der visuell bestimmten Engstands-Quantifizierung gegenüber dem gemessenen Platzmangel hinsichtlich der Übereinstimmung in Diagnose und Therapieplanung (Tom et al. 2024). Weiterhin wurden die diagnostische Reliabilität und Präzision von Variablen der Modellanalyse (Stevens et al. 2006; Lee et al. 2019; Schieffer et al. 2022; Serrano-Velasco et al. 2023) sowie Übereinstimmungen in der Therapieplanung (Pachêco-Pereira et al. 2015; Evangelista et al. 2022) im Vergleich zu anderen diagnostischen Maßnahmen einschließlich anderer Modellarten analysiert. In der Bewertung zwischen konventionellen und digitalen Modellen erfolgte ein Vergleich der zur Analyse und Modellherstellung benötigten Zeit, sowie der während der Herstellung relevanten Patientenwahrnehmung (Serrano-Velasco et al. 2023; Lam et al. 2024). Ein Vergleich von Parametern der Modellanalyse zu verschiedenen Behandlungszeitpunkten wurde ebenfalls durchgeführt (Francisconi et al. 2014).

Bewertung: Die dreidimensionale Modellanalyse erlaubt eine Beurteilung der Platzbilanzen sowie der Okklusion und Einzelzahnfehlstellungen in allen drei Raumebenen und wird regelhaft bei

kieferorthopädischen Patienten zur Therapieplanung sowie zur Verlaufskontrolle angefertigt. Die Modellanalyse ist nicht nur vor und während der Therapie, sondern auch nach aktiver Behandlung sinnvoll, um beispielsweise Retentionsmaßnahmen abzuschätzen und das Therapieergebnis hinsichtlich seiner Langzeitstabilität zu beurteilen (Francisconi et al. 2014). Zur Objektivierung der Befunde der Modellanalyse können zusätzlich Indizes verwendet werden. Beispielsweise ermöglicht der Irregularitätsindex von Little eine Quantifizierung des anterioren Engstandes im Unterkiefer (Little 1975). Die Modellauswertung kann dazu beitragen, Fehlentscheidungen, insbesondere im Hinblick auf Extraktionen bei Engständen, zu vermeiden (Wallis et al. 2014; Naish et al. 2016; Tom et al. 2024). Die anhand der Kiefermodelle bestimmten Parameter ermöglichen - ergänzend zum FRS und anderen diagnostischen Maßnahmen - eine Einschätzung der geplanten Therapie im individuellen Patientenfall. Hierzu zählt auch die Entscheidung über die Notwendigkeit von Extraktionen permanenter Zähne (Baumrind et al. 1996; Ali et al. 2018). Neben Engstandskorrekturen hilft die Modellanalyse auch bei der Entscheidung Lückenschluss oder Lückenöffnung bei Nichtanlagen durch eine Analyse der Platzbilanz (Ulhaq et al. 2019). Des Weiteren können Kiefermodelle dazu beitragen, Zahnachsen einschließlich der Wurzelpositionen auch während der Therapie zu beurteilen (Lee et al. 2019). Die Modellanalyse stellt daher unter Berücksichtigung aller vorliegenden Befunde eine wichtige Grundlage für die individuell jeweils korrekte Therapieoption dar (Almeida et al. 2015). Unterstützend können Parameter der Modell- und FRS-Analyse dazu beitragen, die zu erwartenden Veränderungen der Platzbilanz infolge orthodontischer Frontzahnbewegungen abzuschätzen (Paddenberg et al. 2023b). Es ist inzwischen möglich, die Modellanalyse nicht nur an konventionellen Gipsmodellen, sondern auch digital durchzuführen. Digitale Modellanalysen können anhand gescannter Gipsmodelle oder anhand mittels Intraoralscan generierter digitaler Modelle durchgeführt werden, da die Messunterschiede klinisch nicht relevant sind (Liczmanski et al. 2020). Vergleichende Studien schlussfolgerten, dass die Unterschiede hinsichtlich der Messungen und Therapieplanungen klinisch akzeptabel sind (Stevens et al. 2006; Leifert et al. 2009; Rischen et al. 2013; Pachêco-Pereira et al. 2015; Reuschl et al. 2016; Grewal et al. 2017; Schieffer et al. 2022; Kardach et al. 2023; Serrano-Velasco et al. 2023; Lam et al. 2024). In der Literatur finden sich Hinweise, dass die digitale Modellanalyse mit einer Zeitersparnis einhergeht (Reuschl et al. 2016; Lam et al. 2024). Auch scheinen Intraoralscans von Patienten als angenehmer empfunden zu werden als konventionelle Abformungen und teils weniger Zeit in Anspruch zu nehmen (Serrano-Velasco et al. 2023). Schließlich ist festzuhalten, dass der Kliniker auch bei der Modellanalyse durch Künstliche Intelligenz Unterstützung findet. Allerdings zeigen sich einige Abweichungen gegenüber einer konventionellen (digitalen) Modellanalyse – sowohl bei der Diagnostik (Lam et al. 2024), als auch bei der Therapieplanung (Evangelista et al. 2022). Daher ist KI im Zusammenhang mit Kiefermodellen aktuell nur als Ergänzung zu sehen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine kieferorthopädische Modellanalyse vor bzw. während einer Therapie bei Patienten der Früh-, Regel- und Spätbehandlung angezeigt ist. Hierbei besteht die Möglichkeit, dies mithilfe konventioneller bzw. digitaler Modelle durchzuführen. KI ist hierbei jedoch nur als Ergänzung zur Analyse des Behandlers anzusehen.

5.7 Radiologische Basisdiagnostik (OPG/ PSA und FRS)

5.7.1 Orthopantomogramm/ Panoramaschichtaufnahme (OPG/ PSA)

Konsensbasierte Empfehlung 11: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Frühbehandlung sollte ein Orthopantomogramm (Panoramaschichtaufnahme) befundet werden, wenn hieraus eine Konsequenz für die Therapieplanung zu erwarten ist. <u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Regel- oder Spätbehandlung soll ein Orthopantomogramm (Panoramaschichtaufnahme) befundet werden. <u>Während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung sollte zur Kontrolle des Therapieverlaufs, zur Planung weiterer Behandlungsaufgaben und zur rechtzeitigen Erkennung von unerwünschten Nebenwirkungen ein Orthopantomogramm (Panoramaschichtaufnahme) befundet werden, wenn umfangreiche Zahnbewegungen vorausgegangen sind oder eine Reevaluation der Strukturen des Kausystems erforderlich ist. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Orthopantomogramme sind in der Kieferorthopädie häufig angefertigte Röntgenaufnahmen, die als zweidimensionale Übersichtsaufnahmen zur Diagnostik des Kausystems und des nasomaxillären Komplexes dienen (Nötzel und Schultz 2009). Unter anderem verdeutlichen die hohen Prävalenzen dentoalveolärer Anomalien, welche anhand eines OPGs entdeckt werden (Bilge et al. 2018; AlHudaithi et al. 2023), dessen Notwendigkeit zur prätherapeutischen Diagnostik und Therapieplanung (Stivaros et al. 2000; Alqareer et al. 2021). Anhand der OPG-Befundung ist eine Abschätzung potentieller Risiken, zum Beispiel von Zahnwurzelresorptionen, möglich (Kjær 1995; Sambale et al. 2024a). Darüber hinaus ist es möglich, das dentale Alter zu bestimmen (Demirjian et al. 1973; Hofmann et al. 2017), welches sich auf die Therapieplanung auswirkt. Nicht nur prätherapeutisch sind OPG-Aufnahmen indiziert, sondern auch zur Kontrolle des Therapieverlaufs (Graber 1967; Poling 1999; Svejda et al. 2010), der Evaluation und zum rechtzeitigen Erkennen unerwünschter Nebenwirkungen (Sondeijker et al. 2020) sowie zur Planung weiterer Behandlungsaufgaben (Poling 1999; Niedzielska et al. 2006). Eine Reevaluation des bisherigen Behandlungsfortschrittes ist beispielsweise erforderlich, um therapeutisch korrekte Wurzelangulationen einzustellen, Resorptionen rechtzeitig zu erkennen und den Zahnwechsel zu kontrollieren (Graber 1967). Das Unterlassen einer derartigen Evaluation birgt das Risiko, dem Patienten Schaden durch eine individuell inadäquate Therapieplanung zuzufügen.

Studientypen: Die Fragestellung nach der Notwendigkeit eines OPGs in der kieferorthopädischen Diagnostik wurde anhand von 13 Querschnittsstudien (Stivaros et al. 2000; Niedzielska et al. 2006; Uslu et al. 2009; Sonis und Ackerman 2011; Isola et al. 2017; Hofmann et al. 2017; Bilge et al. 2018;

Björksved et al. 2019; Alqareer et al. 2021; Futyma-Gąbka et al. 2022; AlHudaithi et al. 2023; Schonberger et al. 2023; Paddenberg et al. 2024), zwei Kohortenstudien (Kinzing et al. 2004; Kinzing et al. 2010) und einer randomisiert-kontrollierten Studie (Naoumova und Kjellberg 2018) bearbeitet. Des Weiteren wurden in der Bewertung vier Leitlinien berücksichtigt, die allgemein Röntgen in der Kieferorthopädie (Isaacson et al. 2015; Kapetanović et al. 2021), kieferorthopädisch induzierte externe apikale Wurzelsorptionen (Sondeijker et al. 2020) sowie das kieferorthopädische Management nicht angelegter permanenter Schneidezähne in radiologischem Kontext untersuchten (Ministry of Health Malaysia 2012).

Population: Die Population der eingeschlossenen Studien spiegelt grundsätzlich die Patienten der Kieferorthopädie wider, wenngleich einige Studien nur bestimmte Altersgruppen untersuchten. Manche Studien selektierten die Patienten in Bezug auf verschiedene Kriterien: teilweise wurden nur Fälle mit Anlage aller (Hofmann et al. 2017) oder der unteren Weisheitszähne (Niedzielska et al. 2006) untersucht, während andere Autoren nur Patienten mit verlagerten Eckzähnen analysierten (Naoumova und Kjellberg 2018; Björksved et al. 2019). Sonis und Ackermann schlossen nur Patienten mit Lingualbogen zur Nutzung des E-Spaces bei anteriorem Engstand im Unterkiefer ein (Sonis und Ackerman 2011).

Intervention: Alle berücksichtigten Studien fertigten ein OPG zur Diagnostik an. Einige Studien verglichen die Aussagekraft des OPGs mit der eines DVTs (Björksved et al. 2019; Alqareer et al. 2021).

Outcomes: Zur Beurteilung der Notwendigkeit eines prätherapeutischen OPGs in der Kieferorthopädie wurden Übereinstimmungen in der Diagnose und Therapieplanung mit anderen diagnostischen Maßnahmen erfasst (Atchison et al. 1991; Bruks et al. 1999; Björksved et al. 2019; Alqareer et al. 2021). Als Surrogatparameter für das Erfordernis dieser Röntgenaufnahme wurde die Prävalenz von dentoalveolären Anomalien untersucht (Uslu et al. 2009; Bilge et al. 2018; AlHudaithi et al. 2023; Schonberger et al. 2023). Auch wurde die anhand des OPGs erfasste Diagnostik und Therapieplanung verschiedener Parameter, wie die Bestimmung des dentalen Alters (Hofmann et al. 2017; Paddenberg et al. 2024) oder des Ausmaßes von Wurzelresorptionen (Futyma-Gąbka et al. 2022), bestimmt.

Bewertung: Die Prävalenz dentoalveolärer Anomalien variiert in Abhängigkeit von der untersuchten Population und ist generell hoch (Uslu et al. 2009; Bilge et al. 2018; AlHudaithi et al. 2023; Schonberger et al. 2023). Vor Beginn einer kieferorthopädischen Behandlung ist daher eine prätherapeutische Abklärung notwendig. Mit wenigen Ausnahmen ist hierfür das Orthopantomogramm (OPG) geeignet, da es eine umfassende Beurteilung der Dentition, der Zahnwurzeln sowie der umgebenden Strukturen (Kapetanović et al. 2021) und somit eine exakte Bestimmung von Anzahl, Position und Morphologie retinierter oder nicht durchgebrochener Zähne (Isaacson et al. 2015) ermöglicht. Diese diagnostischen Vorteile werden in internationalen Leitlinien, einschließlich der britischen und niederländischen Leitlinien zur Röntgendiagnostik in der Kieferorthopädie, bestätigt (Ministry of Health Malaysia 2012; Isaacson et al. 2015; Kapetanović et al. 2021).

Im Fall retinierter Zähne, beispielsweise palatinal verlagelter Eckzähne, spielt das OPG eine wichtige Rolle bei der Erstdiagnostik. Es ermöglicht zudem die differenzialdiagnostische Identifikation von Pathologien wie Odontomen (Isola et al. 2017). Für die Therapieplanung palatinal verlagelter Eckzähne ist das OPG in Kombination mit dem klinischen Befund häufig ausreichend. Bei komplexeren

Verlagerungen mit der Notwendigkeit von 3D-Informationen für die Therapieplanung wird entsprechend der patientenindividuellen Situation zur weiteren Präzisierung der Diagnostik oft eine weitere Bildgebung, in der Regel ein DVT, notwendig (Björksved et al. 2019). Die OPG-basierte Analyse der Eckzahnangulation zur Mittellinie liefert wichtige Hinweise für die Behandlungsentscheidung, insbesondere hinsichtlich der Erfolgsaussichten eines Einstellungsversuchs (Stivaros et al. 2000). Persistieren Milcheckzähne bei verlagerten Eckzähnen, erlaubt das OPG die Bewertung extraktionsrelevanter Parameter für die Milcheckzähne (Naoumova und Kjellberg 2018).

Darüber hinaus ermöglicht das OPG eine klinisch ausreichende Beurteilung der mesio-distalen Wurzelposition, ein wichtiger Faktor für die korrekte Bracket-Positionierung und die Planung von Biegungen zweiter Ordnung bzw. für das Umkleben von Brackets (Alqareer et al. 2021). Im Wechselgebiss und frühen permanenten Gebiss dient die Beurteilung der Angulation der Vorhersage einer möglichen Impaktion zweiter Molaren, insbesondere falls der Leeway-Space im Unterkiefer zur Auflösung eines frontalen Engstandes verwendet wird (Sonis und Ackerman 2011). Auch die Stellung dritter Molaren kann durch das OPG prognostisch bewertet werden, um eine mögliche Extraktionsnotwendigkeit bei nicht erwarteter regulärer Einstellung besser abschätzen zu können (Niedzielska et al. 2006).

Ein weiterer wichtiger Aspekt der radiologischen Diagnostik ist die Überwachung orthodontisch induzierter externer apikaler Wurzelresorptionen (Sondeijker et al. 2020). Das OPG bietet hier die Möglichkeit, solche Wurzelresorptionen in einem klinisch akzeptablen Ausmaß zu beurteilen und gegebenenfalls die Therapieplanung anzupassen (Futyma-Gąbka et al. 2022). Die Beurteilung des dentalen Alters und der Zahnentwicklung mithilfe des OPG ermöglicht zudem eine genauere Einschätzung des idealen Behandlungszeitpunkts als die Orientierung am chronologischen Alter und trägt so zur Optimierung der Behandlungsplanung bei (Hofmann et al. 2017; Paddenberg et al. 2024). Während der Behandlung wird das OPG zur Überwachung von Fortschritten und der Identifikation unerwünschter Nebenwirkungen, wie Zahnwurzelresorptionen oder strukturellen Veränderungen im Kausystem, eingesetzt. Die regelmäßige Reevaluation der Dentition nach Abschluss der ersten funktionskieferorthopädischen Phase einer Zwei-Phasen-Therapie dient der Planung der weiteren orthodontischen Maßnahmen (Kinzinger et al. 2010). Auch bei Distalisationsmaßnahmen im Oberkiefer ermöglicht das OPG die Analyse des retromolaren Raumes und erleichtert so die Therapieplanung (Kinzinger et al. 2004).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das OPG eine umfassende Analyse des gesamten Kausystems im Rahmen der initialen Therapieplanung und der Überwachung des Therapieverlaufes ermöglicht. Eine geeignete radiologische Diagnostik ist somit in der Regel essenzieller Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik, da ansonsten Pathologien wie Odontome, verlagerte bzw. retinierte Zähne oder morphologische Abweichungen an den zu bewegenden Zähnen übersehen werden.

