

Ferner kann durch eine chronische apikale Parodontitis eines Milchzahnes die Mineralisation des nachfolgenden bleibendes Zahnes gestört werden und zu einem sog. **Turner-Zahn** führen.

**Systemische Einflüsse.** Prä-, peri- oder postnatal auftretende Mangelzustände (Sauerstoffmangel, Hypokalzämie), Stoffwechselstörungen, Infektionen, Einwirkungen von Pharmaka (Tetracyclin, Überdosierung von Vitamin D) oder Spurenelementen (Strontium, Fluorid) können zur Schädigung Hartgewebe bildender Zellen und damit zu Struktur-anomalien der Zähne führen. Diese treten grundsätzlich in beiden Dentitionen auf. Im bleibenden Gebiss kommen sie jedoch häufiger vor.

**Genetische Einflüsse.** Bei genetisch bedingten Struktur-anomalien ist primär der Zahnschmelz (Amelogenesis imperfecta hereditaria) oder das Dentin (Dentinogenesis imperfecta hereditaria) betroffen:

- Die **Amelogenesis imperfecta** ist kein einheitliches Krankheitsbild. Es werden zahlreiche Untergruppen beschrieben. Der Schmelz kann sowohl quantitativ (Hypoplasie; Abb. 3.30a) als auch qualitativ (Hypomaturation, Hypokalzifikation) verändert sein.
- Die **Dentinogenesis imperfecta** ist bei einem Teil der Patienten orales Symptom einer Osteogenesis imperfecta. Klinisch erscheinen die anatomisch normal gebildeten Zahnkronen graublau bis graubraun opaleszierend (Abb. 3.30b).

## Normale und gestörte Funktionen des orofazialen Systems

Karin Wieselmann-Penkner

### Morphologie des Kiefergelenks

Der Unterkiefer ist als einziger Knochen am Schädel durch 2 echte Gelenke befestigt. Beide Gelenke sind völlig voneinander getrennt. Da sie aber im Aufbau einander gleichen und die Bewegung, eine Kombination aus Rotation und Translation, gleichzeitig in beiden Gelenken stattfindet, kann man das Kiefergelenk topographisch als Einheit beschreiben.

Das Kiefergelenk besteht aus dem walzenförmigen Köpfchen (*Caput mandibulae*) des Unterkiefer-Gelenkfortsatzes (Processus condylaris), der mit der *Fossa mandibularis* und dem *Tuberculum articulare* des Os temporale artikuliert. Sämtliche gelenkführende Flächen sind von gefäßlosem Faserknorpel überzogen (Abb. 3.31 a, b).

Die Inkongruenz zwischen der größeren Gelenkpfanne und dem kleineren Gelenkkopf wird durch den *Discus articularis* ausgeglichen. Dieser bikonkave, im Randzonenbereich ca. 3–4 mm und im zentralen Bereich ca. 1–1,5 mm starke Faserknorpel besteht im anterioren Anteil aus rein fibrösem Gewebe mit eingestreuten Chondrozyten und kollagenen Fasern. Dadurch ist er in der Lage, während des Bewegungsablaufs den Kondylus gegen die



Abb. 3.29 Schmelzhypoplasie eines unteren Schneidezahnes als Folge eines Milchzahntraumas (Foto: G. Bellmann).



a



b

Abb. 3.30a, b Genetisch bedingte Anomalien der Zahnstruktur. a Amelogenesis imperfecta, grübchenförmige Hypoplasien des Schmelzes.

b Dentinogenesis imperfecta im frühen Wechselgebiss mit perlmuttartig erscheinenden Zähnen (Fotos: G. Bellmann).

Eminentia zu stabilisieren, eine Funktion, die von einem festen, knorpeligen Diskus nicht ausgeführt werden könnte.

Im posterioren Anteil, der sog. *bilaminären Zone* findet man 2 Schichten:

- Die obere Schicht, das *Stratum superius*, das an der *Fissura petrotympanica* ansetzt, besteht vorwiegend aus elastischen Fasern und ermöglicht die Translation des Kondylus.

