

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR MUND-, KIEFER- UND GESICHTSCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. DR. REICHERT
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

DER ALLOPLASTISCHE KIEFERGELENKERSATZ: HISTORISCHE
ENTWICKLUNG SEIT 1945 UND AKTUELLER STAND

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Regensburg

vorgelegt von

Stefan Braun

2008

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR MUND-, KIEFER- UND GESICHTSCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. DR. REICHERT
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

DER ALLOPLASTISCHE KIEFERGELENKERSATZ: HISTORISCHE
ENTWICKLUNG SEIT 1945 UND AKTUELLER STAND

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Regensburg

vorgelegt von

Stefan Braun

2008

Dekan: Prof. Dr. Bernhard Weber

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Dr. Oliver Driemel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Peter Proff

Tag der mündlichen Prüfung: 4.12.2008

A good life is one inspired by love and guided by knowledge.

Bertrand Russell

Meinen Eltern,
meinen Schwestern,
meiner Großmutter,
sowie Josepha
in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.

Angabe

Die vorliegende Arbeit wurde mit Mitteln der internationalen Gemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO/ASIF) unterstützt. Sie geben die Meinung des Autors wider. Die internationale Arbeitsgemeinschaft ist für den Inhalt der Arbeit nicht verantwortlich.

Inhalt

1 Einleitung	1
2 Fragestellung	7
3 Material und Methoden	8
4 Ergebnisse und kritische Betrachtung (Diskussion)	9
4.1 Prothesen zum singulären Ersatz der Fossa	9
4.1.1 Prothesen nach Eggers, Goodsell, Smith und Robinson	9
4.1.2 Prothese nach Christensen	10
4.1.3 Prothese nach Morgan	12
4.1.4 Prothese nach Kriens	12
4.2 Prothesen und Rekonstruktionsplatten zum alleinigen Ersatz des Kondylus	16
4.2.1 Prothesen nach Hahn und Boyne	16
4.2.2 Prothese nach Kent	17
4.2.3 Prothese der AO/ASIF nach Spiessl	19
4.2.4 Prothese nach Silver	21
4.2.5 Rekonstruktionsplatte der AO/ASIF	21
4.2.6 CAS-System der AO/ASIF nach Driemel und Carlson	25

4.2.7 Rekonstruktionsplatten der Firmen Stryker, Medartis und KLS	
Martin	29
4.2.8 THORP-System nach Raveh	30
4.2.9 Prothese nach Flot	31
4.3 Prothesen zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz	37
4.3.1 Prothese nach Christensen	37
4.3.2 Prothesen nach Kiehn, Morgan, Momma und Kummoona	39
4.3.3 Vitek-Prothese nach Kent	40
4.3.4 Prothese nach Sonnenburg	42
4.3.5 TMJ Concepts Prothese	44
4.3.6 TTN-TMJ Prothese	46
4.3.7 Prothese nach Hoffman und Pappas	46
4.3.8 Biomet-Lorenz-Prothese	48
4.3.9 Groningen Prothese nach van Loon	51
5 Schlussfolgerungen	59
6 Zusammenfassung	61
7 Literaturverzeichnis	62

Abkürzungsverzeichnis

AAOMS	American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons
AO/ASIF	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Association for the Study of Internal Fixation
CAD/CAM	Computer aided design/computer aided manufacturing
CAS	Condylar head Add-on system
CE	Communité européenne
FDA	Food and Drug Administration
FEP	Fluoroethylen Propylen
PE	Polyethylen
PMMA	Polymethylmethacrylat
PTFE	Polytetrafluoroethylen
PTIPI	Proplast Teflon Interpositional Implant
THORP	Titanium hollow reconstruction plate
TMJ	Temporomandibular joint
TTN	Titan/Titan-Nitrid
UHMWPE	Ultra-high molecular weight polyethylene

1 Einleitung

Der Ersatz des Kiefergelenkes zählt zu den seltenen Eingriffen der rekonstruktiven Chirurgie [Carlson 2002], so dass Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen meist nur begrenzt eigene Erfahrungen auf diesem Gebiet sammeln können. Demgegenüber steht die Vielzahl sowohl der in den vergangenen 60 Jahren in der Literatur beschriebenen als auch der aktuell zur Verfügung stehenden Kiefergelenkendoprothesenmodelle und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf [van Loon et al. 1995, Burel et van Reck 1997].

