

# Die Auswirkungen des Zahnverlustes auf die Anatomie der Maxilla

P. Solar<sup>1</sup>, G. Aro<sup>2</sup>, Ch. Ulm<sup>1</sup>, T. Bernhart<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abteilung für zahnärztliche Chirurgie  
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. G. Watzek) und

<sup>2</sup>Abteilung für konservierende und restaurative Zahnheilkunde (Leiter: Univ. Prof. Dr. Wolfgang Sperr) der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Wien

Schlüsselwörter: *Processus alveolaris maxillae, Sinus maxillaris, Atrophie*

Adresse des Autors:

Univ. Assistent Dr. Peter Solar, Abteilung für Zahnärztliche Chirurgie (Leiter: Univ. Prof. Dr. G. Watzek)  
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,  
Wien (Vorstand: Univ.-Prof. Dr. R. Slavicek)  
Währingerstrasse 25a, A-1090, Wien, Österreich  
Tel.: 40181-2500 Fax: 40181-2807

(Texte français voir page 876)

## Die Anatomie des bezahnten *Processus alveolaris maxillae* und des *Sinus maxillaris*

Der *Processus alveolaris maxillae* des bezahnten Oberkiefers dient ausschliesslich der Verankerung der Zähne, wobei er diesen insgesamt nur relativ wenig Platz einräumt, so dass die Wurzeln der Schneide- und Eckzähne an der *Facies anterior* längliche, vertikale Erhebungen, die *Juga alveolaria*, aufwerfen (GRUBER et al. 1993). Er ist in seiner gesamten Ausdehnung leicht nach buccal gekippt, wobei der Winkel zur Horizontalebene durchschnittlich 60–80 Grad beträgt. Die *Incisalregion* ist etwas mehr nach facial gekippt als die *Seitzahnregion*, wodurch gemeinsam mit der *Lingualkippung* der *Pars alveolaris mandibulae* das intermaxilläre Missverhältnis zwischen dem *Corpus maxillae* und der *Basis mandibulae* ausgeglichen wird. Dorsal der *Alveole* des *Dens serotinus* ist der *Processus alveolaris maxillae* durch eine spongiöse Knochensubstanz vorgewölbt, die als *Tuber postmolare* (LANG 1988) oder *Tuber retromolare* (VAN DER ZYPEN 1985) bezeichnet wird.

*Zusammenfassung:* Mit dem Verlust der Zähne kommt es am *Processus alveolaris maxillae* durch atrophiebedingte Um- und Abbauvorgänge zu umfangreichen und charakteristischen *Alveolarknochenverlusten*. CAWOOD und HOWELL (1988) teilten die verschiedenen Abbauphasen in 6 sogenannte *Resorptionsklassen* ein, welche durch Höhe und Form des zahnlosen Kieferkammes gekennzeichnet sind. Der spongiöse Knochen des atrophien Oberkieferkammes zeigt eine deutlich aufgelockerte trabekuläre Struktur, wobei jene der *Front- und Eckzahnregion* stets relativ dichter zu sein scheint als in der *Prämolar- und Molarenregion*. Mit dem Zahnverlust breitet sich der *Sinus maxillaris* durch eine stete *Pneumatisation* in funktionslos gewordene *Areale der Maxilla* – und somit auch weit in den zahnlosen *Alveolarfortsatz* – aus und kann diesen – vor allem bei älteren Menschen – unterschiedlich stark, aber zuweilen sogar völlig aushöhlen. Oft trennt dann eine nur mehr papierdünne Knochenlamelle die *Mundhöhle* von der *Kieferhöhle*. Anstelle von ursprünglich verankerten *Zahnwurzeln* beherbergt der atrophe *Alveolarkamm* dann schliesslich *Kieferhöhlenbuchten*.