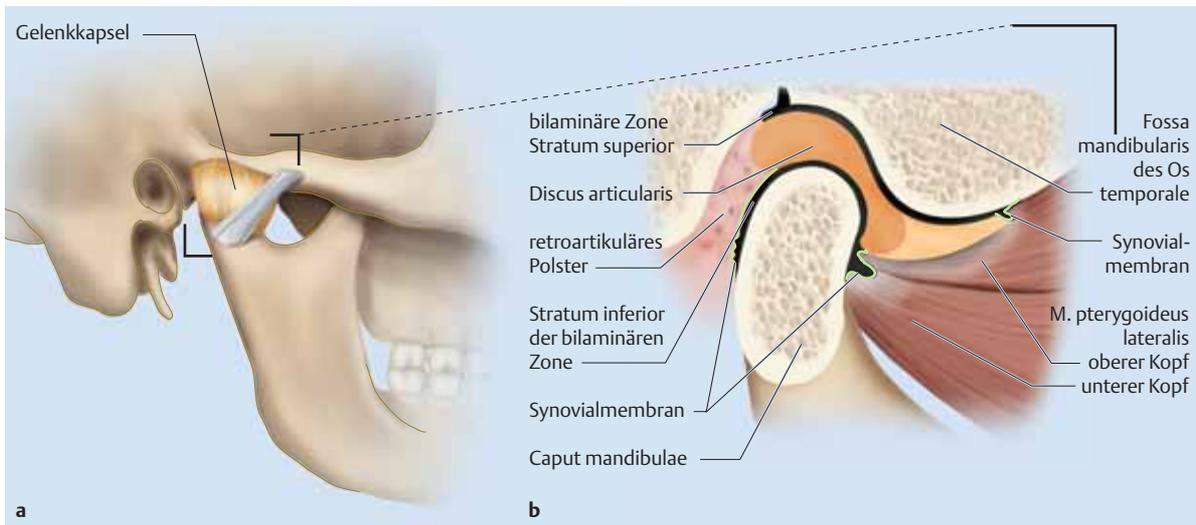


Abb. 3.31a, b Lateralansicht des Kiefergelenks und des diskokapsulären Systems (a) sowie Sagittalschnitt durch das Kiefergelenk (b).

- Die untere Schicht, das Stratum inferius, besteht dagegen aus sehr straffem, wenig dehnbarem kollagenen Bindegewebe und fixiert so den Diskus am dorsalen Rand der kondylären Gelenkfläche.

Zwischen diesen beiden Schichten findet man ein mit dem retroartikulären Polster verbundenes, lockeres, stark vaskularisiertes und fettzellenreiches Bindegewebe.

Das Kiefergelenk wird von einer *Gelenkkapsel* umgeben, die mit dem Diskus entlang der gesamten Zirkumferenz verbunden ist: diskokapsuläres System. Die Kapsel besteht aus einer äußeren, derben Gewebeschicht, dem Stratum fibrosum, das schlaff genug ist, um die Bewegungen des Gelenks nicht zu behindern, und einer inneren Bindegewebeschicht, dem Stratum synoviale oder der Synovialmembran. Diese in Zotten angeordnete Gewebeschicht sezerniert ca. 1,2 ml in die obere und 0,9 ml Synovialflüssigkeit in die untere Kammer des Kiefergelenks und ermöglicht so die Gleitfähigkeit bei der Rotation und der Translation. Zusätzlich ernährt sie den gefäßlosen Diskus und entfernt schädliche Abbauprodukte aus dem Gelenk.

Verstärkt wird das *diskokapsuläre System*, das kranial an der Schädelbasis im Bereich der Fissura petrotympanica und vor dem Tuberculum articulare ansetzt und kaudal am Caput mandibulae inseriert, durch die *Ligg. laterale bzw. temporomandibulare, sphenomandibulare* und *stylo-mandibulare*.