5.7.2 Fernröntgenseitenbild und Kephalometrie (FRS)

Konsensbasierte Empfehlung 12: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Frühbehandlung sollte ein Fernröntgenseitenbild kephalometrisch analysiert werden, wenn hieraus eine Konsequenz für die Therapieplanung zu erwarten ist. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 13: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Regelbehandlung soll ein Fernröntgenseitenbild kephalometrisch analysiert werden, wenn hieraus eine Konsequenz für die Therapieplanung zu erwarten ist. Abstimmung: 33/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 14: (neu/2025)	
<u>Vor</u> einer kieferorthopädischen Spätbehandlung soll ein Fernröntgenseitenbild kephalometrisch analysiert werden, wenn sagittale Frontzahnbewegungen geplant sind oder Kenntnisse bezüglich des Gesichtsschädelaufbaus von differentialtherapeutischer Relevanz sind. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 15: (neu/2025)	
<u>Während</u> einer kieferorthopädischen Regel- oder Spätbehandlung sollte zur Kontrolle des Therapieverlaufs, zur Planung weiterer Behandlungsaufgaben und zur rechtzeitigen Erkennung von unerwünschten Nebenwirkungen ein Fernröntgenseitenbild kephalometrisch analysiert werden, wenn hieraus eine Konsequenz für die Therapieplanung zu erwarten ist. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 16: (neu/2025)	
Künstliche Intelligenz (KI) kann im Zusammenhang mit der kephalometrischen Auswertung eines Fernröntgenseitenbildes unterstützend in Erwägung gezogen werden. Die klinische Befundung und Therapieplanung durch einen approbierten Zahnmediziner werden durch künstliche Intelligenz (KI) nicht ersetzt. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Die FRS-Analyse erlaubt die sagittale und vertikale Diagnostik von skelettalen und dentalen Anomalien, sowie eine Beurteilung weichgewebiger Parameter im Bezug zur skelettalen/dentoalveolären Basis. Ebenso liefert sie in vielen Fällen während der laufenden Therapie einen klinisch relevanten Erkenntnisgewinn (Cozza et al. 2004; Kapetanović et al. 2021). Im Unterschied zur dreidimensionalen Modellanalyse ist somit eine Differenzierung zwischen dentoalveolären und skelettalen Befunden möglich.

Studientypen: Die im Zusammenhang mit der FRS-Analyse berücksichtigte Literatur basiert auf zwölf Querschnittsstudien (Atchison et al. 1991; Baumrind et al. 1996; Bruks et al. 1999; Pae et al. 2001; Stellzig-Eisenhauer et al. 2002; Yared et al. 2006; Benyahia et al. 2011; Devereux et al. 2011; Durão et al. 2015; Ali et al. 2018; Eslami et al. 2018; Stupar et al. 2018), einer randomisierten Cross-Over-Studie (Nijkamp et al. 2008), drei Diagnosestudien (Kunz et al. 2020; Kunz et al. 2023; Paddenbergh et al. 2023b), einer randomisiert-kontrollierten Studie (Currell et al. 2018), sowie auf vier systematischen Reviews (Khanagar et al. 2021a; Khanagar et al. 2021b; Evangelista et al. 2022; Jihed et al. 2022). Letztere umfassten zum Teil auch eine Meta-Analyse (Evangelista et al. 2022; Jihed et al. 2022). Des Weiteren wurden eine Longitudinaluntersuchung (Lux et al. 1999), eine Übersichtsarbeit (Garib et al. 2010) sowie zwei Leitlinien (Isaacson et al. 2015; Kapetanović et al. 2021) zur Analyse herangezogen.

Population: Die im Rahmen der berücksichtigten Studien eingeschlossenen Patienten repräsentieren sowohl Patienten der Früh-, als auch der Regel- und Spätbehandlung. Einige Untersuchungen analysierten differenziert nur bestimmte Altersgruppen oder Anomalien. Beispielsweise wurden zur Etablierung einer Diskriminanzanalyse bei Klasse-III-Patienten nur Erwachsene mit dieser sagittalen Diskrepanz berücksichtigt (Stellzig-Eisenhauer et al. 2002; Benyahia et al. 2011; Eslami et al. 2018).

Intervention: Zur Evaluation der verfügbaren Literatur zur FRS-Thematik wurden Studien berücksichtigt, in denen ein FRS die Intervention darstellte. Einige Untersuchungen analysierten den Nutzen der FRS-Analyse, indem diagnostische Maßnahmen mit und ohne FRS in verschiedenen Fragestellungen gegenübergestellt wurden (Pae et al. 2001; Currell et al. 2018; Stupar et al. 2018). Andere Studien verglichen eine KI-Auswertung des FRS mit der Beurteilung durch einen klinischen Experten (Kunz et al. 2020; Khanagar et al. 2021a; Khanagar et al. 2021b; Evangelista et al. 2022; Jihed et al. 2022; Kunz et al. 2023).

Outcomes: Zur Bewertung wurden verschiedene Zielgrößen der eingeschlossenen Studien herangezogen. In vielen Fällen wurden die klinischen Auswirkungen der FRS-Analyse erfasst, indem Übereinstimmungen und Abweichungen in der Diagnose und Therapieplanung gegenüber einer Diagnostik ohne FRS bestimmt wurden (Atchison et al. 1991; Bruks et al. 1999; Pae et al. 2001; Ali et al. 2018; Currell et al. 2018). Des Weiteren wurde der Nutzen einer FRS-Analyse untersucht, indem die Sicherheit eines Behandlers in der Diagnose und Therapieplanung (Atchison et al. 1991; Pae et al. 2001) sowie die Einschätzung der Therapie-Schwierigkeit und Anomalie-Schwere (Pae et al. 2001) mit und ohne FRS festgehalten wurde. Indirekt wurde der Nutzen einer FRS-Analyse unter anderem dadurch belegt, dass FRS-Parameter zur Diskriminanzanalyse (Stellzig-Eisenhauer et al. 2002; Benyahia et al. 2011; Eslami et al. 2018) verschiedener Therapiemodalitäten identifiziert wurden. Ebenso wurde die Übereinstimmung zwischen KI- und Expertenauswertungen von FRS-Aufnahmen evaluiert (Kunz et al. 2020; Khanagar et al. 2021a; Khanagar et al. 2021b; Evangelista et al. 2022; Jihed et al. 2022).

Bewertung: Die Anfertigung einer FRS-Aufnahme ist prätherapeutisch sinnvoll, wenngleich von einem routinemäßigem Gebrauch ohne entsprechende Indikation abzuraten ist (Currell et al. 2018; Stupar et al. 2018). Insbesondere bei Patienten der Frühbehandlung ist die Indikation für ein FRS strenger zu stellen, da Risiken der Strahlenexposition bei Jüngeren erhöht sind (Isaacson et al. 2015) und die Therapieplanung angesichts der kürzeren Behandlungsdauer und des jüngeren skelettalen und dentalen Alters weniger umfangreich sein könnte. Die Evidenz zur Rolle von FRS-Aufnahmen mit kephalometrischer Analyse in der kieferorthopädischen Therapieplanung ist derzeit begrenzt und von methodischer Heterogenität der verfügbaren Studien geprägt. Einige Studien zeigen, dass je nach klinischer Fragestellung der Einfluss von FRS-Aufnahmen auf Diagnostik und Therapieplanung limitiert ist (Atchison et al. 1991; Nijkamp et al. 2008; Devereux et al. 2011; Durão et al. 2015; Stupar et al. 2018), wobei auch Unterschiede im Diagnoseprozess bei Vorliegen eines FRS aufgezeigt wurden (Bruks et al. 1999). Der niedrige Evidenzgrad (GRADE: „sehr niedrig“) limitiert evidenzbasierte Empfehlungen; es scheint jedoch, dass die Anfertigung eines FRS insbesondere bei skelettalen Diskrepanzen, umfangreichen Frontzahnbewegungen oder komplexen Therapieentscheidungen zu erwägen ist (Kapetanović et al. 2021). Dabei ermöglichen FRS-Aufnahmen wichtige Einschätzungen, etwa zur Frontzahninklination, zur Behandlung von Klasse-II-/ III-Malokklusionen oder zur Mitbewertung von Extraktionsbedarf (Baumrind et al. 1996; Ali et al. 2018). In diesem Zusammenhang konnte für bestimmte Malokklusionen gezeigt werden, dass Behandler in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit einer FRS-Aufnahme den Schweregrad einer Anomalie und die Therapieplanungen anders einschätzten (Pae et al. 2001). In Übereinstimmung mit den Empfehlungen der britischen (Isaacson et al. 2015) und holländischen Leitlinie zum Röntgen in der Kieferorthopädie (Kapetanović et al. 2021) stellen somit skelettale Diskrepanzen (Currell et al. 2018; Kapetanović et al. 2021), Fragen der Frontzahninklinationen (Kapetanović et al. 2021), die Therapieplanung von funktionskieferorthopädischen Maßnahmen oder festsitzenden Apparaturen (Isaacson et al. 2015) sowie umfangreiche Frontzahnbewegungen in sagittaler Richtung eine mögliche Indikation für die Anfertigung einer FRS-Aufnahme dar (Isaacson et al. 2015; Currell et al. 2018). Im Zusammenhang mit Prognosen des post-therapeutischen Platzangebotes können die Effekte von Veränderungen der prätherapeutischen Frontzahninklination und -position simuliert werden und zu einer individuell präziseren Therapieplanung beitragen (Paddenberg et al. 2023b). Die Informationen zur Bestimmung der Frontzahninklination und -position sind somit auch relevant, um parodontale Nebenwirkungen einer ungünstigen Frontzahnstellung zu reduzieren (Yared et al. 2006; Garib et al. 2010). Weiterhin

unterstützt das FRS die Vorhersage der individuell anzustrebenden Therapieoption, beispielsweise bei Klasse-III-Patienten, um besser zwischen einer rein kieferorthopädischen und einer kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Vorgehensweise zu unterscheiden (Stellzig-Eisenhauer et al. 2002; Benyahia et al. 2011; Eslami et al. 2018), auch wenn die prädiktive Wertigkeit kephalometrischer Variablen auf Basis einer Ist-Morphologie limitiert ist (Lux et al. 1999).

Auch während einer kieferorthopädischen Behandlung ist die Anfertigung und kephalometrische Analyse einer FRS-Aufnahme sinnvoll, wenn sich hieraus Konsequenzen für die Therapieplanung ergeben bzw. zur Evaluation der bereits erreichten Therapie skelettal und dentoalveolär, z.B. nach einer funktionskieferorthopädischen Behandlungsphase vor weiteren orthodontischen Maßnahmen. Gleichzeitig betonen internationale Leitlinien, wie die der British Orthodontic Society (BOS) und der Niederlande, die Bedeutung der Reduktion unnötiger Strahlenbelastung (Isaacson et al. 2015; Kapetanović et al. 2021). Der Fokus liegt damit auf einer indikationsbasierten, nicht auf einer routinemäßigen Anwendung des FRS.

Im Rahmen der Weiterentwicklung künstlicher Intelligenz (KI) ist es inzwischen möglich, dass KI bei der FRS-Analyse Anwendung findet (Kunz et al. 2020). Zudem kann KI im Zusammenhang mit FRS-Aufnahmen und anderen diagnostischen Maßnahmen den Kliniker in der Entscheidungsfindung, beispielsweise über die Notwendigkeit von Extraktionen oder Dysgnathie-Operationen, sowie zur Bestimmung des skelettalen Alters, unterstützen (Khanagar et al. 2021a; Khanagar et al. 2021b; Evangelista et al. 2022; Jihed et al. 2022). Angesichts der verfügbaren Evidenz kann KI zum derzeitigen Zeitpunkt jedoch nicht die Diagnose eines Behandlers ersetzen (Kunz et al. 2023).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die kephalometrische FRS-Analyse wichtiger Bestandteil der prätherapeutischen Diagnostik bei Patienten der Regel- und Spätbehandlung ist, wenn hieraus eine klinische Konsequenz zu erwarten ist. Eine gezielte, indikationsgeleitete Nutzung bietet somit in entsprechenden Fällen wichtige diagnostische Vorteile und unterstützt eine fundierte Therapieplanung. Bei Patienten der Frühbehandlung ist die Indikation strenger zu stellen. Auch während der Behandlung ist die Anfertigung einer FRS-Analyse sinnvoll, wenn sich daraus entsprechende therapeutische Konsequenzen ergeben. Es bleibt wichtig, künftig Studien von hoher methodischer Qualität durchzuführen, um die Rolle von FRS in Diagnostik und Therapieplanung weiter zu klären.

5.8 Radiologische Spezialdiagnostik (Handröntgen, Zahnfilm, DVT)

Konsensbasierte Empfehlung 17: (neu/2025)	
Zahnfilme können <u>vor</u> bzw. <u>während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- und Spätbehandlung bei spezifischen Fragestellungen in Erwägung gezogen werden, wenn hieraus eine Konsequenz für die Therapieplanung zu erwarten ist. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	
Konsensbasierte Empfehlung 18: (neu/2025)	
DVT-Aufnahmen sollen <u>vor</u> bzw. <u>während</u> einer kieferorthopädischen Früh-, Regel- oder Spätbehandlung aufgrund der gegenüber zweidimensionalen radiologischen Verfahren höheren Strahlenexposition nur bei spezifischen Fragestellungen angefertigt werden, wenn hieraus eine Konsequenz für die Therapieplanung zu erwarten ist. <u>Vor</u> und <u>während</u> der kieferorthopädischen Frühbehandlung ist die Indikation besonders streng zu stellen. DVT-Aufnahmen stellen keinen Bestandteil der kieferorthopädischen Routinediagnostik dar. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	
Konsensbasierte Empfehlung 19: (neu/2025)	
Handröntgenaufnahmen können <u>vor</u> bzw. <u>während</u> einer kieferorthopädischen Regelbehandlung indiziert sein, wenn die Kenntnis über den Wachstumsstand, besonders hinsichtlich des Restwachstums, wichtig für eine korrekte Therapieplanung ist und nicht hinreichend zuverlässig durch andere Methoden jenseits der Röntgendiagnostik erworben werden kann. Abstimmung: 34/0/0 (ja, nein, Enthaltung)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Einführung: Spezielle weiterführende bildgebende Maßnahmen können erforderlich werden, wenn mithilfe der vorhandenen Informationen eine klare Diagnose und Therapieplanung nicht möglich ist

(Kapetanović et al. 2021). Zahnfilme erlauben eine zweidimensionale Beurteilung der Zähne und Wurzeln, die unter anderem bei der Evaluation von Zahnwurzelresorptionen Anwendung findet (Ahuja et al. 2017) und somit Einfluss auf das therapeutische Procedere nimmt. Studien haben gezeigt, dass eine präzisere Beurteilung von Anomalien wie Verlagerungen (Botticelli et al. 2010) oder Odontomen (Kobayashi et al. 2013) mithilfe dreidimensionaler DVT-Aufnahmen möglich ist und dadurch Auswirkungen auf die Therapieplanung hat. In therapeutischen Fragestellungen, die abhängig vom Wachstumsstand des Patienten sind, können Handröntgenaufnahmen durch die skelettale Altersbestimmung Therapiemaßnahmen beeinflussen (Björk und Helm 1967; Kopecky und Fishman 1993).

Studientypen: Zur Beantwortung der Frage, welche speziellen bildgebenden Verfahren in der Kieferorthopädie indiziert sind, wurden 20 Querschnittsstudien (Levander und Malmgren 1988; Sameshima und Asgarifar 2001; Dudic et al. 2009; Botticelli et al. 2010; Haney et al. 2010; Hodges et al. 2013; Alqerban et al. 2014; Hoseini et al. 2016; Signorelli et al. 2016; Ahuja et al. 2017; Miresmaeili et al. 2017; Stoustrup et al. 2017; Tsolakis et al. 2018; Al-Okshi et al. 2019; Björksved et al. 2019; Sosars et al. 2020; Doğramaci et al. 2021; van Bunningen et al. 2022; Ihlis et al. 2023; Ng et al. 2024), drei Kohortenstudien (Franchi et al. 2013; Pavoni et al. 2018; Schubert et al. 2018), zwei Longitudinalstudien (Björk und Helm 1967; Grave und Townsend 2003), ein Fallbericht (Kobayashi et al. 2013) und eine randomisiert-kontrollierte Studie (Lemberger et al. 2024) hinzugezogen. Darüber hinaus wurden vier systematische Reviews (Eslami et al. 2017; Sun et al. 2018; Grauwe et al. 2019; Peralta-Mamani et al. 2024) eingeschlossen, die zum Teil auch Meta-Analysen durchgeführt haben (Sun et al. 2018; Peralta-Mamani et al. 2024). Außerdem trugen fünf Leitlinien (Isaacson et al. 2015; Oral Health Division, Ministry of Health Malaysia 2016; Sondeijker et al. 2020; Kapetanović et al. 2021; Schulze 2022) zur Bewertung der verfügbaren Literatur bei. Schließlich fanden zwei Übersichtsarbeiten (Scarfe et al. 2017; Fiorellini et al. 2021), sowie eine Kombination aus Übersichtsarbeit und Fallserie (Leach et al. 2001) Berücksichtigung.

Population: Zusammengefasst basieren die eingeschlossenen Studien auf Patienten der Früh-, Regel- und Spätbehandlung. Einige Untersuchungen setzten bestimmte Kriterien voraus wie Verlagerungen (Botticelli et al. 2010; Miresmaeili et al. 2017; Björksved et al. 2019; Sosars et al. 2020) oder Impaktionen von Eckzähnen (Alqerban et al. 2014; Eslami et al. 2017; Schubert et al. 2018; Tsolakis et al. 2018; Ihlis et al. 2023; Ng et al. 2024; Peralta-Mamani et al. 2024; Stoustrup et al. 2024). Andere Anomalien, die zur Einschränkungen des Studienkollektivs führten, waren das Vorhandensein von Odontomen (Kobayashi et al. 2013) oder Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten (Lemberger et al. 2024).