Das pyramidenförmige *Corpus maxillae* ist der voluminöseste Teil des Oberkiefers und beherbergt die *Kieferhöhle* (*Sinus maxillaris*, auch *Higermorsche Höhle* genannt). Facial liegen die *Gesichtsweichteile*, medial die *Nasenhöhle*, cranial die *Orbita*, caudal der *Processus alveolaris maxillae* und dorsal die *Fossa pterygopalatina*. An der *Facies anterior* des Oberkiefers ist über und hinter dem *Dens caninus* eine konkave Wölbung der Knochenwand, die *Fossa canina*, zu finden. Der *Processus zygomaticoalveolaris* (auch «*Jochbeinleiste*» genannt) trennt die *Fossa canina* von der *Fossa infratemporalis*.

Der *Sinus maxillaris* zeigt ebenfalls die Form einer Pyramide, deren Basis die laterale *Nasenhöhlenwand* bildet. Sein Boden wird durch den *Recessus alveolaris* gebildet und liegt normalerweise bei Bezahnten annähernd auf gleicher Höhe mit dem *Nasenhöhlenboden*. Der *Recessus alveolaris* hat seine tiefste Stelle meist im Bereich der *Molaren*. Hier erreicht er die *Alveolen*,

die vielfach direkt seinen Boden bilden (PAATERO 1939) und buckelartig in die Oberkieferhöhle vorspringen können. Gelegentlich reichen die Wurzelspitzen der Molaren und Prämolaren direkt bis an die Schleimhaut des Sinus, wodurch es bei Extraktionen zu einer Kieferhöhleneröffnung kommen kann. Der Boden der Kieferhöhle erstreckt sich mesial meist bis in den Bereich der Prämolaren. Sehr selten erreicht er den Apex des Eckzahnes.

Der Rauminhalt des Sinus maxillaris eines Erwachsenen liegt zwischen 4,5 und 35,2 cm<sup>3</sup> (mit einem Durchschnittswert um ca. 15 cm<sup>3</sup>), ist also äusserst variabel (SCHAEFFER 1910; ARIJI et al., 1994). Die Pneumatisation nimmt mit steigendem Alter stetig zu: Während nach der Geburt lediglich ein schmaler Spalt angelegt ist und der spätere Sinusbereich noch von den Zahnkeimen und Spongiosa eingenommen wird (PLENK und TSCHABITSCHER, 1986), nimmt das Volumen mit dem weiteren Wachstum stetig zu. Erst nach Abschluss der zweiten Dentition erreicht die Kieferhöhle ihre vorläufig grösste Ausdehnung, die nach mesial meist bis in den Bereich distal der Wurzeln des ersten Prämolaren reicht. In seltenen Fällen kann sich der Kieferhöhlenboden auch bis in den Bereich der Eckzahnwurzel erstrecken (SCHUH et al., 1984; ZUCKERKANDL, 1893).

Mit zunehmendem Alter steigt der Pneumatisationsgrad und damit das Volumen des Sinus maxillaris eines bezahnten Oberkiefers auf Kosten des umgebenden Knochens langsam und kontinuierlich an. Dadurch wird auch die Gefahr einer Kieferhöhleneröffnung im Rahmen von Zahnextraktionen mit dem Alter stets grösser (GRUBER et al. 1993).

Asymmetrien der Kieferhöhlen zahnloser Patienten sind ebenso üblich wie vor allem im Bereich des Kieferhöhlenbodens vorkommende unterschiedlich hohe knöcherne Septen (sog. Underwoodsche Septen, Abb. 7), die im Extremfall die Kieferhöhle in zwei oder mehrere Kammern mit jeweils eigenen Ostien unterteilen können (ZUCKERKANDL 1893; UNDERWOOD 1910; KRMPOTIC-NEMANIC et al. 1985; ULM et al. 1995).