### Grund- und Grenzbewegungen des Unterkiefers

Sämtliche Bewegungen des Unterkiefers beginnen immer aus einer der Hauptpositionen, die der Unterkiefer zum Oberkiefer einnimmt. Dazu zählen (vgl. Abschnitt Mastikatorische Funktion in diesem Kapitel sowie den Abschnitt Terminologie in Kapitel 7):

- Ruheschwebe (RUS)
- zentrische Kondylenposition (Zentrik, ZKP)
- maximale Interkuspositionsposition (IKP)
- habituelle Interkuspositionsposition
- zentrische Okklusion
- retrale Kontaktposition (RKP).

#### Ruheschwebe

Die Ruheschwebe (RUS) oder Ruhelage ist definiert als „unbewusste Abstandhaltung des Unterkiefer zum Oberkiefer bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung“. Sie ist mit einer leichten Öffnungs- und Vorschubbewegung verbunden und wird durch den Tonus der Schließmuskulatur sowie der Haltung des Kopfes bestimmt.

Da der Unterkiefer beweglich aufgehängt ist und die Schwerkraft eine ständige Dehnung der Elevatoren bewirkt, erfolgt über Aktivierung von Muskelrezeptoren und Reflexbögen eine fortwährende, der Schwerkraft entgegen wirkende Kontraktion der Schließmuskeln, um so ein weiteres Absinken des Unterkiefers und damit eine permanente Überdehnung zu verhindern.

In dieser muskulär gesteuerten Ruhelage liegt der Unterkiefer 2–5 mm tiefer als in der Schlussbissstellung. Der Bereich zwischen IKP und RUS wird als *Interokklusallabstand* oder „free way space“ bezeichnet. Die Ruheschwebe ist keine konstante Größe, sondern wird durch Änderung der Kopfhaltung, der Viskoelastizität der Weichgewebe, aber vor allem durch Änderung des Kaumuskeltonus beeinflusst. Daher führen sämtliche Faktoren wie Stress, Kälte oder Medikamente, die den Muskeltonus beeinflussen, auch zu einer Veränderung der Ruheschwebe.

#### Zentrische Kondylenposition

Unter der zentrischen Kondylenposition (ZKP) versteht man eine physiologisch günstige Unterkieferposition, bei der beide Kondylen kranioventral, in nicht seitenverschobener Position gelagert sind, der Diskus-Kondylus-Kom-

plex zentriert in der Fossa articularis steht und die gesamte Muskulatur entspannt bleibt.

In vielen Fällen stimmt diese zentrierte Position jedoch nicht mit der Kondylenposition in der Schlussbissstellung überein – es kommt zu einem Gleiten, das zwischen 0,5 und 1,5 mm betragen kann. Dieses Gleiten wird als *physiologisches Gleiten* oder „slide in centric“ bezeichnet.

### Bestimmung der zentrischen Kondylenposition oder Scharnierachse

In dieser zentrischen Kondylenposition wird die *Scharnierachse* bestimmt: eine gedachte Achse, um die sich die Kondylen bei der Öffnungs- und Schließbewegung des Unterkiefers drehen. Dabei dienen die scheinbaren Durchtrittsstellen der Achse durch die Haut als Referenzpunkte. Die Scharnierachse kann entweder exakt mithilfe der Axiographie bestimmt werden oder arbiträr, das heißt mittels anatomischer Gesichtsbögen oder anhand von folgenden, mittelwertig definierten Achsenpunkten:

- **Posselt:** Der Achsenpunkt liegt auf einer Linie zwischen der Mitte des Tragus (Knorpelvorsprung vor der äußeren Gehörgangsöffnung) und dem Augenwinkel (Tragus-Kanthus-Linie) 12 mm vor dem Tragusrand.
- **Ramfjord:** Der Achsenpunkt liegt auf der Tragus-Kanthus-Linie 13 mm vor dem Tragusrand.
- **Hobo:** Der Achsenpunkt liegt 5 mm nach unten im rechten Winkel zur Tragus-Kanthus-Linie und 12 mm vor dem Tragusrand.
- **Gerber:** Der Achsenpunkt wird durch Palpieren der lateralen Kondylenpole bei der Öffnungs- und Schließbewegung ermittelt und liegt ca. 10–13 mm vor dem äußeren Gehörgang.