Intervention: Die im Kapitel zur speziellen Bildgebung berücksichtigten Interventionen waren Zahnfilme, DVT- und Handröntgen-Aufnahmen. Viele der analysierten Studien zum Thema Zahnfilm und DVT verglichen die spezielle Bildgebung mit einem OPG (Sameshima und Asgarifar 2001; Ahuja et al. 2017; Schubert et al. 2018; Sun et al. 2018; Björksved et al. 2019; Sosars et al. 2020; Fiorellini et al. 2021). Darüber hinaus wurde das DVT mehreren zweidimensionalen Röntgenbildern gegenübergestellt (Alqerban et al. 2014; Signorelli et al. 2016; Grauwe et al. 2019; Stoustrup et al. 2024). Teilweise erfolgte eine longitudinale Beobachtung der Patienten mittels derselben speziellen Bildgebung (Levander und Malmgren 1988). Die Handröntgenaufnahme wurde teilweise mit dem FRS verglichen (Hoseini et al. 2016).

Outcomes: Eine Vielzahl der evaluierten Studien verglich die Diagnosen und Therapieplanungen, die auf Basis unterschiedlicher Bildgebungen getroffen wurde, z.B. die Prävalenz und Schwere von Wurzelresorptionen sowie allgemein die Wurzelmorphologie in Abhängigkeit von der Röntgenaufnahme (Zahnfilm, OPG, DVT) (Sameshima und Asgarifar 2001; Ahuja et al. 2017; Al-Okshi et al. 2019; Doğramaci et al. 2021). Andere Studien beschrieben die Anwendung von Zahnfilmen bei verschiedenen klinischen Fragestellungen wie der Evaluation von parodontalen Verhältnissen (Fiorellini et al. 2021) oder Wurzelresorptionen (Levander und Malmgren 1988; Leach et al. 2001). DVT-basierte Untersuchungen analysierten im Zusammenhang mit verlagerten Zähnen die Übereinstimmung zwischen DVT- und zweidimensionalen Röntgenaufnahmen hinsichtlich der Lokalisations- und Resorptionsbestimmung sowie der Therapieplanung (Botticelli et al. 2010; Haney et al. 2010; Björksved et al. 2019; Ihlis et al. 2023; Peralta-Mamani et al. 2024). Außerdem wurden verschiedene Parameter im Zusammenhang mit der Strahlenexposition zwischen DVT und zweidimensionalen Röntgenaufnahmen verglichen (Signorelli et al. 2016). Handröntgenaufnahmen wurden hinsichtlich der Möglichkeit der Beurteilung des skelettalen Wachstums untersucht (Björk und Helm 1967) und mit der am FRS durchgeführten skelettalen Altersbestimmung verglichen (Hoseini et al. 2016). Indirekt wurde der Nutzen von Handröntgenaufnahmen auf die Therapieplanung evaluiert, indem Therapieeffekte in Abhängigkeit vom skelettalen Reifestand analysiert wurden (Pavoni et al. 2018).

Bewertung: Wenn die radiologische kieferorthopädische Basisdiagnostik (OPG und FRS) keine präzise Diagnose und Therapieplanung erlaubt, können spezielle Bildgebungen vor und während der Therapie indiziert sein (Leach et al. 2001; Kapetanović et al. 2021). Sofern das OPG keine präzise Beurteilung der Zahnwurzel ermöglicht, beispielsweise aufgrund von Verlagerungen, oder der Verdacht einer ausgeprägten Resorption besteht, sind Zahnfilme differentialdiagnostisch bei Einzelzahnproblematiken indiziert (Leach et al. 2001; Sondejker et al. 2020). Die Indikationen umfassen, wie aus der britischen Leitlinie hervorgeht, die Beurteilung der Wurzelform, sowie die Analyse nicht durchgebrochener Zähne oder apikaler Läsionen (Isaacson et al. 2015). Diese Bewertung beruht auf der Erkenntnis, dass anhand von Zahnfilmen die Wurzelmorphologie einschließlich Resorptionserscheinungen präziser als im OPG beurteilbar ist (Sameshima und Asgarifar 2001; Ahuja et al. 2017; Doğramaci et al. 2021). Zwar erlaubt das DVT im Vergleich zum Zahnfilm eine genauere Beurteilung der Wurzellänge, jedoch ist zur Minimierung der Strahlenexposition ein Zahnfilm zu präferieren (Al-Okshi et al. 2019). Im Zusammenhang mit der kieferorthopädischen Behandlung ist eine Beurteilung der Zahnwurzeln hinsichtlich ihrer Form und Länge erforderlich, um Pathologien wie Zahnwurzelresorptionen zu erkennen. Da das Vorhandensein bestimmter Wurzelformen und Resorptionserscheinungen nach kurzer aktiver Therapie eine Abschätzung des final zu erwartenden Resorptionsausmaßes erlaubt (Levander und Malmgren 1988), ist es möglich, dass ein Zahnfilm auch zur Verlaufskontrolle sinnvoll sein mag, um das ausstehende Behandlungsprocedere anzupassen. Darüber hinaus sind Zahnfilme geeignete Röntgenaufnahmen zur Beurteilung parodontaler Verhältnisse und können bei der Reevaluation des Verlaufs des Alveolarknochens im PA-geschädigten Gebiss hilfreich sein (Fiorellini et al. 2021). Die Kenntnis über den parodontalen Zustand eines Patienten ist essenziell für eine korrekte Therapieplanung, da bei Missachtung das Risiko irreversibler Schäden am Parodont besteht. Schließlich ist es möglich, dass der Zahnfilm als zweite Ebene bei der Lokalisationsbestimmung verlagelter Zähne sich als hilfreich darstellt (Isaacson et al. 2015).

DVT-Aufnahmen sind aufgrund der im Vergleich zu OPG und FRS höheren Strahlenexposition nur in speziellen Fragestellungen mit Einfluss auf die Therapieplanung oder zur topographischen Einordnung von Strukturen anzufertigen (Hodges et al. 2013; Signorelli et al. 2016). Diese Meinung wird auch von der britischen Leitlinie (Isaacson et al. 2015) und der S2k-Leitlinie (DGZMK/AWMF) zur dentalen digitalen Volumentomographie (Schulze 2022) vertreten. Sie stellen ausdrücklich keinen Bestandteil der Routinediagnostik dar, was auch auf (Ultra-)Low-Dose-DVTs zutrifft (Scarfe et al. 2017). Da DVT-Aufnahmen eine klinisch akzeptable FRS-Analyse erlauben (van Bunningen et al. 2022), ist in Fällen, in denen ein aussagekräftiges DVT aus anderen Gründen vorliegt, dieses zur kephalometrischen Vermessung heranzuziehen. Sind DVT-Aufnahmen indiziert, ist gemäß ALARA die Strahlenexposition auf ein Minimum zu reduzieren. In diesem Kontext konnte im Rahmen einer randomisiert-kontrollierten Studie nachgewiesen werden, dass DVT-Aufnahmen mit einem Ultra-Low-Dose-Protokoll eine mit dem Standard-Protokoll vergleichbare Darstellung von Zähnen und knöchernen Strukturen bei LKGS-Patienten zeigen (Lemberger et al. 2024). Zu den Indikationen eines DVTs zählt die Analyse topographischer Beziehungen anatomischer Strukturen (Sun et al. 2018). Diese Fragestellung bezieht sich häufig auf nicht durchgebrochene oder verlagerte Zähne, wenn die exakte Bestimmung von Lokalisation und Wurzelresorptionen Auswirkungen auf die Therapieplanung hat (Hodges et al. 2013). In der Literatur wurde diese Indikation häufig im Zusammenhang mit (palatinal) verlagerten Eckzähnen untersucht. Anhand des DVTs konnte eine exakte Lagebestimmung und Beurteilung von Resorptionen an Nachbarzähnen erreicht werden (Ng et al. 2024), welche die Präzision einer zweidimensionalen Röntgendiagnostik übertraf (Haney et al. 2010; Alqerban et al. 2014; Eslami et al. 2017; Tsolakis et al. 2018; Björksved et al. 2019; Grauwe et al. 2019; Ihlis et al. 2023; Peralta-Mamani et al. 2024; Stoustrup et al. 2024). Diese Bewertung wird auch von der britischen (Isaacson et al. 2015), der holländischen (Kapetanović et al. 2021), der malaysischen (Oral Health Division, Ministry of Health Malaysia 2016) und der deutschen Leitlinie zur digitalen Volumentomographie (Schulze 2022) geteilt. Darüber hinaus hatte das DVT Auswirkungen auf die Therapieplanung und -prognose (Botticelli et al. 2010; Alqerban et al. 2014; Miresmaeili et al. 2017; Schubert et al. 2018; Sosars et al. 2020; Ihlis et al. 2023; Stoustrup et al. 2024). Bei verlagerten oder impaktierten Zähnen ist ein DVT gegenüber zweidimensionalen Röntgenaufnahmen von Vorteil, da die exakte dreidimensionale Bestimmung der Lage und von Zahnwurzelresorptionen an Nachbarzähnen die Extraktionsentscheidung beeinflussen (Ihlis et al. 2023) oder wenn eine große Abweichung der Zahnachse zu verschiedenen Referenzebenen besteht (Stoustrup et al. 2024). Eine weitere DVT-Indikation ist die Abklärung von Odontomen zur Differentialdiagnostik und -therapie retinierter Zähne (Kobayashi et al. 2013). Auch die Diagnostik von überzähligen Zähnen, ausgeprägten skelettalen Diskrepanzen, Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten oder Pathologien wie Neoplasien können ein DVT rechtfertigen (Hodges et al. 2013; Scarfe et al. 2017; Grauwe et al. 2019), sowie insbesondere in der Spätbehandlung im Einzelfall spezifische Fragen zum peridental Knochengebot. Zahnwurzelresorptionen sind mithilfe eines DVTs zwar präziser zu beurteilen als mit Zahnfilmen (Dudic et al. 2009), ein DVT ist angesichts der höheren Strahlenexposition aber nur in Ausnahmefällen indiziert.

In der Zusammenschau der verfügbaren Evidenz ist festzuhalten, dass die digitale Volumentomographie (DVT) in der Kieferorthopädie nur bei spezifischen Fragestellungen indiziert ist, wenn weniger strahlenintensive Maßnahmen keine adäquate Diagnostik und Therapieplanung erlauben. Sofern eine DVT-Aufnahme indiziert ist, ist auf Möglichkeiten der Strahlenreduktion zu achten.

Handröntgenaufnahmen sind nur in speziellen Fragestellungen indiziert, wenn die Kenntnis über das noch erwartende Wachstum therapeutische Relevanz hat und diese Information nicht durch andere, risikoärmere Maßnahmen zu gewinnen ist. In solchen Fällen ist eine Röntgenaufnahme der Hand dazu geeignet, den skelettalen Entwicklungsstand zu bestimmen (Björk und Helm 1967). Klinisch ist beispielsweise die Kenntnis über den pubertären Wachstumsschub von Bedeutung, da zu diesem Zeitpunkt orthopädische Maßnahmen zur Wachstumsförderung des Unterkiefers den größten skelettalen Effekt zeigen (Grave und Townsend 2003; Franchi et al. 2013; Pavoni et al. 2018). Die holländische Leitlinie (Kapetanović et al. 2021) empfiehlt, das skelettale Alter am FRS und nicht am Handröntgen abzuschätzen, jedoch bleiben auch hier offene Fragen, da nur eine geringe Übereinstimmung von FRS und Handröntgenaufnahme hinsichtlich der Bestimmung des skelettalen Reifestandes besteht (Hoseini et al. 2016).

6 Wichtige Forschungsfragen

Wünschenswert sind für alle Bereiche der kieferorthopädischen Diagnostik weitere longitudinale (prospektive) kontrollierte Kohorten- bzw. Fall-Kontroll-Studien oder ggfls. - unter Vorbehalt der ethischen Vertretbarkeit - auch randomisiert-kontrollierte klinische Studien zu den Auswirkungen konkreter, selektiver diagnostischer Maßnahmen zu bestimmten Zeitpunkten (Früh-, Regel- oder Spätbehandlung, initial bzw. im Verlauf zur Kontrolle) auf die Therapieentscheidung, Therapieergebnisse, mögliche Nebenwirkungen und letztlich den Therapieerfolg einer kieferorthopädischen Korrektur bzw. Prävention von Dysgnathien, Malokklusionen und orofazialen Dysfunktionen bzw. Habits. Darauf aufbauend sind für die zukünftige Forschung und klinische Versorgung vergleichende Studien zu Umfang, Art und diagnostischer Aussagekraft bestimmter kieferorthopädischer Analysetechniken aufgrund der Vielzahl gebräuchlicher Verfahren und Auswertungsmodalitäten im Sinne einer anzustrebenden künftigen evidenzbasierten Standardisierung von Interesse.

7 Zusammenfassung

Eine medizinische Behandlung in jeder Fachdisziplin bedarf vor ihrer Initiierung und auch während ihrer Durchführung einer wiederholten Befunderhebung im Sinne einer fortlaufenden Diagnostik. Das Behandlungsspektrum der Kieferorthopädie weist durch die zahlreichen interdisziplinären Schnittstellen mit der Medizin und Zahnmedizin eine große Breite und Komplexität auf. Die adäquate Auswahl der geeigneten diagnostischen Mittel sowie die Überprüfung ihrer patientenindividuellen therapeutischen Relevanz stellen im klinischen Alltag eine Herausforderung dar. Hierbei ist festzustellen, dass im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik neben der Erkennung von orofazialen Fehlfunktionen und dentalen Fehlstellungen auch skelettale Anomalien, Pathologien der Mundschleimhaut, des Zahnhalteapparates und des Kiefergelenkes, allgemein-medizinische bzw. medikamentöse Limitationen und Risikoprofile zu erkennen und bei der Therapieplanung sowie während der laufenden Therapie zu berücksichtigen sind. Eine geeignete kieferorthopädische Diagnostik stellt in allen Entwicklungsphasen vom Kleinkind bis zum Erwachsenen ein essenzielles Element in der fortlaufenden kieferorthopädischen Differentialtherapie dar. Zudem ergeben sich innerhalb der verschiedenen Entwicklungsphasen etwas unterschiedliche Gewichtungen potenzieller

diagnostischer Maßnahmen, unter Einbeziehung der Möglichkeiten bzw. Limitationen durch das Patientenalter.

8 Informationen zu dieser Leitlinie

8.1 Zusammensetzung der Leitliniengruppe

8.1.1 Redaktion und Koordination

Leitlinienkoordination (in alphabetischer Reihenfolge):

Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Bonn | Welschnonnenstraße 17 | 53111 Bonn

Telefon: 0228 287-22449 (Skr.) oder 287-22386 (direkt)

E-Mail: christian.kirschneck@uni-bonn.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

Univ.-Prof. Dr. Christopher J. Lux

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Heidelberg | Im Neuenheimer Feld 400 | 69120 Heidelberg

Telefon: 06221 56-6561 (Skr.) oder 56-6560 (direkt)

E-Mail: christopher.lux@med.uni-heidelberg.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

8.1.2 Autoren (in alphabetischer Reihenfolge)

Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Bonn | Welschnonnenstraße 17 | 53111 Bonn

Telefon: 0228 287-22449 (Skr.) oder 287-22386 (direkt)

E-Mail: christian.kirschneck@uni-bonn.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

Univ.-Prof. Dr. Christopher J. Lux

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Heidelberg | Im Neuenheimer Feld 400 | 69120 Heidelberg

Telefon: 06221 56-6561 (Skr.) oder 56-6560 (direkt)

E-Mail: christopher.lux@med.uni-heidelberg.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

Priv.-Doz. Dr. Eva Paddenberg-Schubert

Leitende Oberärztin der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Regensburg | Franz-Josef-Strauß-Allee 11 | 93053 Regensburg

Telefon: 0941 944-6095 (Skr.) oder 944-16090 (direkt)

E-Mail: eva.paddenberg@ukr.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

Univ.-Prof. Dr. Dr. Peter Proff

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Präsident der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.