## Ursachen der Kieferkammatrophy nach dem Zahnverlust

Die Ursachen der Alveolarfortsatzresorption nach dem Zahnverlust sind vielfältig und zu einem grossen Teil auch noch nicht völlig geklärt. Durch das Fehlen eines adäquaten Reizes, welcher vom be- und entlasteten Parodont ausgeht, wird im Rahmen des physiologischen Alveolarknochen-«Turnovers» mehr ab- als angebaut. Auch die Häufigkeit, Richtung und das Ausmass der auf den zahnlosen Kieferkamm einwirkenden Kräfte (Lippen-, Wangen- und Zungendruck) spielen ebenso eine Rolle wie die Konstruktion und der Sitz der prothetischen Versorgung. Zusätzlich können systemische Faktoren (Alter, Geschlecht), aber auch Störungen des Hormonhaushaltes, metabolische Faktoren sowie lokale entzündliche Vorgänge zu einer Beschleunigung des Abbauprozesses und zu einer Verringerung der lokalen Knochenqualität (welche durch die Knochendichte und die Architektur der Spongiosatrabekel charakterisiert ist) beitragen (GRUBER et al. 1993; ULM et al. 1993).

## Auswirkungen der Kieferkammatrophy auf den Processus alveolaris maxillae

Im ersten Jahr nach dem Zahnverlust kommt es zum stärksten Resorptionsschub, der durch Umbauvorgänge, aber vor allem

durch Abbauprozesse der leeren Alveolen bedingt ist. In weiterer Folge schreitet der vertikale Alveolarknochenabbau am Processus alveolaris maxillae mit ca. 0,1 mm pro Jahr fort, wobei auch Werte bis zu 0,5 mm pro Jahr beschrieben wurden (ATWOOD und COY 1971, TALLGREN 1972). Prinzipiell sind jedoch grosse individuelle Unterschiede zu beobachten, die sogar zu unterschiedlichen Resorptionsmustern in den verschiedenen Regionen der zahnlosen Maxilla ein und desselben Patienten führen können. Dies dürfte vor allem in der Tatsache begründet sein, dass die Zähne eines Patienten meist nacheinander im Abstand von Jahren verloren gehen, wodurch die Abbauvorgänge zu verschiedenen Zeitpunkten begonnen haben.

Der Oberkieferalveolarfortsatz atrophiert dagegen vergleichsweise langsamer und nach einem etwas anderen Muster als die zahnlose Pars alveolaris mandibulae. Der wesentliche Hauptgrund hierfür dürfte die deutlich grössere Prothesenbasis und

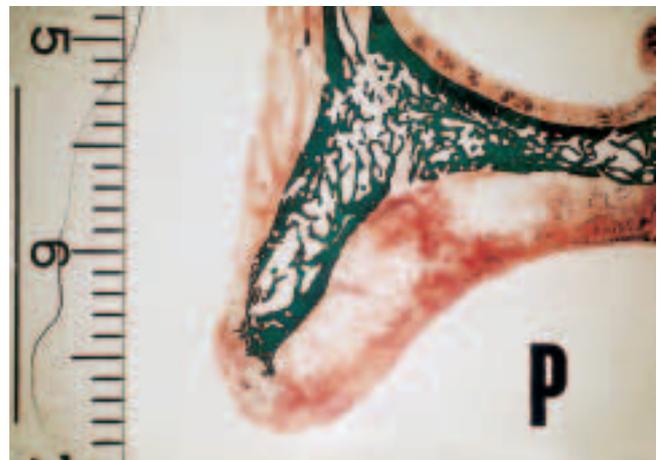


Abb. 1 Querschnitt durch einen zahnlosen Oberkieferkamm in der Region des ersten Prämolaren (P = palatinal, Masson-Goldner-Färbung; grün = Knochen, rot = Weichteilstrukturen). Der Processus alveolaris maxillae ist hoch und schmal konfiguriert sowie in seiner vertikalen Achse deutlich nach buccal geneigt. Der Spongiosaaufbau erscheint vergleichsweise dicht. Die den Alveolarkamm bedeckenden Weichteilstrukturen sind palatinal – bedingt durch das ausgeprägte Drüsen- und Fettgewebe – deutlich dicker als buccal.

Fig. 1 Coupe histologique d'une crête alvéolaire édentée du maxillaire dans la région de la première prémolaire (P = palatin; vert = os; rouge = tissus mous, coloration selon Masson-Goldner). Le processus alvéolaire maxillaire est élevé et fin, on remarque sa nette inclinaison buccale dans l'axe vertical. La densité de la structure spongieuse semble homogène. Les structures de tissus mous recouvrant la crête alvéolaire sont, en raison des tissus glandulaires et adipeux importants, nettement plus épaisses en palatin qu'en buccal.