Sämtliche Bewegungen, die der Unterkiefer beim Kauen, Sprechen, Schlucken etc. durchführt, sind komplexe Bewegungen aus:

- Öffnungs- und Schließbewegung (Abduktion und Adduktion)
- Lateralbewegung (Laterotrusion und Mediotrusion)
- Vorschub- und Rückziehbewegung (Protrusion und Retrusion)
- kombinierte Protrusions-, Retrusions- und Lateralbewegung (Lateroprotrusion und Lateroretrusion).

### Öffnungsbewegung

Bei der Öffnungsbewegung gleiten beide Kondylen durch Aktivierung der Mundöffner (Pars inferior des M. pterygoideus lateralis, M. digastricus, M. mylohyoideus) nach vorn und unten. Dabei kommt es primär zu einer reinen Rotation und erst sekundär bei weiterer Mundöffnung zu einer Translation der Kondylen, bei der der Kondylus-Diskus-Komplex auf einer gekrümmten Bahn auf das Tuberculum articulare zugleitet. Diese Verschiebung wird durch den unteren Kopf des M. pterygoideus lateralis bewirkt, der durch seinen Ansatz in der Fovea pterygoidea den Unterkiefer aktiv nach vorn zieht.

Der Diskus folgt passiv durch seine mediale und laterale Befestigung an den Epikondylen des Caput mandibulae.

Die laterale Sicherung der Bahnbewegung des Diskus übernehmen die Fascia parotidea, die Fascia masseterica, die Pars profunda des M. masseter und des M. temporalis, die in das diskokapsuläre System einstrahlen.

Der Versatz der Kondylen bei der Translation kann extraoral aufgezeichnet werden und wird als *Kondylenbahn* bezeichnet. Bringt man diese in Beziehung zur Achs-Orbital-Ebene (Ebene, die durch den rechts- und linksseitigen Tragus-Mittelpunkt und die äußeren Augenwinkel [Ektokanthion] definiert ist), entsteht ein Winkel, der sog. **Kondylenbahnwinkel**, der ca. 30–50° beträgt. Zeichnet man die Kondylenbahn bei reiner Protrusion auf, ist die Bahn um ca. 5° flacher als bei der Lateralbewegung. Der Winkel zwischen diesen beiden unterschiedlich verlaufenden Kondylenbahnen wird als **Fischer-Winkel** bezeichnet und beträgt durchschnittlich 5° (Abb. 3.32).

### Lateralbewegung

Bei der Lateralbewegung wandert ein Kondylus, der sog. *Mediotrusions- oder Balancekondylus* nach vorn und unten, der zweite Kondylus, der sog. *Laterotrusions- oder Arbeitskondylus* bleibt in der Gelenkfossa und rotiert. Gleichzeitig bewegt sich der Mediotrusionskondylus einwärts. Diese Bewegung gewährleistet eine körperhafte Seitenverschiebung des Unterkiefers, sodass auch die gelenknahen Seitenzähne der Laterotrusionsseite außerhalb des Oberkiefer-Zahnbogens arbeiten können.

Den Winkel, der zwischen Mediotrusionsbahn und Sagittalebene gebildet wird, bezeichnet man als **Bennett-Winkel**. Er beträgt ca. 10° (Abb. 3.33).