Zu Beginn der 90er Jahre führten negative Erfahrungen mit der Vitek-Kent Prothese (Vitek, Houston, TX, USA) zu einem schlechten Ruf jeglichen alloplastischen Kiefergelenkersatzes [Speculand et al. 2000], so dass in den Folgejahren häufig autogene Rekonstruktionsverfahren favorisiert wurden [Reich 2000, Dimitroulis 2005 a, b] oder bewusst auf eine Kiefergelenkrekonstruktion verzichtet wurde [Meier et al. 2007]. Im Falle einer alleinigen Kondylusresektion ohne nachfolgende Rekonstruktion erscheinen insbesondere die resultierende Asymmetrie des Untergesichtes (Abbildung 1.a) und die eingeschränkte Kauleistung aus Patientensicht unbefriedigend [Meier et al. 2007]. Zudem klagen derart therapierte Patienten sowohl über einen Verlust der habituellen Okklusionsverhältnisse [Schmoker et al. 1981] (Abbildungen 1.b und 1.c) als auch über eine erschwerte subjektive Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer [Krysztalskyj 1990]. Röntgenologisch imponieren nach einseitiger Resektion Sklerosierungen im Fossa-Kondylus-Bereich des noch erhaltenen Kiefergelenkes als Zeichen einer degenerativen Veränderung [Meier et al. 2007]. Des Weiteren werden myoarthropathische Veränderungen im kontralateralen Gelenk beobachtet

[Pape und Koberg 1968; Schmoker et al. 1981], welche eine Deviation des Unterkiefers zur resezierten Seite und folglich unphysiologische Belastungen im nicht resezierten Kiefergelenk zur Folge haben [Schmoker et al. 1981].



Abbildung 1: 68-jähriger Patient mit Zustand nach linksseitiger Hemimandibulectomie einschließlich Exartikulation aufgrund eines oralen Plattenepithelkarzinoms; Teilunterkiefer und Kiefergelenkkopf blieben ohne Ersatz (eigenes Quellmaterial).

a Symmetrieverlust des Untergesichtes in der en face – Aufnahme

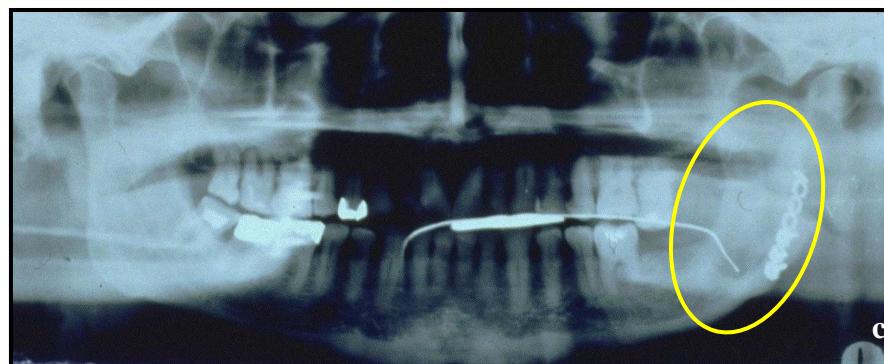
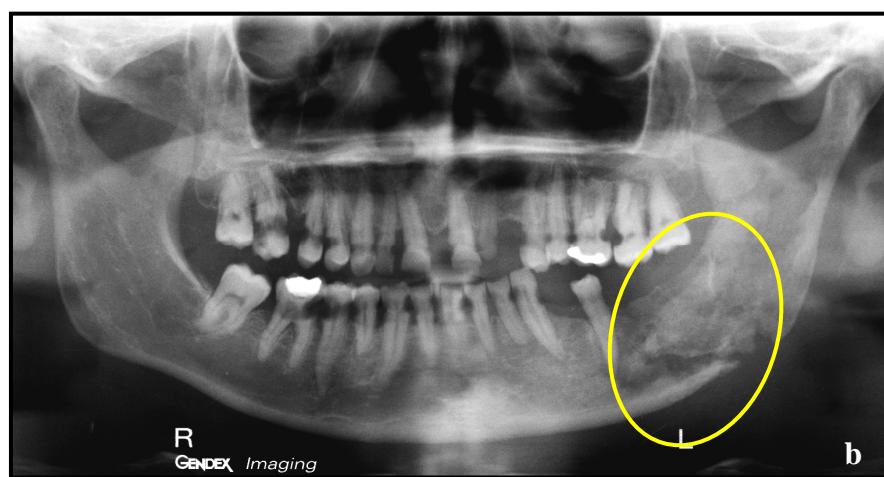
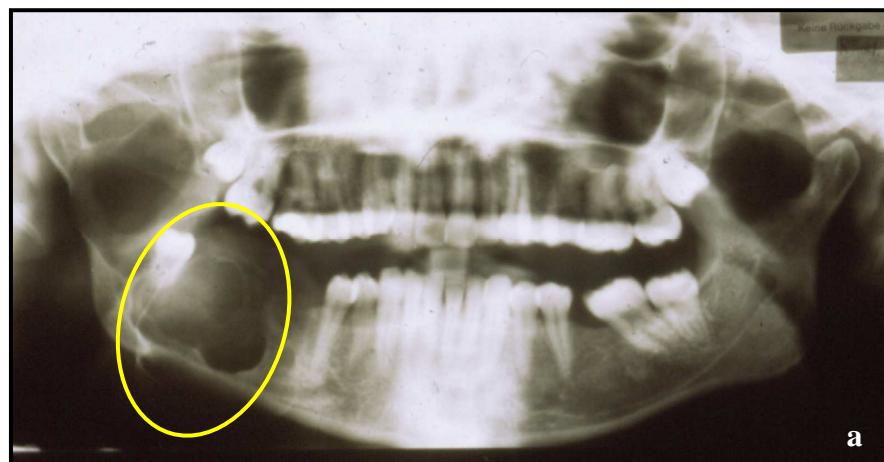
b Nonocclusion in der habituellen Schlussbisslage