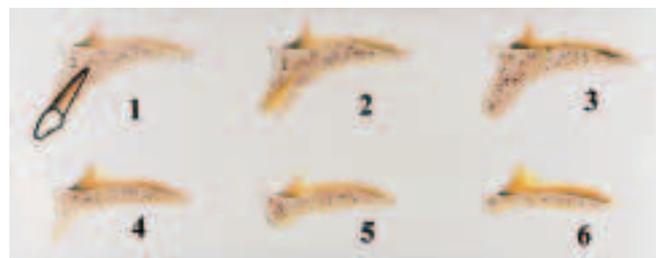


Abb. 2 Die Resorptionsklasseneinteilung («RKL 1–6») nach CAWOOD und HOWELL (1988).

Fig. 2 Les différentes classes de résorption selon CAWOOD et HOWELL (1988).

die dadurch reduzierte Druckbelastung der Kieferkämme sein (GRUBER et al. 1993). Da der Processus alveolaris maxillae in seiner gesamten Ausdehnung leicht nach buccal geneigt ist (Abb. 1), kommt es durch die resorptionsbedingten Abbauvorgänge neben dem Höhenverlust auch zu einer individuell weiten Verlagerung des Limbus des atrophen Kieferkammes nach palatinal.

Nach umfangreichen Untersuchungen an zahnlosen Unterkiefern wies ATWOOD (1963, 1971) erstmals auf die Tatsache hin, dass der zahnlose Kieferkamm nach einem relativ charakteristischen Muster abbaut. Basierend auf den Untersuchungen von Atwood analysierte FALLSCHÜSSEL (1986) die Abbauvorgänge am zahnlosen Oberkiefer und stellte eine eigene Klassifikation für den atrophen Processus alveolaris maxillae auf, welche später von den Engländern CAWOOD und HOWELL (1988, 1991) für den Seitenzahnbereich gering modifiziert wurde. Deren Einteilung hat sich auch international etabliert und wird zur Charakterisierung des atrophen Alveolarfortsatzes vor Implantationen am häufigsten herangezogen, da zwischen der Resorptionsklasse des zahnlosen Kieferkammes und dem für Implantationen zur Verfügung stehenden vertikalen und horizontalen Knochenangebot eine eindeutige Korrelation besteht (WATZEK 1993).

#### Die Resorptionsklasseneinteilung («RKL», «classification of residual ridges», Abb. 2) nach CAWOOD und HOWELL (1988, 1991)

- RKL 1 – Bezahnter Kieferkamm.
- RKL 2 – Leere Alveole unmittelbar nach der Extraktion.
- RKL 3 – Die Alveole ist verheilt, der Alveolarfortsatz ist hoch, breit und abgerundet.
- RKL 4 – Hoher, aber scharfer, «messerschneidenartiger» Kieferkamm.
- RKL 5 – Mäßig breiter, jedoch deutlich höhenreduzierter Alveolarfortsatz.
- RKL 6 – Vollständig resorbierter Processus alveolaris maxillae. Im Extremfall bildet der hochatrophe Kieferkamm mit dem harten Gaumen eine Ebene.

Ein vollständig resorbierter Alveolarfortsatz, wie die Resorptionsklasse 6 ihn beschreibt, ist zweifelsohne als pathologisch anzusehen. Die Summation mehrerer Ursachen dürfte zu dieser Extremform der Kammatrophie führen, und eine zufriedenstellende Patientenversorgung ist meist nur durch aufwendige präprothetisch-chirurgische Verfahren möglich.

### Auswirkungen der Kieferkammatrophie auf die Knochenstruktur

Das Corpus maxillae des Oberkiefers stellt eine Leichtbaukonstruktion aus relativ dünnen knöchernen Plattensystemen dar, welche zur Verankerung der Zähne kaudal einen breiten, überwiegend spongios aufgebauten knöchernen Fortsatz («Processus alveolaris maxillae») besitzt.