Abhängig von der Einwärtsbewegung des Mediotrusionskondylus wird gleichzeitig der Arbeitskondylus nach außen versetzt. Diese nach lateral gerichtete Bewegung des zugleich rotierenden Kondylus bezeichnet man als *Bennett-Bewegung*. Sie ist meist keine reine Lateralbewegung, sondern eine Kombination aus folgenden Bewegungen:

- **Surtrusion:** Dabei läuft der Kondylus nach außen und kranial, der Abstand zwischen unterem Stampfhöcker

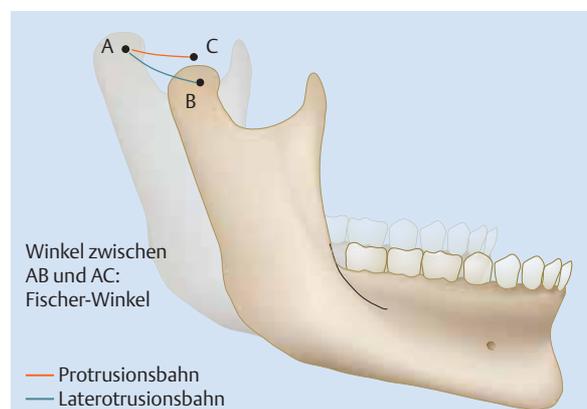


Abb.3.32 Zeichnet man die Kondylenbahn bei symmetrischer Protrusion (AC) auf, ist die Bahn um ca. 5° flacher als bei der Lateralbewegung (AB). Der Winkel zwischen diesen beiden unterschiedlich verlaufenden Kondylenbahnen (AC–AB) wird als Fischer-Winkel bezeichnet.

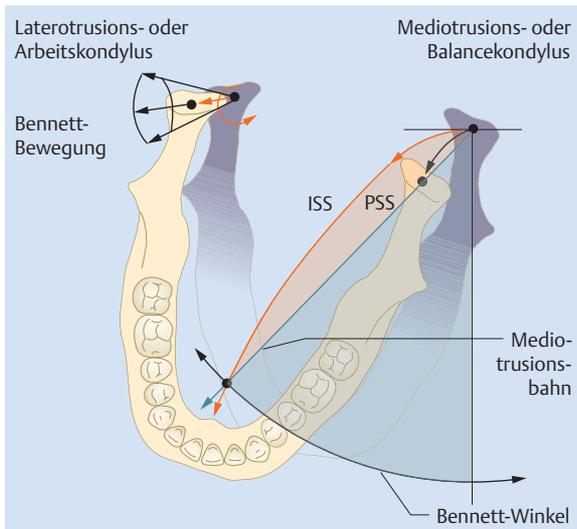


Abb. 3.33 Versatz der Kondylen bei Latero- bzw. Mediotrusion. Der Laterotrusionskondylus rotiert und wird gleichzeitig nach außen (Bennett-Bewegung) oder außen und oben, unten, hinten oder vorn versetzt. Der Mediotrusionskondylus läuft nach vorn, unten und einwärts. Bei scheinbar gleichem Bennett-Winkel verläuft dabei die Mediotrusionsbahn abhängig von der Bennett-Bewegung völlig unterschiedlich (ISS, immediate side shift; PSS, progressive side shift)

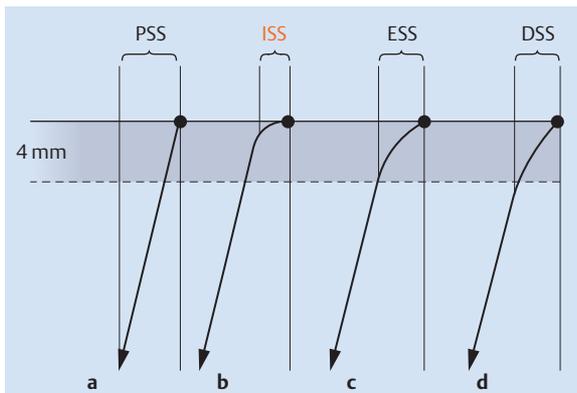


Abb. 3.34a–d Grundformen der Bennett-Bewegung des Mediotrusions- bzw. Nichtarbeitskondylus: PSS (progressive side shift, a), ISS (immediate side shift, b), EES (early side shift, c), DSS (distributed side shift, d).

und oberem Scherhöcker wird in der Arbeitsbewegung kleiner und es kann bei Nichtberücksichtigung zu Störungen während des Kauablaufs kommen.