Universitätsklinikum Regensburg | Franz-Josef-Strauß-Allee 11 | 93053 Regensburg

Telefon: 0941 944-6095 (Skr.) oder 944-6094 (direkt)

E-Mail: peter.proff@ukr.de

Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V. (DGKFO)

8.1.3 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Die an der Leitlinie beteiligten Fachgesellschaften und sonstige Organisationen sowie deren mandatierten Vertreter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Fachgesellschaft/ Organisation	Abkürzung	Mandatsträger
Anmeldende Fachgesellschaften DGKFO, DGZMK		
AWMF-Fachgesellschaften		
Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie	DGHNO-KHC	Prof. Dr. Mark Praetorius
Deutsche Gesellschaft für Implantologie	DGI	Prof. Dr. Dr. Knut A. Grötz Prof. Dr. Dr. Oliver Ristow (Stv.)
Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde	DGKiZ	Dr. Sabine Dobersch-Paulus
Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin	DGKJ	Dr. Burkhard Lawrenz
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie	DGKFO	Prof. Dr. Dr. Peter Proff
Deutsche Gesellschaft für Medizinische Psychologie	DGMP	Dr. Jutta Margraf-Stiksrud
Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	DGMKG	Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert
Deutsche Gesellschaft für Parodontologie	DG PARO	Prof. Dr. Christian Graetz

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien	DGPro	Dr. Thomas Strasser
Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung	DGZ	Prof. Dr. Katrin Bekes
Deutsche Röntgengesellschaft, Gesellschaft für medizinische Radiologie und bildgeführte Therapie	DRG	Prof. Dr. Thomas Vogl
Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie	GPR	Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel
Beteiligung weiterer Fachgesellschaften / Organisationen		
Arbeitsgemeinschaft Ethno- und Paläo-Zahnmedizin in der DGZMK	EPZ	Prof. Dr. Kurt Alt
Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung in der DGZMK	AfG	Priv.-Doz. Dr. Svenja Beisel-Memmert
Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie der DGZMK	AGOKi	Prof. Dr. Christian Mertens
Arbeitskreis für die Weiterentwicklung der Lehre in der Zahnmedizin	AKWLZ	Prof. Dr. Yvonne Wagner
Berufsverband der Deutschen Kieferorthopäden	BDK	Dr. Hans-Jürgen Köning Dr. Moritz Försch (Stv.)
Bundesverband der Kinderzahnärzte	BUKiZ	Dr. Birgit de Taillez
Bundesverband der Zahnärztinnen und Zahnärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes	BZÖG	Dr. Uwe Niekusch
Bundeszahnärztekammer	BZÄK	Dr. Wolfgang Grüner
Deutsche Arbeitsgemeinschaft Selbsthilfegruppen	DAG SHG	Heiner Wüstenberg
Deutsche Gesellschaft für ästhetische Zahnmedizin	DGÄZ	Prof. Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer

Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie	DGET	Prof. Dr. Anahita Jablonski-Momeni
Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin	DGPZM	Dr. Lutz Laurisch
Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Hypnose	DGZH	Gisela Zehner
Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Schlafmedizin	DGZS	Prof. Dr. Heike Korbmacher-Steiner
Deutsche Gesellschaft Zahnmedizin für Menschen mit Behinderung oder besonderem medizinischem Unterstützungsbedarf	DGZMB	Prof. Dr. Andreas Schulte
Gesellschaft Master of Science Kieferorthopädie	GMCKFO	Dr. Pálma Croy Stefan-Alexander Roth (Stv.)
Interdisziplinärer Arbeitskreis Oralpathologie und Oralmedizin	AKOPOM	Priv.-Doz. Dr. Dr. Sebastian Hoefert
Internationale Gesellschaft für Ganzheitliche Zahn-Medizin	GZM	Gisela Zehner
Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung	KZBV	Dr. Jörg Beck Dr. Rugzan Jameel Hussein (Stv.)
NEUE GRUPPE – wissenschaftliche Vereinigung von Zahnärzten	NG	Dr. Josef Diemer
Patient:innen-Vertreter	-	Jonathan Schreeb
Verband medizinischer Fachberufe	VMF	Sylvia Gabel

An der Leitlinienerstellung haben alle angefragten Fachgesellschaften mit Ausnahme der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie e.V. (DGKJP) teilgenommen und einen Mandatsträger zur Leitlinienerstellung entsendet. Alle relevanten Fach- und Interessengruppen wurden direkt im Kontext der Leitlinie eingebunden, sodass keine Einbeziehung von nicht direkt im Kontext der Leitlinie adressierten Fach- und Interessengruppen notwendig war.

8.1.4 Beteiligte Experten ohne Mandat

Entwicklung, Vorbereitung und Durchführung der Literaturrecherche und Dokumentation

- Dr. rer. nat. Helge Knüttel, Informationswissenschaftler, Universitätsbibliothek Regensburg
- Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck, Universitätsklinikum Bonn

Beurteilung/Sichtung der Relevanz der aufgefundenen Literatur nach Titel und Abstract

- Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck, Universitätsklinikum Bonn (erster Reviewer)
- Univ.-Prof. Dr. Dr. Peter Proff, Universitätsklinikum Regensburg (zweiter Reviewer)
- Univ.-Prof. Dr. Christopher J. Lux, Universitätsklinikum Heidelberg (Klärung von Dissens)

Konzeption Datenextraktionssheets und Evidenztabellen

- Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck, Universitätsklinikum Bonn
- Priv.-Doz. Dr. Felix Kunz, Universitätsklinikum Würzburg

Die **Literaturauswertung der Volltexte mit Erstellen von Datenextraktionssheets und Evidenztabellen sowie Bewertung der Studienqualität (GRADE/AMSTAR II)** wurde durch drei Arbeitsgruppen durchgeführt, deren Mitglieder in der folgenden Tabelle aufgeführt sind (jeweils verschiedene erste/zweite Reviewer, Klärung Dissens: Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck / Univ.-Prof. Dr. Christopher J. Lux):

Fachgesellschaft/ Organisation	Abkürzung	Experte
Arbeitsgruppe 1: Systematische Reviews und Meta-Analysen		
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Dr. Markus Kolling (Regensburg)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Dr. Sebastian Krohn (Regensburg)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Priv.-Doz. Dr. Eva Paddenberger-Schubert (Regensburg)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Dr. Camilla Sahm (Regensburg)
Arbeitsgruppe 2: Guidelines		
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Dr. Ralf Erber (Heidelberg)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Prof. Dr. Christopher J. Lux (Heidelberg)
Arbeitsgruppe 3: Einzelstudien		

Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Dr. Ralf Erber (Heidelberg)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Prof. Dr. Christopher J. Lux (Heidelberg)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Erika Calvano Küchler, PhD, MSc (Bonn)
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie e.V.	DGKFO	Priv.-Doz. Dr. Svenja Beisel-Memmert (Bonn)

Evidenzbeurteilung und Formulierung von Statements/Empfehlungen/Hintergrundtexten

- Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck, Universitätsklinikum Bonn
- Univ.-Prof. Dr. Christopher J. Lux, Universitätsklinikum Heidelberg
- Priv.-Doz. Dr. Eva Paddenbergs-Schubert, Universitätsklinikum Regensburg
- Univ.-Prof. Dr. Dr. Peter Proff, Universitätsklinikum Regensburg

Verfassen der Langfassung, der Kurzfassung, des Leitlinienreports und der Patientenleitlinie

- Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck, Universitätsklinikum Bonn

8.1.5 Patientenbeteiligung

Die Leitlinie wurde unter Beteiligung von Patientenvertretern (Heiner Wüstenberg von der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Selbsthilfegruppen e.V. und Jonathan Schreeb, Patient in kieferorthopädischer Behandlung) erstellt. Durch die Beteiligung der Patientenvertreter an der konstituierenden Sitzung und der Konsensuskonferenz mit Formulierung/Diskussion der Schlüsselfragen und der Statements/Empfehlungen wurden die Ansichten und Präferenzen von Patienten ermittelt und einbezogen.

8.1.6 Methodik

- Dr. Markus Kolling (DGZMK, zertifizierter Leitlinienberater)
- Dr. Birgit Marré (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)
- Dr. Cathleen Muche-Borowski (AWMF, zertifizierte Leitlinienberaterin)
- Dr. Anke Weber, MSc (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

8.1.7 Zeitlicher Ablauf der Leitlinienerstellung

- Die Anmeldung der Leitlinie bei der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V. (DGZMK) und der AWMF erfolgte am 01.03.2022.

- Die Konstituierende Sitzung (KS) der Leitlinie fand am 23.11.2022 in der Mund-Zahn-Kieferklinik des Universitätsklinikums Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 400, 69120 Heidelberg, statt.
- Die Entwicklung, Vorbereitung und Durchführung der Literaturrecherche und Dokumentation fand bis zum 24.05.2023 statt.
- Die Beurteilung/Sichtung der Relevanz der aufgefundenen Literatur nach Titel und Abstract fand von Juni 2023 bis August 2023 statt.
- Die Literatúrauswertung der Volltexte mit Erstellen von Datenextraktionssheets und Evidenztabelle n sowie Bewertung der Studienqualität und des Evidenzlevels fand von September 2023 bis Juni 2024 statt.
- Die Evidenzbeurteilung und Formulierung von Statements/Empfehlungen/Hintergrundtexten fand von Juli bis Oktober 2024 statt.
- Die Konsensuskonferenz (KK) der Leitlinie fand am 28.11.2024 in der Mund-Zahn-Kieferklinik des Universitätsklinikums Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 400, 69120 Heidelberg, statt.
- Das Verfassen der Langfassung, des Leitlinienreports, der Kurzfassung und der Patientenleitlinie erfolgte bis 06.02.2025.
- Die Konsentierung der Langfassung und des Leitlinienreports der Leitlinie mit Einarbeitung entsprechender Kommentare und Rückmeldungen durch die Leitliniengruppe (Mandatsträger) erfolgte im Umlaufverfahren vom 19.02.2025 bis 25.03.2025.
- Die Konsentierung der Langfassung und des Leitlinienreports der Leitlinie durch die beteiligten Fachgesellschaften (Präsidenten) im Umlaufverfahren erfolgte vom 13.04.2025 bis 19.05.2025. Gewünschte redaktionelle Änderungen wurden eingefügt.
- Die Konsentierung der Langfassung und des Leitlinienreports der Leitlinie durch die federführenden Fachgesellschaften (Präsidenten) im Umlaufverfahren erfolgte am 22.05.2025. Gewünschte redaktionelle Änderungen wurden eingefügt.
- Die Veröffentlichung der Leitlinie erfolgte am 02.06.2025.
- Die Veröffentlichung einer wissenschaftlichen Publikation zur Leitlinie in der Fachzeitschrift „Journal of Orofacial Orthopedics“ erfolgt nach Veröffentlichung der Leitlinie im Jahr 2025.

8.2 Methodische Grundlagen

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk, dem Manual Systematische Recherche für Evidenzsynthesen und Leitlinien und dem SIGN 50 - A guideline developer's handbook“ (Revised edition 2015).

Quellen:

- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) - Ständige Kommission Leitlinien. AWMF-Regelwerk „Leitlinien“. (<http://www.awmf.org/leitlinien/awmf-regelwerk.html>)
- Cochrane Deutschland Stiftung, Institut für Evidenz in der Medizin, Institut für Medizinische Biometrie und Statistik, Freiburg, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften – Institut für Medizinisches Wissensmanagement, Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin. Manual Systematische Recherche für Evidenzsynthesen und Leitlinien. Verfügbar: Cochrane Deutschland: <https://www.cochrane.de/de/literaturrecherche>; AWMF: <https://www.awmf.org/leitlinien/awmf-regelwerk/II-entwicklung.html>; ÄZQ: <https://www.aeqz.de/aeqz/publikationen/azq-partner#literaturrecherche>. DOI: 10.6094/UNIFR/149324, <https://freidok.uni-freiburg.de/data/149324>.

- Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN). SIGN 50: a guideline developer's handbook. Edinburgh: SIGN; 2015. (SIGN publication no. 50). [November 2015]. Available from URL: <http://www.sign.ac.uk>

8.3 Literaturrecherche und kritische Bewertung

Eine ausführliche Beschreibung zur Literaturrecherche und -bewertung finden Sie im Leitlinienreport dieser Leitlinie.

8.4 Strukturierte Konsensfindung

Im Vorfeld wurden Ziele, Vorgehensweise, Abstimmungsverfahren und Tagungsort festgelegt und hierzu die Mandatsträger eingeladen. Die Konsentierung der Statements und Empfehlungen erfolgte unter neutraler Moderation der Vertreterin der AWMF in Form eines nominalen Gruppenprozesses.

Dabei wurden folgende Punkte berücksichtigt:

- Präsentation der zu konsentierenden Statements/Empfehlungen
- Gelegenheit zu inhaltlichen Rückfragen bzw. zur Evidenzgrundlage durch Teilnehmer
- Vorbringen von Ergänzungs-/Änderungsvorschlägen
- Registrierung der Stellungnahmen im Umlaufverfahren und Zusammenfassung von Kommentaren durch den Moderator
- Debattieren/Diskussion der Diskussionspunkte
- Abstimmung der Empfehlungen/Statements und aller Alternativvorschläge
- Schritte werden für jedes Statement/Empfehlung wiederholt
- bei Nichterreichen eines Konsenses: Diskussion und erneute Abstimmung

8.5 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

8.5.1 Festlegung des Empfehlungsgrades

Die Formulierung der Empfehlungen erfolgte unter Berücksichtigung der Vorgaben der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) und des Ärztlichen Zentrums für Qualität in der Medizin (ÄZQ). Grundsätzlich orientiert sich der Empfehlungsgrad an der Stärke der verfügbaren Evidenz.

Statements: Als Statements werden Darlegungen oder Erläuterungen von spezifischen Sachverhalten oder Fragestellungen ohne unmittelbare Handlungsaufforderung bezeichnet. Sie werden entsprechend der Vorgehensweise bei den Empfehlungen im Rahmen eines formalen Konsensusverfahrens verabschiedet und können entweder auf Studienergebnissen oder auf Expertenmeinungen beruhen.

Empfehlungen: Empfehlungen sind thematisch bezogene handlungsleitende Kernsätze der Leitlinie, die durch die Leitliniengruppe erarbeitet und im Rahmen von formalen Konsensusverfahren

abgestimmt werden. Grundsätzlich orientiert sich der Empfehlungsgrad an der Stärke der verfügbaren Evidenz. Hinsichtlich der Stärke der Empfehlung werden in dieser Leitlinie drei Empfehlungsgrade unterschieden (siehe folgende Tabelle), die sich auch in der Formulierung der Empfehlungen jeweils widerspiegeln. Die Empfehlungsgrade berücksichtigen neben der Qualität der Evidenz auch die klinische Relevanz des Ergebnisparameters, die klinische Relevanz der Effektstärke und die Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf die Patientenzielgruppe und das deutsche Gesundheitssystem.

Empfehlung	Empfehlung gegen eine Intervention	Beschreibung
soll/ wir empfehlen	soll nicht/ wir empfehlen nicht	starke Empfehlung
sollte/ wir schlagen vor	sollte nicht/ wir schlagen nicht vor	Empfehlung
kann/ kann erwogen werden	kann verzichtet werden	Empfehlung offen

8.5.2 Feststellung der Konsensstärke

Um die Konsensstärke festzustellen, wurden der prozentuale Anteil der stimmberechtigten Mandatsträger sowie die absolute Zahl der Zustimmungen ermittelt. Wurde kein Konsens erzielt, sind die Gründe bzw. unterschiedlichen Positionen in den jeweiligen Hintergrundtexten dargelegt.

Die Klassifizierung der Konsensstärke ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Sie orientiert sich am Regelwerk der AWMF.

Klassifikation der Konsensstärke	
Starker Konsens	Zustimmung von > 95% der Teilnehmer
Konsens	Zustimmung von > 75 bis 95% der Teilnehmer
Mehrheitliche Zustimmung	Zustimmung von > 50 bis 75% der Teilnehmer
Kein Konsens	Zustimmung von < 50% der Teilnehmer

9 Redaktionelle Unabhängigkeit

9.1 Finanzierung der Leitlinie

Diese Leitlinie wurde von der Deutschen Gesellschaft Kieferorthopädie e.V. (DGKFO) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde e.V. (DGZMK) gefördert durch Übernahme

der Kosten für die Durchführung der systematischen Literaturrecherche, das Catering, die Raummiete und technisches Equipment für die konstituierende Sitzung bzw. Konsensuskonferenz sowie durch Erstattung von nachgewiesenen Reisekosten für die Leitlinienkoordinatoren und Arbeitsgruppenmitglieder. Durch die Finanziierer / Unterstützer fand keine Beeinflussung in Bezug auf die Inhalte der Leitlinie statt.

9.2 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Die Erstellung dieser Leitlinie erfolgte unabhängig und neutral. Alle Autoren und Teilnehmer der Leitlinienkonferenz nutzten das AWMF-Interessen-Formular (online) zur Offenlegung etwaiger Konflikte. Die tabellarische Darstellung der Interessenerklärungen liegt dem Methodenreport dieser Leitlinie im Anhang bei.