Die Spongiosa des Oberkiefers weist im Vergleich zur Mandibula eine deutlich geringere trabekuläre Dichte auf, ist also relativ weitmaschig (FALLSCHÜSSEL 1986) und wird von einer meist sehr dünnen Kompaktalamelle umgeben (Abb. 3). Diese ist nach dem Zahnverlust vor allem in der Prämolaren- und Molarenregion über der Öffnung der ehemaligen Alveolen meist nur sehr unvollständig ausgebildet, wodurch unterschiedlich grosse Perforationen am Alveolarkamm beobachtet werden können (Abb. 4). Des Weiteren ist im Vergleich zum bezahnten

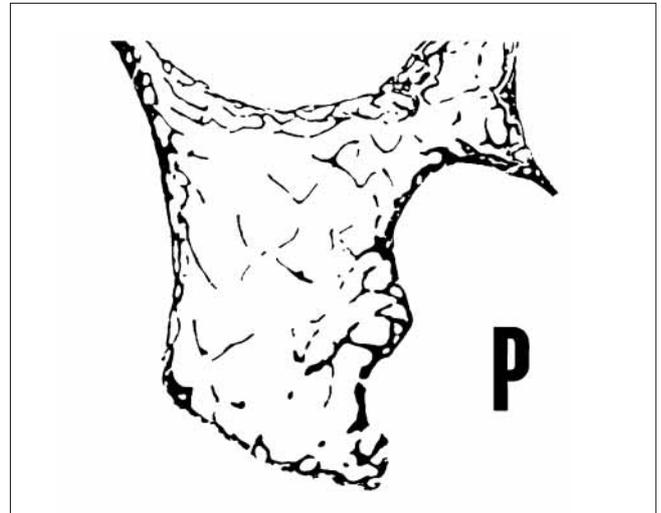


Abb. 3 Unentkalkter Knochenschliff aus der Region des zweiten Molaren (Kammquerschnitt, P = palatinal; modifizierte Van Kossa-Färbung). Der Alveolarfortsatz ist hoch und breit konfiguriert (Resorptionsklasse 3). Die nur abschnittsweise vorhandene Kompakta umschließt eine deutlich rarefizierte Spongiosa mit nur spärlich vorhandenen und schlecht vernetzten Trabekeln.

Fig. 3 Coupe osseuse dans la région de la deuxième molaire (P = palatin, coloration modifiée selon Van Kossa). Le processus alvéolaire est élevé et large (classe de résorption 3). La zone compacte n'apparaît que par endroits et elle entoure une spongiosa raréfiée ne comportant qu'un faible réseau trabéculaire.

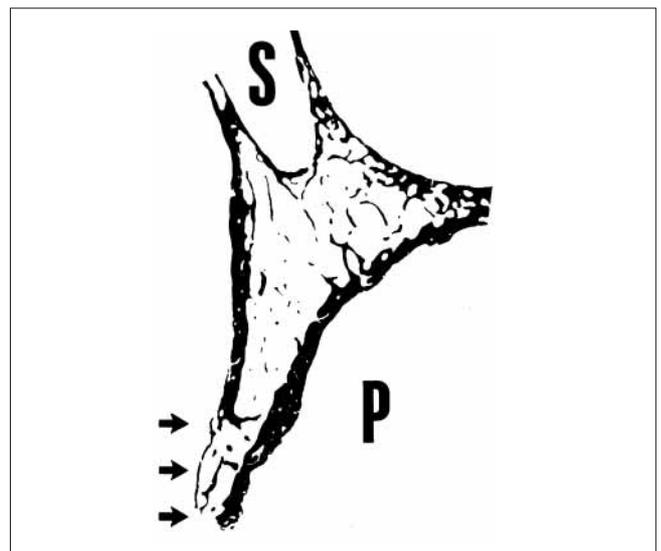


Abb. 4 Unentkalkter Knochenschliff aus der Region des ersten Prämolaren (Kammquerschnitt, P = palatinal, S = Sinus maxillaris; modifizierte Van Kossa-Färbung). Der Alveolarfortsatz ist hoch und schmal konfiguriert (Resorptionsklasse 4). Die Kompakta ist im Vergleich zur Abb. 3 deutlicher ausgebildet und umschließt eine weitmaschige Spongiosa. Nur im Alveolarkambereich hat sich nach dem Zahnverlust keine Kompakta gebildet, weshalb die Spongiosa hier offen liegt (→).