- **Detrusion:** Der Kondylus läuft nach außen und unten.
- **Retrusion:** Der Kondylus läuft nach außen und dorsal. Auch hier können Störungen auf der Arbeitsseite auftreten, und zwar zwischen den unteren distalen und oberen mesialen Höckerabhängen.
- **Protrusion:** Der Kondylus läuft nach außen und vorn. Dabei muss die Eck- und Frontzahnführung etwas flacher gestaltet werden, da bei einer normal steilen Führung die einzelnen Zähne zu stark belastet werden.

In der Regel verläuft die Bennett-Bewegung des Mediotrusionskondylus synchron zur Bennett-Bewegung des Arbeitskondylus, das heißt die Bennett-Bewegung geht kontinuierlich in die Vorwärtsbewegung des Kondylus über. Es kann jedoch auch zu einer unmittelbaren, sofortigen Seitenverschiebung des Mediotrusionskondylus kommen, bevor dieser nach vorne wandert. Dann spricht man von einem „immediate side shift“. Erfolgt die Bennett-Bewegung des Mediotrusionskondylus hauptsächlich zu Beginn der Vorwärtsbewegung, handelt es sich um ein „early side shift“ und ist die Bennett-Bewegung auf die ersten 4 mm der Vorwärtsbewegung gleichmäßig verteilt, spricht man von einem „distributed side shift“ (Abb. 3.34a–d).

Je stärker die Bennett-Bewegung und je größer der Bennett-Winkel ausfällt, desto flacher müssen die Höcker und Gruben und desto größer die linguale Konkavität der Oberkiefer-Frontzähne gestaltet werden. Im Gegensatz dazu müssen bei geringer Bennett-Bewegung und kleinem Bennett-Winkel die Höcker steil, die Frontzahnführung jedoch flach gestaltet werden. Erfolgt gleichzeitig eine Laterotrusion, können die Höcker flach, die Lingualflächen stark konkav gestaltet werden. Bei einer Laterotrusion hingegen müssen die Höcker steil und muss die Front flach sein. Die Lateroprotrusion, bei der die Laterotrusions- und Mediotrusionsbahn im Oberkiefer weiter mesial liegt, benötigt eine größere Konkavität der Oberkiefer-Frontzähne.

Das Ausmaß der Bennett-Bewegung und des Bennett-Winkels beeinflusst jedoch nicht nur die Gestaltung der Höcker und der Frontzahnführung, sondern auch die Latero- und Mediotrusionsbahn: Je größer die Bennett-Bewegung ausfällt, umso distaler verläuft die Medio- und Laterotrusionsbahn im Oberkiefer und umso mesialer im Unterkiefer (Abb. 3.35a, b)

### Schließbewegung

Bei der Schließbewegung wandern beide Kondylen durch Aktivierung der Elevatoren (M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus medialis) zurück in die Fossa mandibularis. Die Rückführung des Discus articularis erfolgt im Wesentlichen durch die laterale Bindegewebeplatte, die in das diskokapsuläre System einstrahlt und sich ebenso wie das Stratum inferius der bilaminären Zone durch seine Fixation am Processus condylaris bei Kieferschluss anspannt und so den Diskus passiv nach hinten führt. Die Geschwindigkeit der Diskusrückführung wird jedoch durch den oberen Kopf des M. pterygoideus lateralis und den M. temporalis so dosiert, dass es zu einem ständig belastungsfreien und damit physiologischen Kontakt zwischen Caput mandibulae und Fossa mandibularis kommt.

### Grenzbewegungen des Unterkiefers

So vielfältig die Bewegungsmöglichkeiten des Unterkiefers auch sind, können sie nur innerhalb bestimmter räumlicher Grenzen ablaufen, die von der Anatomie der Kiefergelenke, der Morphologie der Zahnreihen, den viskoelastischen Eigenschaften der Muskeln, der Gelenkbänder und der Haut bestimmt werden. Die äußersten Bewe-