Die Interessenerklärungen der LL-Koordinatoren (Univ.-Prof. Dr. C. J. Lux, Univ.-Prof. Dr. Dr. C. Kirschneck) werden von der sie entsendenden Fachgesellschaften zur Kenntnis genommen und bewertet (Univ.-Prof. Dr. J. Wiltfang, DGZMK, Univ.-Prof. Dr. Dr. P. Proff, DGKFO). Die Interessenerklärungen aller anderen Mitwirkenden werden von den Leitlinien-Koordinatoren bewertet, ergänzt durch Frau Priv.-Doz. Dr. S. Beisel-Memmert als weiteres Mitglied der Leitliniengruppe. Bei Vorliegen von moderaten Interessenkonflikten wurde der Betreffende bei der für den Interessenkonflikt relevanten Leitlinienempfehlung von der Stimmabgabe ausgeschlossen. Dies ist – falls erfolgt - an den entsprechenden Stellen in der Leitlinie vermerkt. Die Bewertung der Interessenerklärungen wurde unter dem Gesichtspunkt „direkte finanzielle Interessen“ und dem Gesichtspunkt „indirekte Interessen“ vorgenommen.

Direkte finanzielle Interessen:

- Berater- oder Gutachtertätigkeit in einem wissenschaftlichen Beirat eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industriellen Interessenverbänden, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung
- Vortrags- und Schulungstätigkeiten im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industrieller Interessenverbände, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung
- Finanzielle Zuwendungen für Forschungsvorhaben oder direkte Finanzierung von Mitarbeitern der Einrichtung von Seiten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industriellen Interessenverbänden, kommerziell orientierten Auftragsinstituten oder einer Versicherung
- Eigentümerinteressen an Arzneimitteln/Medizinprodukten (z. B. Patent, Urheberrecht, Verkaufslizenz)
- Besitz von Geschäftsanteilen, Aktien mit Beteiligung von Unternehmen der Gesundheitswirtschaft.

Indirekte Interessen:

- Mitglied von in Zusammenhang mit der Leitlinienentwicklung relevanten Fachgesellschaften/ Berufsverbänden, Mandatsträger im Rahmen der Leitlinienentwicklung
- Akademische (z. B. Zugehörigkeit zu bestimmten „Schulen“), wissenschaftliche oder persönliche Interessen, die mögliche Konflikte begründen konnten

- Persönliche Beziehungen zu einem Vertretungsberechtigten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft

Graduierung des Interessenkonflikts (IK)	Kriterium, unter der Voraussetzung der Themenrelevanz
kein IK	• Mitglied von in Zusammenhang mit der Leitlinienentwicklung relevanten Fachgesellschaften/ Berufsverbänden, Mandatsträger im Rahmen der Leitlinienentwicklung • unbezahlte Vortrags-/oder Schulungstätigkeit • unbezahlte Autoren-/oder Koautorenschaft • Vortrags-/oder Schulungstätigkeit (für eine wissenschaftliche Fachgesellschaft, KZV/ZÄ-Kammern, Veranstaltungen mit nicht-kommerziellem Hintergrund, gemeinnützige Veranstaltungen etc.) • Berater-/Gutachtertätigkeit (für eine wissenschaftliche Fachgesellschaft, KZV/ZÄ-Kammern, Vergabe öffentlicher Fördergelder)
geringer IK <i>Folge:</i> Einschränkung der Leitungsfunktionen	• Berater-/Gutachtertätigkeit für ein kommerzielles Journal mit erheblichen Einnahmen • Bezahlte Autoren-/oder Coautorenschaft mit geringen Einnahmen • Vortrags-/oder Schulungstätigkeit (im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industrieller Interessensverbände, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung) < 5/Jahr • Finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben oder klinischen Studien oder direkte Finanzierung von Mitarbeitern der Einrichtung aus öffentlichen Mitteln oder unterstützt durch eine wissenschaftliche Fachgesellschaft
moderater IK <i>Folge:</i> Stimmenthaltung bei einzelnen Abstimmungen	• Berater-/Gutachtertätigkeit für Unternehmen der Gesundheitswirtschaft, industrielle Interessensverbände, kommerziell orientierte Auftragsinstitute oder eine Versicherung) • Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board) eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft (z.B. Arzneimittelindustrie, Medizinproduktindustrie), eines kommerziell orientierten Auftragsinstituts oder einer Versicherung • Vortrags-/oder Schulungstätigkeit (im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industrieller

	Interessensverbände, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung) $\geq 5/\text{Jahr}$ • Bezahlte Autoren-/oder Koautorenschaft mit erheblichen Einnahmen im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, eines kommerziell orientierten Auftragsinstituts oder einer Versicherung • Finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben oder klinische Studien oder direkte Finanzierung von Mitarbeitern der Einrichtung von Seiten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, eines kommerziell orientierten Auftragsinstituts oder einer Versicherung • Persönliche Beziehungen zu einem Vertretungsberechtigten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft • Akademische (z. B. Zugehörigkeit zu bestimmten „Schulen“), wissenschaftliche oder persönliche Interessen, die mögliche Konflikte begründen konnten (z.B. „einseitige“ Forschung)
hoher IK <i>Folge:</i> keine Beteiligung am Abstimmungsprozess, nur schriftliche Stellungnahmen	• Eigentümerinteressen an Arzneimitteln/Medizinprodukten (z.B. Patent, Urheberrecht, Verkaufslizenz), Besitz von Geschäftsanteilen, Aktien mit Beteiligung von Unternehmen der Gesundheitswirtschaft. • Eigentümerinteressen an kommerziellen Fortbildungsinstituten mit themenrelevantem Fortbildungsangebot

Der Umgang mit Interessenkonflikten erfolgte nach folgenden Prinzipien:

- Koordinatoren von Leitlinienprojekten sollten keine thematisch relevanten Interessenkonflikte aufweisen. In Fällen, in denen dies unvermeidbar ist (z.B. weil die Expertise und das Engagement der betroffenen Person unverzichtbar sind), sollte ein Ko-Koordinator ohne thematisch relevante Interessenkonflikte (z.B. ein Methodiker oder Fachexperte als Peer) bestellt werden oder die LL Gruppe um Abwägung und Entscheidung gebeten werden.
- Mitwirkende mit geringen Interessenkonflikten sollten keine leitende Funktion innerhalb der Leitliniengruppe ausüben (z.B. als Mitglieder von Lenkungsgruppen/ Steuergruppen, Arbeitsgruppenleiter, Hauptverantwortliche für die Evidenzaufbereitung, Moderatoren). In Fällen, in denen dies unvermeidbar ist, sollen Mitglieder ohne thematisch relevante Interessenkonflikte in Lenkungsgruppen die Mehrheit darstellen und für Einzelfunktionen sichergestellt sein, dass jeweils ein Mitglied ohne thematisch relevante Interessenkonflikte als Peer bestellt wird.
- Mitwirkende mit moderaten Interessenkonflikten sollten nicht an der Bewertung der Evidenzen und der Konsensfindung (→ Enthaltung bei einzelnen, den Interessenkonflikt berührenden Empfehlungen) teilnehmen. Sie haben, sofern auf ihr Wissen nicht verzichtet werden kann, den Status von beratenden, nicht stimmberechtigten Experten. Alternativ:

Durchführung von Doppelabstimmungen (Betroffene enthalten sich im ersten Durchgang der Stimme).

- Mitwirkende mit hohen Interessenkonflikten sollten nicht an Beratungen der Leitliniengruppe teilnehmen. Ihr Wissen kann in Form von schriftlichen Stellungnahmen eingeholt werden.

Procedere der Bewertung:

- Sichtung, ob Angaben gemacht wurden
- Einschätzung, ob relevante Interessenkonflikte vorliegen
- Einschätzung des thematischen Bezugs zur Leitlinie insgesamt und/oder in Bezug auf spezifische Fragestellungen, die in der Leitlinie adressiert werden (sollen)
- Einschätzung der Relevanz von Interessenkonflikten (gering/moderat/hoch) unter Berücksichtigung von Kriterien zur Feststellung:
 - Ausprägung der Interessen und des Ausmaßes des daraus eventuell resultierenden Konflikts
 - Art der Zuwendung, Höhe der Zuwendung, Empfänger
 - Zeitraum, Frequenz, Kooperationspartner
 - Intensivität
 - Funktion der betroffenen Person innerhalb der Leitliniengruppe und ihres damit verbundenen Entscheidungs- und Ermessensspielraums
 - protektive Faktoren, die in der Leitlinie zur Anwendung kommen (strukturierte Konsensfindung unter neutraler Moderation mit einer repräsentativen Leitliniengruppe)

Bei keinem der Mandatsträger oder Leitlinien-Koordinatoren lag ein relevanter Interessenkonflikt vor, so dass alle Mandatsträger bzw. Leitlinien-Koordinatoren stimmberechtigt waren und das Abstimmverhalten sowie Enthaltungen somit nur im Inhalt der jeweiligen Fragestellung begründet waren.

10 Verabschiedung

Alle beteiligten Mandatsträger stimmten der Leitlinie in der vorliegenden Form vom 19.02.2025 bis 25.03.2025 zu. Die Vorstände der beteiligten Fachgesellschaften und Organisationen stimmten der Leitlinie in der vorliegenden Form vom 13.04.2025 bis 19.05.2025 zu. Anschließend stimmten die Vorstände der federführenden Fachgesellschaften der Leitlinie in der vorliegenden Form am 22.05.2025 zu. Gewünschte redaktionelle Änderungen wurden jeweils eingefügt.

11 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist ab dem 02.06.2025 bis zur nächsten Aktualisierung am 01.06.2030 gültig, die Gültigkeitsdauer beträgt 5 Jahre. Die hierzu vorgesehenen Methoden und Maßnahmen decken sich mit der im Leitlinienreport angegebenen Methodik und sehen eine aktualisierte Literaturrecherche und -bewertung vor. Der Beginn der Arbeit an der Aktualisierung erfolgt ein Jahr vor Ablauf des 5-Jahres-Zeitraumes und liegt in Verantwortung der Leitlinienkoordinatoren. Kommentare und Hinweise

für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an das Leitliniensekretariat bzw. den Ansprechpartner gesendet werden:

Kontaktadresse:

Leitlinienbüro der DGZMK

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V.

Liesegangstraße 17 | 40211 Düsseldorf

E-Mail: leitlinien@dgzmk.de

Ansprechpartner:

Univ.-Prof. Dr. Dr. Christian Kirschneck

Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum Bonn | Welschnonnenstraße 17 | 53111 Bonn

Telefon: 0228 287-22449 (Skr.) oder 287-22386 (direkt)

E-Mail: christian.kirschneck@uni-bonn.de

12 Literatur

- Adriano LZ, Derech CD, Massignan C, Flores-Mir C, Porporatti AL, Canto GDL, Bolan M. Anterior open bite self-correction after cessation of non-nutritive sucking habits: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2023;45(3):235–43.
- Ahuja PD, Mhaske SP, Mishra G, Bhardwaj A, Dwivedi R, Mangalekar SB. Assessment of Root Resorption and Root Shape by Periapical and Panoramic Radiographs: A Comparative Study. *J Contemp Dent Pract.* 2017;18(6):479–83.
- Al-Khateeb SN, Abu Alhaija ES. Tooth Size Discrepancies and Arch Parameters among Different Malocclusions in a Jordanian Sample. *Angle Orthod.* 2006;76:459–65.
- Al-Khotani A, Meisha DE, Al Sayegh S, Hedenberg-Magnusson B, Ernberg M, Christidis N. The Association Between Psychological Symptoms and Self-Reported Temporomandibular Disorders Pain Symptoms in Children and Adolescents. *Front Oral Health* 2021;2: 675709.
- Al-Okshi A, Paulsson L, Rohlin M, Ebrahim E, Lindh C. Measurability and reliability of assessments of root length and marginal bone level in cone beam CT and intraoral radiography: a study of adolescents. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48(5):20180368.
- Al-Shammery D, Alqhtani N, an Alotaibi, AlSharidah M, AlShehri K, AlShamrani A. Contributions and Concerns about the Use of Teledentistry in Clinical Orthodontics. *Oral Health Prev Dent.* 2021;30(19):465–9.
- Alam MK, Zaman MU, Alqhtani NR, Alqahtani AS, Alqahtani F, Cicciù M, Minervini G. Salivary Biomarkers and Temporomandibular Disorders: A Systematic Review conducted according to PRISMA guidelines and the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *J Oral Rehabil* 2024;51(2): 416-426.
- AlHudaithi FS, AlDuhayan NA, AlJohani LN, AlJohani SN, AlQarni HS, AlSawadi MH. Prevalence of Dental Anomalies Among Orthodontic Patients: A Retrospective Study in Saudi Arabia. *Cureus.* 2023;15:e49893.
- Ali B, Shaikh A, Fida M. Factors affecting treatment decisions for Class I malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;154(2):234–7.
- Ali SM, Saloom HF, Tawfeeq MA. Cephalometric Variables Prediction from Lateral Photographs Between Different Skeletal Patterns Using Regression Artificial Neural Networks. *Turk J Orthod.* 2022;35(2):101–11.

- Almeida NV, Silveira GS, Pereira DM, Mattos CT, Mucha JN. Interproximal wear versus incisors extraction to solve anterior lower crowding: A systematic review. *Dental Press J Orthod.* 2015;20:66–73.
- Alqareer A, Nada R, Ghayyath A, Baghdady M, Allareddy V. The suitability of panoramic radiographs for clinical decision making regarding root angulation compared to cone-beam computed tomography. *BMC Med Imaging.* 2021;21(1):89.
- Alqerban A, Jacobs R, van Keirsbilck P-J, Aly M, Swinnen S, Fieuws S, Willems G. The effect of using CBCT in the diagnosis of canine impaction and its impact on the orthodontic treatment outcome. *J Orthod Sci.* 2014;3(2):34–40.
- Alyami B. Dental cross-bite and gingival marginal recession. A cross-sectional study. *Saudi Dent J.* 2022;34(6):458–63.
- American Academy of Orofacial Pain. Differential diagnosis and management of TMDs. 2023.
- American Academy of Pediatric Dentistry. Temporomandibular Disorders in Children and Adolescents, Including Those with Special Health Care Needs. The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry;2024:494-504
- American Academy of Sleep Medicine. Sleep-related bruxism, American Academy of Sleep Medicine. 2023
- Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972;62(3):296–309.
- Antonarakis GS, Joss CU, Triaca A, Kuijpers-Jagtman AM, Kiliaridis S. Gingival recessions of lower incisors after proclination by orthodontics alone or in combination with anterior mandibular alveolar process distraction osteogenesis. *Clin Oral Investig.* 2017;21(8):2569–79.
- Antoszewska-Smith J, Bohater M, Kawala M, Sarul M, Rzepecka-Skupień M. Treatment of Adults with Anterior Mandibular Teeth Crowding: Reliability of Little's Irregularity Index. *Int J Dent.* 2017;2017:5057941.
- Arat ZM, Akcam MO, Esenlik E, Arat FE. Inconsistencies in the Differential Diagnosis of Open Bite. *Angle Orthod.* 2008;78(3):415-420.
- Atchison KA, Luke LS, White SC. Contribution of pretreatment radiographs to orthodontists' decision making. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71:238–45.
- Baad-Hansen L, Thymi M, Lobbezoo F, Svensson P. To what extent is bruxism associated with musculoskeletal signs and symptoms? A systematic review. *J Oral Rehabil* 2019;46(9): 845-861.
- Bae SS und Aronovich S. Trauma to the Pediatric Temporomandibular Joint. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2018;30(1): 47-60.
- Ballard ML. Asymmetry in tooth size: A factor in the etiology, diagnosis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod.* 1944;14:67–70.
- Bartzela TN. Update on 13 Syndromes Affecting Craniofacial and Dental Structures. *Front Physiol.* 2017;8:1038.
- Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. The decision to extract: Part II. Analysis of clinicians' stated reasons for extraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109:393–402.
- Benyahia H, Azaroual MF, Garcia C, Hamou E, Abouqal R, Zaoui F. Treatment of skeletal class III malocclusions: Orthognathic surgery or orthodontic camouflage? How to decide. *Int Orthod.* 2011;9:196–209.
- Berendonk I. Die Relation zwischen Schneidezahn- und seitlichen Ersatzzahnbreiten: Inaugural-Dissertation. Mainz: Johannes Gutenberg-Universität; 1965.
- Bilge NH, Yeşiltepe S, Törenek Ağırman K, Çağlayan F, Bilge OM. Investigation of prevalence of dental anomalies by using digital panoramic radiographs. *Folia Morphol.* 2018;77(2):323–8.
- Binder RE. Correction of Posterior Crossbites: Diagnosis and Treatment. *Pediatric Dentistry.* 2004;26:266–72.