Fig. 4 Coupe osseuse dans la région de la première prémolaire (P = palatin; S = sinus maxillaire, coloration modifiée selon Van Kossa). Le processus alvéolaire est élevé et fin (classe de résorption 4). Par rapport à la fig. 3, la compacte est mieux structurée et la spongiosa plus ramifiée. Dans la zone de la crête alvéolaire, il ne s'est pas formé d'os compacte après la perte de la dent, ce qui explique que la spongiosa est découverte (→).



Abb. 5 Seitliches Fernröntgenbild eines halbseitigen zahnlosen anatomischen Schädelpräparates. Die Ausdehnung und Grenzen der Kieferhöhle sind gut zu erkennen. Der Boden des Sinus maxillaris wölbt sich in der Region des ersten Molaren weit in den atrophischen Kieferkamm hinein. Zwischen dem Limbus alveolaris und dem tiefsten Punkt des Recessus alveolaris der Kieferhöhle besteht nur mehr eine ca. 3 mm dünne Knochenwand (→).

Fig. 5 Téléradiographie latérale d'une préparation d'un demi-crâne édenté. La délimitation du sinus est facile à reconnaître. Le plancher sinusal se prolonge largement dans la région de la première molaire, zone où la crête alvéolaire est atrophiée. Il n'y a plus qu'une lamelle osseuse d'env. 3 mm entre le limbus et le point le plus bas du récessus alvéolaire du sinus (→).

Oberkiefer an zahnlosen, atrophischen Abschnitten eine deutlich aufgelockerte Struktur der Spongiosa erkennbar (Abb. 3 und 4), wobei jene der Front- und Eckzahnregion stets relativ dichter zu sein scheint als in der Prämolaren- und Molarenregion (ULM et al. 1993). Als mögliche Ursachen hierfür sind ein Verlust des ursprünglichen trajektorialen Aufbaues, die deutlich veränderte Belastungssituation des Alveolarknochens durch den Wegfall der Krafteinleitung über den Zahnhalteapparat sowie systemische Faktoren wie z.B. Störungen des Hormonhaushaltes und metabolische Faktoren anzunehmen.

### Auswirkungen der Kieferkammatrophy auf den Sinus maxillaris

Nach dem Verlust der Oberkieferzähne und der Verminderung der einwirkenden Kaukräfte verlieren die Sinuswände durch die Vergrößerung des Kieferhöhlenvolumens an Stärke, ohne

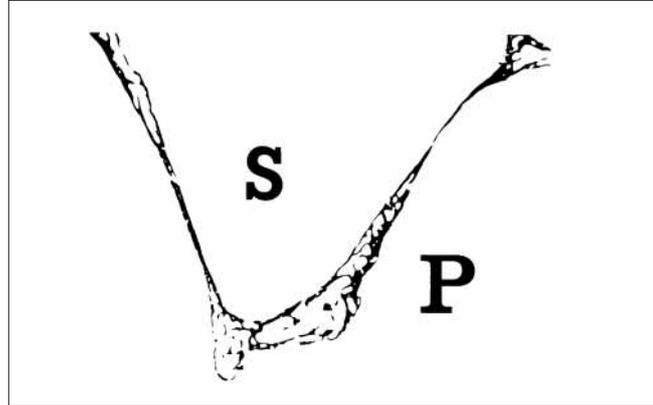


Abb. 6 Unentkalkter Knochenschliff aus der Region des ersten Molaren (Kammquerschnitt, P = palatinal, S = Sinus maxillaris; modifizierte Van Kossa-Färbung). Der zahnlose Kieferkamm ist durch den Recessus alveolaris nahezu völlig ausgehöhlt. Nur noch eine dünne Schicht spongiösen Knochens trennen die Mundhöhle vom Sinus maxillaris.

Fig. 6 Coupe osseuse de la région de la première molaire (P = palatin, S = sinus maxillaire, coloration modifiée selon Van Kossa). La crête alvéolaire édentée est presque entièrement occupée par le récessus alvéolaire. Il ne subsiste plus qu'une mince couche d'os spongieux entre le sinus maxillaire et la cavité buccale.

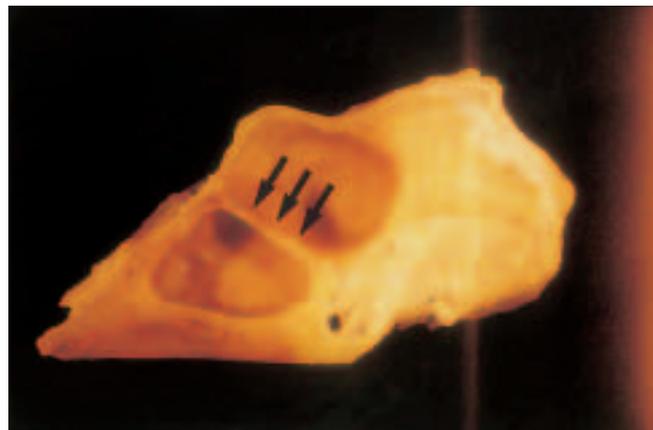


Abb. 7 Horizontalschnitt durch den Sinus maxillaris eines anatomischen Präparates. Die den Alveolarfortsatz aushöhlenden Recessus alveolares des Kieferhöhlenbodens sind gut einsehbar und durch ein Septum (→) getrennt.

Fig. 7 Coupe horizontale à travers le sinus maxillaire d'une préparation anatomique. Les récessus alvéolaires sinusaux évident le processus alvéolaire et ils sont séparés par une lamelle osseuse (septum) (→).

dabei frakturgefährdet zu sein (GRUBER et al. 1993). Mit fortschreitendem Alter sowie vor allem auch nach dem Zahnverlust breitet sich der Sinus maxillaris durch eine individuell äusserst unterschiedlich schnelle Pneumatisation in funktionslos gewordene Areale der Maxilla – und somit auch weit in den zahnlosen Alveolarfortsatz – aus und kann diesen, vor allem bei älteren Menschen, unterschiedlich stark, aber zuweilen sogar völlig aushöhlen (Abb. 5 und 6). Oft trennt dann eine nur mehr papierdünne Knochenlamelle die Mundhöhle von der Kieferhöhle (ULM et al. 1995). Anstelle von ursprünglich verankerten Zahnwurzeln beherbergt der Alveolarkamm dann schliesslich Kieferhöhlenbuchten, welche dann auch deutlich tiefer als der Boden

der Nasenhaupthöhle liegen (SCHAEFFER 1910). Die Ursache der nach dem Zahnverlust einsetzenden gesteigerten Pneumatisation dürfte vor allem in einer gesteigerten Osteoklastenaktivität unter der Kieferhöhlenschleimhaut (welche auch als «Schneidersche Membran» bezeichnet wird) begründet sein (LINKOW 1979; CHANAVAZ 1990).

Die Häufigkeit und Ausdehnung an sogenannten Underwood'schen Septen im Bereich des Kieferhöhlenbodens steigt mit der Aushöhlung des zahnlosen Processus alveolaris maxillae an (Abb. 6). Dies dürfte darin begründet sein, dass der Boden des Recessus alveolaris in frühzeitig zahnlos gewordenen Bereichen auch frühzeitiger tiefertritt (meist in der Molarenregion) als in Regionen, in welchen die Zähne erst später verlorengehen. Zwischen den unterschiedlich ausgehöhlten Arealen des Kieferhöhlenbodens bleiben in weiterer Folge die Knochensepten aus biomechanischen Gründen stehen und werden mit zunehmender Aushöhlung des atrophien Alveolarfortsatzes mesial und distal der Septen auch relativ höher (Abb. 7). Hiefür spricht auch die Beobachtung, dass der Sinusboden mesial und distal von Septen häufig auf unterschiedlichen Niveaus liegt (ULM et al. 1995).