- Birkhed D, Rangmar S, Kjellberg H. Dental Caries and Risk Factors in Swedish Adolescents about to Start Orthodontic Treatment with Fixed Appliances. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019;20(5):537–42.
- Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG. Dental and facial asymmetries: a review. *Angle Orthod*. 1994;64(2):89–98.
- Björk A und Helm S. Prediction of the Age of Maximum Puberal Growth in Body Height. *Angle Orthod*. 1967;37:134–43.
- Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod*. 1969;55:585–99.
- Björksved M, Magnuson A, Bazargani SM, Lindsten R, Bazargani F. Are panoramic radiographs good enough to render correct angle and sector position in palatally displaced canines? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019;155(3):380–7.
- Bock JJ, Bock F, Böhm B, Fuhrmann RA. Classification of anterior open bite using individualized cephalometry. *J Orofac Orthop*. 2005;66(5):338–48.
- Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod*. 1958;28:113–30.
- Bolton WA. The clinical application of a tooth-size analysis. *Angle Orthod*. 1962;48:504–29.
- Borujeni ES, Sarshar F, Nasiri M, Sarshar S, Jazi L. Effect of teledentistry on the oral health status of patients undergoing fixed orthodontic treatment at the first three follow-up visits. *Dent Med Probl*. 2021;58(3):299–304.
- Botticelli S, Verna C, Cattaneo PM, Heidmann J, Melsen B. Two- versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *Eur J Orthod*. 2010;33:344–9.
- Bresolin D, Shapiro PA, Shapiro GG, Chapko MK, Dassel S. Mouth breathing in allergic children: its relationship to dentofacial development. *Am J Orthod*. 1983;83(4):334–40.
- Brook PH, Shaw WC. The development of an index of orthodontic treatment priority. *Eur J Orthod*. 1989;11(3):309–20.
- Bruks A, Enberg K, Nordqvist I, Hansson AS, Jansson L, Svensson B. Radiographic examinations as an aid to orthodontic diagnosis and treatment planning. *Swed Dent J*. 1999;23:77–85.
- Cadenas de Llano-Pérula M, Castro AB, Danneels M, Schelfhout A, Teughels W, Willems G. Risk factors for gingival recessions after orthodontic treatment: a systematic review. *Eur J Orthod*. 2023;45(5):528–44.
- Carvalho Soares FF, Poluha RL, De la Torre Canales G, Costa YM, Nascimento GG, Rodrigues Conti PC, Bonjardim LR.. Effect of Genetic Polymorphisms on Pain Sensitivity in the Orofacial Region: A Systematic Review. *J Oral Facial Pain Headache* 2020;34(4): 353–363.
- Cenzato N, Iannotti L, Maspero C. Open bite and atypical swallowing: orthodontic treatment, speech therapy or both? A literature review. *Eur J Paediatr Dent* 2021;22(4): 286–290.
- Chang Q, Bai Y, Wang S, Wang F, Wang Y, Zuo F, Xie X. Automatic soft-tissue analysis on orthodontic frontal and lateral facial photographs based on deep learning. *Orthod Craniofac Res* 2024.
- Chatterjee S, Geethika Lakshmi K, Mustafa Khan A, Moothedath M, Vj R, Muzaffar Mir F, Singh V. Evaluating the Impact of Teledentistry on Patient Outcomes, Diagnostic Accuracy, and Satisfaction in a Prospective Observational Analysis. *Cureus*. 2024;16(2):e54424.
- Cozza P, Toffol L de, Colagrossi S. Dentoskeletal effects and facial profile changes during activator therapy. *Eur J Orthod*. 2004;26:293–302.
- Currell SD, Roberts SM, Abdalla Y, Esterman A. The effect of the lateral cephalometric radiograph on orthodontists' diagnosis and treatment decisions: a double-blind, randomised controlled trial. *Aust Orthod J*. 2018;34:188–95.
- Dausch-Neumann D. Das Enface-Bild in der Kieferorthopädie. *Fortschr Kieferorthop*. 1967;28(2):159–66.

- de Luca Canto G, Singh V, Conti P, Dick BD, Gozal D, Major PW, Flores-Mir C . Association between sleep bruxism and psychosocial factors in children and adolescents: a systematic review. *Clin Pediatr (Phila)* 2015;54(5): 469-478.
- de Paiva Bertoli FM, Bruzamin CD, de Almeida Kranz GO, Losso EM, Brancher JA, de Souza, JF. Anxiety and malocclusion are associated with temporomandibular disorders in adolescents diagnosed by RDC/TMD. A cross-sectional study. *J Oral Rehabil* 2018;45(10): 747-755.
- Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Hum Biol.* 1973;45:211–27.
- Devereux L, Moles D, Cunningham SJ, McKnight M. How important are lateral cephalometric radiographs in orthodontic treatment planning? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(2):e175-81.
- Doğramaci EJ, Decurcio DdA, Chen CJ, Estrela C, Rossi-Fedele G. Accuracy of periapical and panoramic radiography for detection of root morphologies: a comparative study. *Braz Oral Res.* 2021;35:e065.
- dos Santos CCO, Bellini-Pereira SA, Medina MCG, Normando D. Allergies/asthma and root resorption: a systematic review. *Prog Orthod.* 2021;22(1):8.
- Duarte PHM, Weissheimer T, Michel CHT, Só GB, Da Rosa RA, Só MVR. Do orthodontic movements of traumatized teeth induce dental pulp necrosis? A systematic review. *Clin Oral Investig.* 2023;27(8):4117–29.
- Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(4):434–7.
- Durão AR, Algerban A, Ferreira AP, Jacobs R. Influence of lateral cephalometric radiography in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod.* 2015;85(2):206–10.
- Ekici Ö und Arikan Söylemez ES. The association of gene polymorphisms in catechol-O-methyltransferase (COMT) and beta2-adrenergic receptor (ADRB2) with temporomandibular joint disorders. *Arch Oral Biol* 158: 105859.
- Enlow DH und Hans MG. *Essentials of Facial Growth.* Saunders; 1996.
- Eslami E, Barkhordar H, Abramovitch K, Kim J, Masoud MI. Cone-beam computed tomography vs conventional radiography in visualization of maxillary impacted-canine localization: A systematic review of comparative studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(2):248–58.
- Eslami S, Faber J, Fateh A, Sheikholaemmeh F, Grassia V, Jamilian A. Treatment decision in adult patients with class III malocclusion: surgery versus orthodontics. *Prog Orthod.* 2018;19(1):28.
- Estai M, Kanagasigam Y, Huang B, Shiikha J, Kruger E, Bunt S, Tennant M. Comparison of a Smartphone-Based Photographic Method with Face-to-Face Caries Assessment: A Mobile Teledentistry Model. *Telemed J E Health.* 2017;23(5):435–40.
- European Commission, Directorate-General for Energy and Transport. *European guidelines on radiation protection in dental radiology - The safe use of radiographs in dental practice* 2004.
- Evangelista K, Freitas Silva BS de, Yamamoto-Silva FP, Valladares-Neto J, Silva MAG, Cevidanes LHS, et al. Accuracy of artificial intelligence for tooth extraction decision-making in orthodontics: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2022;26(12):6893–905.
- Felemban OM, Alharabi NT, A Alamoudi RA, Alturki GA, Helal NM. Factors influencing the desire for orthodontic treatment among patients and parents in Saudi Arabia: A cross-sectional study. *J Orthod Sci.* 2022;11:25.

- Felicio CM und Ferreira CL. Protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008;72(3): 367-375.
- Franchi L, Pavoni C, Faltin K, McNamara JA, Cozza P. Long-term skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *Angle Orthod*. 2013;83(2):334-40.
- Francisconi MF, Janson G, Freitas KMS, Oliveira RCG de, Oliveira RCG de, Freitas MR de, Henriques JFC. Overjet, overbite, and anterior crowding relapses in extraction and nonextraction patients, and their correlations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(1):67-72.
- Fränkel R. Funktionskieferorthopädie vom Mundvorhof aus mit „Funktionsreglern“. *Fortschr Kieferorthop*. 1962;23:459-80.
- Fränkel C und Fränkel R. Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie. Hüthig; 1992.
- Fränkel R und Fränkel C. Clinical implication of Roux's concept in orofacial orthopedics. *J Orofac Orthop* 2001;62(1):1-21.
- Friedrich RE, Scheuer HA, Höltje W. The effect of bisphosphonate medication on orthodontics and orthognathic surgery in patients with osteogenesis imperfecta. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*. 2019;8.
- Futyma-Gąbka K, Różyło-Kalinowska I, Piskórz M, Bis E, Borek W. Evaluation of root resorption in maxillary anterior teeth during orthodontic treatment with a fixed appliance based on panoramic radiographs. *Pol J Radiol*. 2022;87:e545-e548.
- Garib DG, Yatabe MS, Ozawa TO, Da Silva Filho OG. Alveolar bone morphology under the perspective of the computed tomography: Defining the biological limits of tooth movement. *Dental Press J Orthod*. 2010;15:192-205.
- Gkantidis N, Christou P, Topouzelis N. The orthodontic-periodontic interrelationship in integrated treatment challenges: a systematic review. *J Oral Rehabil*. 2010;37(5):377-90.
- Gkantidis N, Kolokitha OE, Topouzelis N. Management of maxillary midline diastema with emphasis on etiology. *J Clin Pediatr Dent*. 2008;32(4):265-72.
- Godt A, Bechtold TE, Schaupp E, Zeyher C, Koos B, Baas E, Berneburg M. Correlation between occlusal abnormalities and parameters investigated by three-dimensional facial photography. *Angle Orthod*. 2013;83(5):782-9.
- Godt A, Müller A, Kalwitzki M, Göz G. Angles of facial convexity in different skeletal Classes. *Eur J Orthod*. 2007;29(6):648-53.
- Gonçalves FM, Taveira KVM, Araujo CM de, Ravazzi GMNC, Guariza Filho O, Zeigelboim BS, et al. Association between atypical swallowing and malocclusions: a systematic review. *Dental Press J Orthod*. 2023;27(6):e2221285. doi:10.1590/2177-6709.27.6.e2221285.oar.
- Graber TM. Panoramic radiography in orthodontic diagnosis. *Am J Orthod*. 1967;53:799-821.
- Grabowski R, G. Kundt G, Stahl F. Interrelation between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition: Part III: Interrelation between malocclusions and orofacial dysfunctions. *J Orofac Orthop* 2007;68(6): 462-476.
- Granja GL, Bernardino VMM, Lima LCM de, Araújo LJS de, Arruda MJALLA, Ferreira FM, et al. Orofacial dysfunction, nonnutritive sucking habits, and dental caries influence malocclusion in children aged 8-10 years. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022;162(4):502-9.
- Grauwe A de, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, Jacobs R. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 2019;41(4):381-9.
- Grave K, Townsend G. Hand-wrist and cervical vertebral maturation indicators: how can these events be used to time Class II treatments? *Aust Orthod J*. 2003;19(2):33-45.
- Greco, CM; Rudy, TE; Turk, DC, Herlich, A, Zaki, HH. Traumatic onset of temporomandibular disorders: positive effects of a standardized conservative treatment program. *Clin J Pain* 1997;13(4): 337-347.

- Grewal B, Lee RT, Zou L, Johal A. Royal London space analysis: plaster versus digital model assessment. *Eur J Orthod.* 2017;39(3):320–5.
- Guo J-X, Xu X, Fan L, Pan Y-C. Facial soft tissue characteristics of patients with different types of malocclusion. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):1173.
- Habumugisha J, Mohamed AS, Cheng B, Liu L, Zou R, Wang F. Analysis of maxillary arch morphology and its relationship with upper airway in mouth breathing subjects with different sagittal growth patterns. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 2023;124(1S):101386.
- Han S-H, Ko Y, Ham LK, Park JH, Kim Y. Precautions and possibilities in orthodontic treatment of periodontally compromised patients: Current recommendations. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36(4):595–605.
- Han UK, Vig KW, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100:212–9.
- Haney E, Gansky SA, Lee JS, Johnson E, Maki K, Miller AJ, Huang JC. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(5):590–7.
- Harari D, Redlich M, Miri S, Hamund T, Gross M. The effect of mouth breathing versus nasal breathing on dentofacial and craniofacial development in orthodontic patients. *Laryngoscope.* 2010;120:2089-2093.
- Harris JE, Kowalksi CJ. All in the family: Use of familial information in orthodontic diagnosis, case assessment, and treatment planning. *Am J Orthod.* 1976;69(5):493–510.
- Hartmann J, Meyer-Marcotty P, Benz M, Häusler G, Stellzig-Eisenhauer A. Reliability of a Method for Computing Facial Symmetry Plane and Degree of Asymmetry Based on 3D-data. *J Orofac Orthop.* 2007;68(6):477–90.
- Harzer W. Kieferorthopädie: 43 Tabellen. Stuttgart: Thieme; 2011.
- Hausser E. Zur Ätiologie und Genese des Deckbisses. *Fortschr Kieferorthop.* 1953;14(3):154–61.
- Hennig C-L, Schüler IM, Scherbaum R, Buschek R, Scheithauer M, Jacobs C, Mentzel H-J. Frequency of Dental X-ray Diagnostics in Children and Adolescents: What Is the Radiation Exposure? *Diagnostics* 2023;13(3):394.
- Herrera D, Sanz M, Kebschull M, Jepsen S, Sculean A, Berglundh T, et al. Treatment of stage IV periodontitis: The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol.* 2022;49 Suppl 24:4–71.
- Hirsch C. Verbreitung und Ätiologie von kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD) im Kindes- und Jugendalter. *Inf Orthod Kieferorthop* 2019;51(01): 40-49.
- Hodges RJ, Atchison KA, White SC. Impact of cone-beam computed tomography on orthodontic diagnosis and treatment planning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(5):665–74. doi:10.1016/j.ajodo.2012.12.011.
- Hofmann E, Robold M, Proff P, Kirschneck C. Age assessment based on third molar mineralisation: An epidemiological-radiological study on a Central-European population. *J Orofac Orthop.* 2017;78(2):97–111. doi:10.1007/s00056-016-0063-z.
- Holmstrup P, Plemons J, Meyle J. Non-plaque-induced gingival diseases. *J Clin Periodontol.* 2018;45 Suppl 20:S28-S43. doi:10.1111/jcpe.12938.
- Horswell BB und Sheikh J. Evaluation of Pain Syndromes, Headache, and Temporomandibular Joint Disorders in Children. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2018;30(1): 11-24.
- Hoseini M, Zamaheni S, Bashizadeh Fakhar H, Akbari F, Chalipa J, Rahmati A. Comparative Evaluation of the Efficacy of Hand-Wrist and Cervical Vertebrae Radiography for the Determination of Skeletal Age. *Iran J Radiol.* 2016;13(3):e21695.

- Ihlis RL, Giovanos C, Liao H, Ring I, Malmgren O, Tsilingaridis G, et al. Cone beam computed tomography indications for interdisciplinary therapy planning of impacted canines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2023;135(1):e1-e9.
- Ikeda M, Miyamoto JJ, Takada J-I, Moriyama K. Association between 3-dimensional mandibular morphology and condylar movement in subjects with mandibular asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(2):324–34.
- Imahara SD, Hopper RA, Wang J, Rivara FP, Klein MB. Patterns and outcomes of pediatric facial fractures in the United States: a survey of the National Trauma Data Bank. *J Am Coll Surg* 2008;207(5): 710-716.
- Imhoff B, Ahlers MO, Kirschneck C, Lux C, Neff A, Ottl P, von Piekartz H, Wolowski A. Therapie craniomandibulärer Dysfunktionen (CMD). Wissenschaftliche Mitteilung. Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie DGFDt. 2022.
- Isaacson KG, Thom AR, Attack NE, Horner K, Whaites E. British Orthodontic Society: Guidelines for the use of radiographs in clinical orthodontics 2015. 4th ed.
- Isola G, Cicciù M, Fiorillo L, Matarese G. Association Between Odontoma and Impacted Teeth. *J Craniofac Surg.* 2017;28(3):755–8.
- Jacobs SG. Radiographic localization of unerupted mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118:432–8.
- Järvinen S. Relation of the Wits appraisal to the ANB angle: a statistical appraisal. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988 Nov;94(5):432-5.
- Jihed M, Dallel I, Tobji S, Amor AB. The Impact of Artificial Intelligence on Contemporary Orthodontic Treatment Planning - A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sch J Dent Sci.* 2022;9(5):70–87.
- Jimenez-Silva A, Carnevali-Arellano R, Venegas-Aguilera M, Tobar-Reyes J, Palomino-Montenegro H. Temporomandibular disorders in growing patients after treatment of class II and III malocclusion with orthopaedic appliances: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2018;76(4): 262-273.
- Juerchott A, Freudlsperger C, Weber D, Jende JME, Saleem MA, Zingler S, et al. In vivo comparison of MRI- and CBCT-based 3D cephalometric analysis: beginning of a non-ionizing diagnostic era in craniomaxillofacial imaging? *Eur Radiol.* 2020;30(3):1488–97.
- Kahl-Nieke B. Einführung in die Kieferorthopädie: Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie. 3rd ed. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2010.
- Kanani H, Khubchandani M, Dangore-Khasbage S, Pandey R. Teledentistry: A Comprehensive Review and Its Application in Pediatric Dental Care. *Cureus* 2024.
- Kapetanović A, Oosterkamp BCM, Lamberts AA, Schols JGJH. Orthodontic radiology: development of a clinical practice guideline. *Radiol Med.* 2021;126(1):72–82.
- Kapila S, Vora SR, Rengasamy Venugopalan S, Elnagar MH, Akyalcin S. Connecting the dots towards precision orthodontics. *Orthod Craniofac Res.* 2023;26 Suppl 1:8–19.
- Kardach H, Szponar-Żurowska A, Biedziak B. A Comparison of Teeth Measurements on Plaster and Digital Models. *J Clin Med* 2023.
- Karibe H, Goddard G, Aoyagi K, Kawakami T, Warita S, Shimazu K, Rudd PA, McNeill C. Comparison of subjective symptoms of temporomandibular disorders in young patients by age and gender. *Cranio* 2012;30(2): 114-120.
- Katsikogianni E, Schweigert-Gabler S, Krisam J, Orhan G, Bissar A, Lux CJ, Schmitter M, Giannakopoulos NN. Diagnostic accuracy of the Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders for children aged 8-12 years. *J Oral Rehabil* 2021;48(1): 18-27.
- Keß K. Altersabhängige Weichteilveränderungen des Gesichts. *Fortschr Kieferorthop.* 1990;51(6):373–7.

- Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):508–22.
- Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Vishwanathaiah S, Maganur PC, Patil S, Naik S, et al. Scope and performance of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis, treatment planning, and clinical decision-making - A systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):482–92.
- Kilinc DD and Mansiz D. Myofunctional orofacial examination tests: a literature review. *BMC Oral Health* 2023;23(1): 350.
- Kim DK, Rhee CS, Yun PY, Kim JW. Adenotonsillar hypertrophy as a risk factor of dentofacial abnormality in Korean children. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2015;272(11):3311–6.
- Kim MR, Graber TM, Viana MA. Orthodontics and temporomandibular disorder: a meta-analysis." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121(5): 438-446.
- Kinzinger G, Savvaidis S, Gülden N, Ludwig B, Knösel M, Lisson J. Effects of two different functional appliances on root development of posterior teeth: activator vs. bite-jumping appliance. *J Orofac Orthop.* 2010;71(3):235–45.
- Kinzinger GSM, Fritz UB, Sander F-G, Diedrich PR. Efficiency of a pendulum appliance for molar distalization related to second and third molar eruption stage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(1):8–23.
- Kirschneck C. *DENTICS Kieferorthopädie.* 1. Aufl. Elsevier-Verlag; 2024.
- Kirschneck C, Kuhr K, Ohm C, Frenzel Baudisch N, Jordan AR. Comparison of orthodontic treatment need and malocclusion Prevalence according to KIG, ICON, and mIOTN in German 8- to 9-year-old children of the Sixth German Oral Health Study (DMS 6). *J Orofac Orthop.* 2023;84(Suppl 1):S26–S35.
- Kirschneck C, Proff P. Age assessment in orthodontics and general dentistry. *Quintessence Int.* 2018;49(4):313–23.
- Kirschneck C und Proff P. Wie wirken sich bestimmte kieferorthopädische Therapieformen auf kranio-mandibuläre Dysfunktionen aus? *Kranio-mandibuläre Dysfunktionen.* M. Behr und J. Fanghänel. Stuttgart, Thieme; 2017.
- Kjær I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 1995;16:25–34.
- Klaus K, Stark P, Serbesis TS, Panherz H, Ruf S. Excellent versus unacceptable orthodontic results: influencing factors. *Eur J Orthod.* 2017;39(6):615–21.
- Kobayashi TY, Gurgel CV, Cota AL, Rios D, Machado MAA, Oliveira TM. The usefulness of cone beam computed tomography for treatment of complex odontoma. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2013;14(3):185–9.
- Kochar GD, Londhe S, Chopra SS, Kohli S, Kohli VS, Kamboj A, Verma M. Treatment effects and lip profile changes following premolars extraction treatment vs fixed functional treatment in Class II division 1 malocclusion: A randomized controlled clinical trial. *Dental Press J Orthod.* 2023;28(2):e232140.
- Koletsi D, Makou M, Pandis N. Effect of orthodontic management and orofacial muscle training protocols on the correction of myofunctional and myoskeletal problems in developing dentition. A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res* 2018;21(4): 202-215.
- Konstantonis D, Anthopoulou C, Makou M. Extraction decision and identification of treatment predictors in Class I malocclusions. *Prog Orthod.* 2013;14:47.
- Kopecky GR, Fishman LS. Timing of cervical headgear treatment based on skeletal maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104:162–9.
- Korbmacher H, Kahl-Nieke B. Optimizing Interdisciplinary Cooperation pg py p for Patients with Orofacial Dysfunctions: Presentation of an Interdisciplinary Diagnostic Referral Sheet. *J Orofac Orthop.* 2001;62:246–50.

- Korczeniewska OA, Dakshinamoorthy J, Prabhakar V, Lingaiah U. Genetics Affecting the Prognosis of Dental Treatments. *Dent Clin North Am.* 2024;68(4):659–92. doi:10.1016/j.cden.2024.05.003.
- Kraft E, Hersperger M, Herren D. Diagnose und Indikation als Schlüsseldimensionen der Qualität. *Schweizerische Ärztezeitung.* 2012;93:1485–9.
- Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Widmaier LM, Zeman F, Boldt J. Assessment of the quality of different commercial providers using artificial intelligence for automated cephalometric analysis compared to human orthodontic experts. *J Orofac Orthop* 2023.
- Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Zeman F, Boldt J. Artificial intelligence in orthodontics: Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network. *J Orofac Orthop.* 2020;81(1):52–68.
- Lai YC, Yap AU, Türp JC. Prevalence of temporomandibular disorders in patients seeking orthodontic treatment: A systematic review. *J Oral Rehabil* 2020;47(2): 270-280.
- Lam M, Hajdarević A, Čirgić E, Sabel N. Validity of digital analysis versus manual analysis on orthodontic casts. *J World Fed Orthod.* 2024;Jun 1:S2212-4438(24)00031-6. Epub ahead of print.
- Lapatki BG, Baustert D, Schulte-Mönting J, Frucht S, Jonas IE. Lip-to-incisor relationship and postorthodontic long-term stability of cover-bite treatment. *Angle Orthod.* 2006;76(6):942–9.
- Lapenaite E, Lopatiene K. Interproximal enamel reduction as a part of orthodontic treatment. *Stomatologija.* 2014;16:19–24.
- Lavergne J, Gasson N. Analysis and classification of the rotational growth pattern without implants. *Br J Orthod.* 1982;9(1):51–6.
- Leach HA, Ireland AJ, Whaites EJ. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J.* 2001;190:16–22.
- Lee RJ, Ko J, Park J, Pi S, Devgon D, Nelson G, et al. Accuracy and reliability of the expected root position setup on clinical decision making of root position at midtreatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;156(4):566–73.
- Lee YH, Lee KM, Kim T, Hong JP. Psychological Factors that Influence Decision-Making Regarding Trauma-Related Pain in Adolescents with Temporomandibular Disorder. *Sci Rep* 2019;9(1): 18728.
- Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(1):16.e1-4; discussion 16.
- Lemberger M, Regnstrand T, Karsten A, Benchimol D, Shi X-Q. Low-Dose Cone-Beam Computed Tomography for Assessment of Alveolar Clefts: A Randomized Controlled Trial in Image Quality. *Plast Reconstr Surg.* 2024;153(4):897–903.
- LeResche L, Mancl LA, Drangsholt MT, Saunders K, Von Korff M. Relationship of pain and symptoms to pubertal development in adolescents. *Pain* 2005;118(1-2): 201-209.
- Leuin SC, Frydendall E, Gao D, Chan KH. Temporomandibular joint dysfunction after mandibular fracture in children: a 10-year review. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;137(1): 10-14.
- Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. *Eur J Dent.* 1988;10:30-38.
- Li Z, Hung KF, Ai QY, Gu M, Su Y, Shan Z. Radiographic Imaging for the Diagnosis and Treatment of Patients with Skeletal Class III Malocclusion. *Diagnostics.* 2024;14:544.
- Liczmanski K, Stamm T, Sauerland C, Blanck-Lubarsch M. Accuracy of intraoral scans in the mixed dentition: a prospective non-randomized comparative clinical trial. *Head Face Med.* 2020;16(1):11.

- Lin T, Hughes T, Meade MJ. The genetic and environmental contributions to variation in the permanent dental arch form: a twin study. *Eur J Orthod.* 2023;45(6):868–74.
- Lione R, Franchi L, Huanca Ghislanzoni LT, Primožic J, Buongiorno M, Cozza P. Palatal surface and volume in mouth-breathing subjects evaluated with three-dimensional analysis of digital dental casts-a controlled study. *Eur J Orthod.* 2015;37(1):101–4.
- Lippold C, Liu X, Wangdo K, Drerup B, Schreiber K, Kirschneck C, et al. Facial landmark localization by curvature maps and profile analysis. *Head Face Med.* 2014;10:54.
- Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod.* 1975;68:554-563.
- Lux CJ, Conradt C, Burden D, Komposch G. Three-dimensional analysis of maxillary and mandibular growth increments. *Cleft Palate Craniofac J* 2004;41(3): 304-314.
- Lux CJ, Conradt C, Stellzig A, Komposch G. Evaluation of the predictive impact of cephalometric variables. Logistic regression and ROC curves. *J Orofac Orthop.* 1999 ;60(2):95-107.
- Magnusson T, Egermarki I, Carlsson GE. A prospective investigation over two decades on signs and symptoms of temporomandibular disorders and associated variables. A final summary. *Acta Odontol Scand* 2005;63(2): 99-109.
- Malandris M, Mahoney EK. Aetiology, diagnosis and treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. *Int J Paediatr Dent.* 2004;14(3):155–66.
- Manfredini D und Lobbezoo F. Sleep bruxism and temporomandibular disorders: A scoping review of the literature. *J Dent* 2021;111: 103711.
- Manfredini D, Ahlberg J, Lobbezoo F. Bruxism definition: Past, present, and future - What should a prosthodontist know? *J Prosthet Dent* 2022;128(5): 905-912.
- Manfredini D, Lombardo L, Siciliani G. Temporomandibular disorders and dental occlusion. A systematic review of association studies: end of an era? *J Oral Rehabil* 2017;44(11): 908-923.
- Manfredini D, Segù M, Arveda N, Lombardo L, Siciliani G, Alessandro Rossi, Guarda-Nardini L. Temporomandibular Joint Disorders in Patients With Different Facial Morphology. A Systematic Review of the Literature. *J Oral Maxillofac Surg* 2016;74(1): 29-46.
- Manni A, Cozzani M, Tamborrino F, De Rinaldis, S: Menini, A. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews. *Eur J Orthod.* 2011;33(4):388–95.
- Mavridou AM, Bergmans L, Barendregt D, Lambrechts P. Descriptive Analysis of Factors Associated with External Cervical Resorption. *J Endod.* 2017;43(10):1602–10.
- McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1999;116(5):545–51.
- McNamara JA Jr. Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthod.* 1981;51:177–202.
- Meazzini MC, Corradi F, Mazzoleni F, Ponti E de, Maccagni M, Novelli G, Bozzetti A. Circummaxillary Sutures in Patients With Apert, Crouzon, and Pfeiffer Syndromes Compared to Nonsyndromic Children: Growth, Orthodontic, and Surgical Implications. *Cleft Palate Craniofac J.* 2021;58(3):299–305.
- Mehta P, Sagarkar RM, Mathew S. Photographic Assessment of Cephalometric Measurements in Skeletal Class II Cases: A Comparative Study. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(6).
- Michelotti A, Rongo R, D'Antò V, Bucci R . Occlusion, orthodontics, and temporomandibular disorders: Cutting edge of the current evidence. *J World Fed Orthod* 2020;9(3S): S15-S18.
- Minervini G, Franco R, Marrapodi MM, Fiorillo L, Cervino G, Cicciù M). Prevalence of temporomandibular disorders (TMD) in pregnancy: A systematic review with meta-analysis. *J Oral Rehabil* 2023;50(7): 627-634.
- Ministry of Health Malaysia. Orthodontic Management of Developmentally Missing Incisors: Clinical Practice Guidelines 2012.

- Miresmaeili A, Basafa M, Mahvelati Shamsabadi R, Farhadian N, Moghymbeigi A, Mollabashi V. Treatment decision analysis for palatally-displaced canines based on orthodontists' opinion and CBCT. *Int Orthod*. 2017;15(4):625–39.
- Mori H, Matsumoto K, Kawai N, Izawa T, Horiuchi S, Tanaka E. Long-term follow-up of a patient with achondroplasia treated with an orthodontic approach. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151(4):793–803.
- Mortazavi N, Tabatabaei AH, Mohammadi M, Rajabi A. Is bruxism associated with temporomandibular joint disorders? A systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent* 2023;24(3): 144
- Moss, ML. The functional matrix hypothesis revisited. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(1): 8-11 (2): 221-226 (3): 338-342 (4): 410-417.
- Mossey PA. The Heritability of Malocclusion: Part 2. The Influence of Genetics in Malocclusion. *Br J Orthod*. 1999;26:195–203.
- Moyers RE. Handbook of orthodontics. 4th ed. Chicago: Year Book Medical Publ; 1988.
- Mucha JN. Orthodontic Finishing: Ten Steps to Success. *APOS*. 2018;8:184–99.
- Naish H, Dunbar C, Crouch-Baker J, Shah K, Wallis C, Atack NE, et al. Does a true knowledge of dental crowding affect orthodontic treatment decisions? *Eur J Orthod*. 2016;38:66–70.
- Naoumova J, Kjellberg H. The use of panoramic radiographs to decide when interceptive extraction is beneficial in children with palatally displaced canines based on a randomized clinical trial. *Eur J Orthod*. 2018;40(6):565–74.
- Neff A und Riechmann M (Lenkungsgruppe). DGMKG S3-Leitlinie: Kondylushypo- und -hyperplasie: Update Langversion 1.0 2023, AWMF-Registernummer 007/065. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/007-065>.
- Ng WL, Cunningham A, Pandis N, Bister D, Seehra J. Impacted maxillary canine: Assessment of prevalence, severity and location of root resorption on maxillary incisors: A retrospective CBCT study. *Int Orthod*. 2024;22(3):100890.
- Ngan P, Hu AM, Fields HW. Treatment of Class III problems begins with differential diagnosis of anterior crossbites. *Pediatr Dent*. 1997;19(6):386–95.
- Niedzielska IA, Drugacz J, Kus N, Kreska J. Panoramic radiographic predictors of mandibular third molar eruption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006;102:154–8.
- Nijkamp PG, Habets LLMH, Aartman IHA, Zentner A. The influence of cephalometrics on orthodontic treatment planning. *Eur J Orthod*. 2008;30(6):630–5.
- Nilsson IM und List T. Does adolescent self-reported TMD pain persist into early adulthood? A longitudinal study. *Acta Odontol Scand* 2020;78(5): 377-383.
- Normando D, Almeida Santos HG de, Abdo Quintão CC. Comparisons of tooth sizes, dental arch dimensions, tooth wear, and dental crowding in Amazonian indigenous people. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;150(5):839–46.
- Nötzel F, Schultz C. Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik: Analysen und Tabellen für die Praxis; 75 Tabellen. 2nd ed. Köln: Dt. Zahnärzte-Verl.; 2009.
- Nuvvula S, Ega S, Mallineni SK, Almulhim B, Alassaf A, Alghamdi SA, et al. Etiological Factors of the Midline Diastema in Children: A Systematic Review. *Int J Gen Med*. 2021;14:2397–405.
- Oral Health Division, Ministry of Health Malaysia. Clinical Practice Guidelines: Management of the palatally ectopic canine 2016. 2nd ed.
- Orradre-Burusco I, Fonseca J, Alkhraisat MH, Serra-Negra JM, Eguia A, Torre A, Anitua E. Sleep bruxism and sleep respiratory disorders in children and adolescents: A systematic review. *Oral Dis*. 2024;30(6):3610-3637.
- Pachêco-Pereira C, Luca Canto G de, Major PW, Flores-Mir C. Variation of orthodontic treatment decision-making based on dental model type: A systematic review. *Angle Orthod*. 2015;85(3):501–9.

- Paddenberg E, Dees A, Proff P, Kirschneck C. Individual dental and skeletal age assessment according to Demirjian and Baccetti: Updated norm values for Central-European patients. *J Orofac Orthop.* 2024;85(3):199–212.
- Paddenberg E, Heiß R, Grünbaum T, Proff P, Kirschneck C. Validation of a mathematical–geometrical model to calculate the length of an individual anterior arch. *J Orofac Orthop* 2023a.
- Paddenberg E, Heiß R, Grünbaum T, Proff P, Kirschneck C. Validation of a mathematical–geometrical model to calculate the length of an individual anterior arch. *J Orofac Orthop.* 2023b;Jul 3:Epub ahead of print.
- Paddenberg E, Proff P, Kirschneck C. Floating norms for individualising the ANB angle and the WITS appraisal in orthodontic cephalometric analysis based on guiding variables. *J Orofac Orthop.* 2023 Jan;84(1):10-18.
- Paddenberg-Schubert E, Heiß R, Grünbaum T, Proff P, Kirschneck C. Clinical implications of a mathematical–geometrical model to predict changes in the anterior arch dimension. *J Orofac Orthop* 2024.
- Pae EK, McKenna GA, Sheehan TJ, Garcia R, Kuhlberg A, Nanda R. Role of lateral cephalograms in assessing severity and difficulty of orthodontic cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(3):254–62.
- Panagiotidis G und Witt E. Der individualisierte ANB-Winkel. *Fortschr Kieferorthop* 1977; 38: 408–416.
- Parashos P. The orthodontic-endodontic interface: trauma and pulpal considerations. *Br Dent J.* 2024;237(5):389–97.
- Pavoni C, Lombardo EC, Lione R, Faltin K, JR, McNamara JA, JR, Cozza P, Franchi L. Treatment timing for functional jaw orthopaedics followed by fixed appliances: a controlled long-term study. *Eur J Orthod.* 2018;40:430–6.
- Peralta-Mamani M, Rubira CM, López-López J, Honório HM, Rubira-Bullen IR. CBCT vs panoramic radiography in assessment of impacted upper canine and root resorption of the adjacent teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Exp Dent.* 2024;16:e198-222.
- Peroz I, Faulhaber R, Ahlers MO, Lange M, Mentler C, Wolowski A, Ottl P. CMD-Screening (CMD-Basisdiagnostik) der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik. 2024. Zuletzt zugegriffen 19.01.2025 - <https://www.dgfdt.de/documents/266840/22655647/CMD-Screening+DGFDt+2024/ac5abfe4-604d-4c84-9851-e426a54edc91>
- Poling R. A method of finishing the occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115:476–87.
- Porter SR, Mercadante V, Fedele S. Oral manifestations of systemic disease. *Br Dent J.* 2017;223(9):683–91.
- Rakosi T, Jonas I. Kieferorthopädie: Diagnostik. Stuttgart: Thieme; 1980.
- Rakosi T. Ätiologie und diagnostische Beurteilung des offenen Bisses. *Fortschr Kieferorthop.* 1982;43(1):68–73.
- Rasmussen CM, Viozzi CF. A Decision Tree for Orthodontic and Surgical Management of the Maxillary Transverse Dimension in Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020;78(8):1236–8.
- Rasteau S, Sigaux N, Louvrier A, Bouletreau P. Three-dimensional acquisition technologies for facial soft tissues - Applications and prospects in orthognathic surgery. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2020;121(6):721–728.
- Reuschl RP, Heuer W, Stiesch M, Wenzel D, Dittmer MP. Reliability and validity of measurements on digital study models and plaster models. *Eur J Orthod.* 2016;38(1):22–6.
- Ricketts RM. Esthetics, environment, and the law of lip relation. *Am J Orthod.* 1968;54(4):272–89.

- Rijpstra C, Lisson JA. Ätiologie des frontalen offenen Bisses: Ein Review. *J Orofac Orthop.* 2016;77(4):281–6.
- Rischen RJ, Breuning KH, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Records needed for orthodontic diagnosis and treatment planning: a systematic review. *PLoS One.* 2013;8(11):e74186.
- Rudzki I, Fanghänel J, Ihlow D, Kirschneck C. Rezidivprophylaxe. In: Ihlow D, Rudzki I, Janson I, eds. *Kieferorthopädische Retention: Kriterien, Regeln und Maßnahmen der Rezidivprophylaxe : 260 Abbildungen.* Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2018.
- Rudzki-Janson I, Noachtar R. Functional Appliance Therapy With the Bionator. *Semin Orthod.* 1998;4:33–45.
- Sambale J, Bruns PM, Jablonski-Momeni A, Heinzl-Gutenbrunner M, Korbmacher-Steiner HM. Prognostic risk factors for apical root resorption in orthodontic patients - Are the Kjær's morphologic characteristics of clinical relevance? *Ann Anat.* 2024;255:152287.
- Sambale J, Jablonski-Momeni A, Korbmacher-Steiner HM. Impact of initial lip competence on the outcome of class II functional appliances therapy. *Clin Oral Investig.* 2024;28(2):126.
- Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of Root Resorption and Root Shape: Periapical vs Panoramic Films. *Angle Orthod.* 2001;71:185–9.
- Sander GF. Kieferorthopädische Diagnostik. In: Sander FG, Schwenzer N, Ehrenfeld M, eds. *Kieferorthopädie: 46 Tabellen.* 2nd ed. Stuttgart, New York: Thieme; 2011.
- Sang S, Ameli N, Almeida FT, Friesen R. Association between clinical symptoms and MRI image findings in symptomatic temporomandibular joint (TMJ) disease: A systematic review. *J Craniomaxillofac Surg.* 2024;52(7):835–42.
- Santana LG, Flores-Mir C, Iglesias-Linares A, Pithon MM, Marques LS. Influence of heritability on occlusal traits: a systematic review of studies in twins. *Prog Orthod.* 2020;21(1):29.
- Sarver DM. The importance of incisor positioning in the esthetic smile: the smile arc. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(2):98–111.
- Scarfe WC, Azevedo B, Toghiani S, Farman AG. Cone Beam Computed Tomographic imaging in orthodontics. *Aust Dent J.* 2017;62 Suppl 1:33–50.
- Schieffer L, Latzko L, Ulmer H, Schenz-Spasic N, Lepperdinger U, Paulus M, Crismani AG. Comparison between stone and digital cast measurements in mixed dentition : Validity, reliability, reproducibility, and objectivity. *J Orofac Orthop.* 2022;83(Suppl 1):75–84.
- Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet JP, List T, Svensson P, Gonzalez Y, Lobbezoo F, Michelotti A, Brooks SL, Ceusters W, Drangsholt M, Ettlin D, Gaul C, Goldberg LJ, Haythornthwaite JA, Hollender L, Jensen R, John MT, De Laat A, de Leeuw R, Maixner W, van der Meulen M, Murray GM, Nixdorf DR, Palla S, Petersson A, Pionchon P, Smith B, Visscher CM, Zakrzewska J, Dworkin SF; International RDC/TMD Consortium Network, International association for Dental Research; Orofacial Pain Special Interest Group, International Association for the Study of Pain.. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and Orofacial Pain Special Interest Groupdagger. *J Oral Facial Pain Headache* 2014;28(1): 6-27.
- Schonberger S, Kadry R, Shapira Y, Finkelstein T. Permanent Tooth Agenesis and Associated Dental Anomalies among Orthodontically Treated Children. *Children.* 2023;10:596.
- Schubert M, Proff P, Kirschneck C. Improved eruption path quantification and treatment time prognosis in alignment of impacted maxillary canines using CBCT imaging. *Eur J Orthod.* 2018;40(6):597–607.
- Schulze R. DGZMK S2k-Leitlinie: Dentale digitale Volumentomographie: Langversion 3.0 2022, AWMF-Registernummer 083-005. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-005>.

- Seehra J, Yaqoob O, Patel S, O'Neill J, Bryant C, Noar J, et al. National clinical guidelines for the management of unerupted maxillary incisors in children. *Br Dent J*. 2018;224(10):779–85.
- Serrano-Velasco D, Martín-Vacas A, Paz-Cortés MM, Giovannini G, Cintora-López P, Aragoneses JM. Intraoral scanners in children: evaluation of the patient perception, reliability and reproducibility, and chairside time-A systematic review. *Front Pediatr*. 2023;11:1213072.
- Shrivastava M, Battaglino R, Ye L. A comprehensive review on biomarkers associated with painful temporomandibular disorders. *Int J Oral Sci* 2021;13(1): 23.
- Signorelli L, Patcas R, Peltomäki T, Schätzle M. Radiation dose of cone-beam computed tomography compared to conventional radiographs in orthodontics. *J Orofac Orthop*. 2016;77(1):9–15.
- Singh S, Prabhakar M, Nindra J, Sidhu MS, Shikha. Orthodontic Limitations in Adults: A Review. *J Clin of Diagn Res*. 2022;16(2):ZE01-ZE05.
- Soheilifar S, Soheilifar S, Afrasiabi Z, Soheilifar S, Tapak L, Naghdi N. Prediction accuracy of Dolphin software for soft-tissue profile in Class I patients undergoing fixed orthodontic treatment. *J World Fed Orthod*. 2022;11(1):29–35.
- Sondeijker CFW, Lamberts AA, Beckmann SH, Kuitert RB, van Westing K, Persoon S, Kuijpers-Jagtman AM. Development of a clinical practice guideline for orthodontically induced external apical root resorption. *Eur J Orthod*. 2020;42(2):115–24.
- Song YL, Yap AU, Türp JC. Association between temporomandibular disorders and pubertal development: A systematic review. *J Oral Rehabil* 2018;45(12): 1007-1015.
- Sonis A, Ackerman M. E-space preservation Is there a relationship to mandibular second molar impaction? *Angle Orthod*. 2011;81:1045–9.
- Sosars P, Jakobsone G, Neimane L, Mukans M. Comparative analysis of panoramic radiography and cone-beam computed tomography in treatment planning of palatally displaced canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020;157(5):719–27.
- Srivastav S, Spin-Neto R, Aiyar A, Stoustrup PB. Accuracy and reliability of magnetic resonance imaging in orthodontic diagnosis and treatment planning-a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod* 2024.
- Stahl F, Grabowski R, Gaebel M, Kundt G. Relationship between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition. Part II: Prevalence of orofacial dysfunctions. *J Orofac Orthop* 2007;68(2): 74-90.
- Steiner GG, Pearson JK, Ainamo J. Changes of the Marginal Periodontium as a Result of g Labial Tooth Movement in Monkeys. *J Periodontol*. 1981;52:314–20.
- Stellzig-Eisenhauer A, Decker E, Meyer-Marcotty P, Rau C, Fiebig BS, Kress W, et al. Primary Failure of Eruption (PFE) – Clinical and Molecular Genetics Analysis. *J Orofac Orthop*. 2010;71(1):6–16.
- Stellzig-Eisenhauer A, Lux CJ, Schuster G. Treatment decision in adult patients with Class III malocclusion: Orthodontic therapy or orthognathic surgery? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002;122:27–38.
- Stern S, Finke H, Strosinski M, Mueller-Hagedorn S, McNamara JA, Stahl F. Längsschnittveränderungen in den Zahnbögen und im Weichteilprofil bei unbehandelten Probanden mit normaler Okklusion. *J Orofac Orthop*. 2020;81(3):192–208.
- Stervik C, Lith A, Ekestubbe A. Radiation exposure during orthodontic treatment: risk to children and adolescents. *Acta Odontol Scand*. 2024;83:296–301.
- Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;129(6):794–803.

- Stivaros N, Mandall NA, Orth M. Radiographic Factors Affecting the Management of Impacted Upper Permanent Canines. *J Orthod*. 2000;27:169–73.
- Stoustrup P, Twilt M, Spiegel L, Kristensen KD, Koos B, Pedersen TK, et al. Clinical Orofacial Examination in Juvenile Idiopathic Arthritis: International Consensus-based Recommendations for Monitoring Patients in Clinical Practice and Research Studies. *J Rheumatol*. 2017;44(3):326–33.
- Stoustrup P, Videbæk A, Wenzel A, Matzen LH. Will supplemental cone beam computed tomography change the treatment plan of impacted maxillary canines based on 2D radiography? A prospective clinical study. *Eur J Orthod* 2024.
- Stupar I, Yetkiner E, Wiedemeier D, Attin T, Attin R. Influence of Lateral Cephalometric Radiographs on Orthodontic Treatment Planning of Class II Patients. *Open Dent J*. 2018;12:296–302.
- Sun W, Xia K, Tang L, Liu C, Zou L, Liu J. Accuracy of panoramic radiography in diagnosing maxillary sinus-root relationship: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod*. 2018;88(6):819–29.
- Svejda M, Freudenthaler J, Bantleon H-P. Ist eine genaue Bestimmung der Zahnachse am Orthopantomogramm möglich? *Inf Orthod Kieferorthop*. 2010;42(03):181–6.
- Tanaka MM und Johnston LE. The prediction of the size of unerupted canines and premolars in a contemporary orthodontic population. *J Am Dent Assoc*. 1974;88(4):798–801.
- Taylor N, Jones A. Are anterior occlusal radiographs indicated to supplement panoramic radiography during an orthodontic assessment? *Br Dent J*. 1995;179:377–81.
- Thakur VK, Chaudhary DC, Jayan B, Jain V, Mathur P. Soft-tissue paradigm: A review. *JGOH*. 2023;6:107–13.
- Thijs, Zoë; Bruneel, Laura; Pauw, Guy de; van Lierde, Kristiane M. Oral Myofunctional and Articulation Disorders in Children with Malocclusions: A Systematic Review. *Folia Phoniatr Logop* 2022;74(1): 1-16.
- Thüler U, Kuster R, Ingervall B. A comparison between anamnestic, rhinomanometric and radiological methods of diagnosing mouth- breathing. *Eur J Orthod*. 1989;11:161–8.
- Tom K, Mancl L, Woloshyn H, Khosravi R, Bollen A-M. Association between crowding estimation and extraction recommendations in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2024;165(1):64-72.e12.
- Tonn P. Über die mesio-distalen Zahnbreiten-Relationen der Zähne des Oberkiefers zu den entsprechenden des Unterkiefers bei normaler und anormaler Okklusion. Thiele; 1937.
- Topsakal KG, Yurdakurban E, Duran GS, Görgülü S. 3D evaluation of cranial and dentofacial morphological differences between individuals with mouth breathing and nasal breathing. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2024;125(5S2):101854.
- Trombelli L, Farina R, Silva CO, Tatakis DN. Plaque-induced gingivitis: Case definition and diagnostic considerations. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S46-S73.
- Tsolakis AI, Kalavritinos M, Bitsanis E, Sanoudos M, Benetou V, Alexiou K, Tsiklakis K. Reliability of different radiographic methods for the localization of displaced maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;153(2):308–14.
- Türp JC und Schindler H. The dental occlusion as a suspected cause for TMDs: epidemiological and etiological considerations. *J Oral Rehabil* 2012;39(7): 502-512.
- Tymofiyeva O, Proff PC, Rottner K, Düring M, Jakob PM, Richter E-J. Diagnosis of dental abnormalities in children using 3-dimensional magnetic resonance imaging. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013;71(7):1159–69.
- Tymofiyeva O, Rottner K, Jakob PM, Richter E-J, Proff P. Three-dimensional localization of impacted teeth using magnetic resonance imaging. *Clin Oral Investig*. 2010;14(2):169–76.
- Tymofiyeva O, Vaegler S, Rottner K, Boldt J, Hopfgartner AJ, Proff PC, et al. Influence of dental materials on dental MRI. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(6):20120271.

- Ulhaq A, Fee P, Cresta M, Turner S, Dutta A. Dental Factors Influencing Treatment Choice For Maxillary Lateral Incisor Agenesis: A Retrospective Study. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2019;27(4):182–8.
- Uslu O, Akcam OM, Cebeci I. Prevalence of dental anomalies in various malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135:328–35.
- van Bunningen RH, Dijkstra PU, Dieters A, van der Meer WJ, Kuijpers-Jagtman AM, Ren Y. Precision of orthodontic cephalometric measurements on ultra low dose-low dose CBCT reconstructed cephalograms. *Clin Oral Investig*. 2022;26(2):1543–50.
- Wallis C, McNamara C, Cunningham SJ, Sherrieff M, Sandy, JR, Ireland AJ. How good are we at estimating crowding and how does it affect our treatment decisions? *Eur J Orthod*. 2014;36:465–70.
- Wendl B, Crismani A, Bantleon H-P, Kränke B. Stellungnahme der Österreichischen Gesellschaft für Kieferorthopädie zum Thema Allergien in der Kieferorthopädie. *Inf Orthod Kieferorthop*. 2015;47(02):117–21.
- 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(6):703–12.
- Wiedemeyer F, Kirschneck C. White-Spot-Läsionen, Zahnwurzelresorptionen und Medikamente im Rahmen einer kieferorthopädischen Therapie. *Inf Orthod Kieferorthop*. 2024;56(03):153–8.
- Williams P. Lower incisor position in treatment planning. *Br J Orthod*. 1986;13(1):33–41.
- Yared KFG, Zenobio EG, Pacheco W. Periodontal status of mandibular central incisors after orthodontic proclination in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(1):6.e1-8.
- Zacharopoulos GV, Manios A, Kau CH, Velagrakis G, Tzanakakis GN, Bree E de. Anthropometric Analysis of the Face. *J Craniofac Surg*. 2016;27(1):e71-5.
- Zataráin B, Avila J, Moyaho A, Carrasco, R, Velasco C. Lower incisor inclination regarding different reference planes. *Acta Odontol Latinoam*. 2016;29:115–22.
- Zicari AM, Albani F, Ntrekou P, Rugiano A, Duse M, Mattei A, Marzo G. Oral breathing and dental malocclusions. *Eur J Paediatr Dent*. 2009;10(2):59–64.
- Zymperdikas VF, Yavropoulou MP, Kaklamanos EG, Papadopoulos MA. Effects of systematic bisphosphonate use in patients under orthodontic treatment: a systematic review. *Eur J Orthod*. 2020;42(1):60–71.

Erstveröffentlichung:	02.06.2025
Überarbeitung von:	-
Nächste Überprüfung geplant:	01.06.2030

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online