## Literatur:

- ARIJI Y, KUROKI T, MORIGUCHI S, ARIJI E, KANDA S: Age changes in the volume of the human maxillary sinus: a study using computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 23: 163–168 (1994)
- ATWOOD D A: Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiography of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms. *J Prosthet Dent* 13: 810–824 (1963)
- ATWOOD D A, COY W A: Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent* 26: 280–295 (1971)
- ATWOOD D A: Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent* 26: 266–279 (1971)
- CAWOOD J I, HOWELL R A: A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 17: 232–236 (1988)
- CAWOOD J I, HOWELL R A: Reconstructive preprosthetic surgery. 1. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 20: 75–82 (1991)
- CHANAVAZ M: Maxillary sinus: anatomy, physiology, surgery and bone grafting related to implantology – eleven years of surgical experience (1979–1990). *J Oral Implantol* 16: 199–209 (1990)
- GRUBER H, SOLAR P, ULM C: Anatomie und atrophiebedingte Veränderungen der Kieferknochen. In: WATZEK G (Hrsg): *Enossale Implantationen in der oralen Chirurgie*. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin: 55–64 (1993)
- KRMPOTIC-NEMANIC J, DRAF W, HELMS J: *Chirurgische Anatomie des Kopf-Hals-Bereiches*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-Tokio: 107–174 (1985)
- LANG J: *Klinische Anatomie der Nase, Nasenhöhle und Nebenhöhle*. Aktuelle Oto-Rhino-Laryngologie, Bd. 11, Thieme, Stuttgart: 71–80 (1988)
- LINKOW L I: *Maxillary and mandibular implants, a dynamic approach to oral implantology*. New Haven, CT: Glarus Publ Co: 148–298 (1979)
- PAATERO Y V: *Anatomisch-topographische und röntgenologische Untersuchungen über die Oberkieferhöhle*, Thesis, Helsinki (1939)
- PLENK H, TSCHABITSCHER M: *Entwicklung, Makro- und Mikromorphologie der Kieferhöhle*. In: WATZEK G, MATEJKA M (Hrsg.): *Erkrankungen der Kieferhöhle*, S. 1. Springer, Wien-New York 1986. (1986)
- SCHAEFFER J P: The sinus maxillaris and its relations in the embryo, child and adult man. *Amer J Anat* 10: 313–319 (1910)
- SCHUH E, SCHMIEDL R, VOGEL G: Anatomische Grenzen der enossalen zahnärztlichen Implantologie. *Z Stomat* 81: 81–90 (1984)
- TALLGREN A: The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent* 27: 120–132 (1972)
- ULM C, SOLAR P, MATEJKA M, WATZEK G: Die Atrophie des zahnlosen und teilbezahnten Processus alveolaris maxillae. *Implantologie* 1: 305–313 (1993)
- ULM C, SOLAR P, KRENNMAIR G, MATEJKA M, WATZEK G: Incidence and suggested surgical management of septa in sinus-lift procedures. *Int. J Oral Maxillofac Impl* 10: 462–465 (1995)
- UNDERWOOD A S: An inquiry into the anatomy and pathology of the maxillary sinus. *J Anat Physiol* 44: 354–369 (1910)
- VAN DER ZYPEN E: *Anatomische Grundlagen zur Implantation*. Schweiz Mschr Zahnmed 95: 827–837 (1985)
- WATZEK G: *Enossale Implantate in der oralen Chirurgie*. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH: 209–268 (1993)
- ZUCKERKANDL E: *Normale und pathologische Anatomie der Nasenhöhle und ihrer pneumatischen Anhänge*, Bd 1, 2. Aufl. Braumüller, Wien-Leipzig (1893)