c postoperatives Orthopantomogramm: Seitabweichung des Restunterkiefers zur resezierten Seite; myoarthropathische Veränderungen im verbliebenen Kiefergelenk

Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf hingegen können durch die wieder gewonnene knöcherne Abstützung eine mögliche Fehl- bzw. Überbelastung der beteiligten Muskeln, der Zähne und des verbliebenen Kiefergelenkes verringern [Meier et al. 2007]. Folgerichtig scheinen seit der Jahrtausendwende neuartige Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf und Prothesen zum totalen Kiefergelenkersatz vor allem in Europa wieder einen vermehrten Bedarf an alloplastischem Kiefergelenkersatz zu belegen [Quinn 2000, van Loon et al. 2002, Driemel et al. 2007].

Unabhängig von der spezifischen Indikation, zielt die Rekonstruktion des Kiefergelenkes primär darauf ab, eine physiologische Form und Funktion des Gelenkes wiederherzustellen. Jegliche Schmerzlinderung stellt somit nur eine positive Begleiterscheinung dar [Mercuri 2000 a]. Alloplastische Kiefergelenkendoprothesen sind generell bei folgenden Krankheitsbildern indiziert (Abbildung 2): Neoplastische Veränderungen, welche eine weiträumige Resektion erfordern [Kryshtalskyj 1990, Quinn 1998, Westermark et al. 2006] (Abbildung 2.a), Nekrosen nach Radiatio oder Bisphosphonatgabe (Abbildungen 2.b und 2.f), avaskuläre Nekrose [Quinn 1998, Westermark et al. 2006] (Abbildung 2.c), Ankylose oder Reankylose mit schwerer anatomischer Beeinträchtigung [Kryshtalskyj 1990, McBride 1994, Mercuri 1998, Kashi et al. 2006] (Abbildungen 2.d und 2.e), nicht reponierbare Fraktur des Kondylus [Kryshtalskyj 1990, Quinn 1998, Westermark et al. 2006], fehlgeschlagene autogene Transplantate bei mehrfach voroperierten Patienten [McBride 1994, Mercuri 1998, Kashi et al. 2006], misslungene alloplastische Rekonstruktion, welche das Gelenk anatomisch stark entstellt hat [Mercuri 1998], schwere

entzündliche und degenerative Gelenkerkrankungen (z.B. Osteoarthritis, rheumatische Arthritis oder Arthritis psoriatica) [Kryshtalskyj 1990, McBride 1994, Mercuri 1998, Quinn 1998, Kashi et al. 2006, Westermark et al. 2006], sowie bestimmte angeborene Fehlbildungen (z.B. hemifaziale Mikrosomie) [Quinn 1998, Westermark et al. 2006].



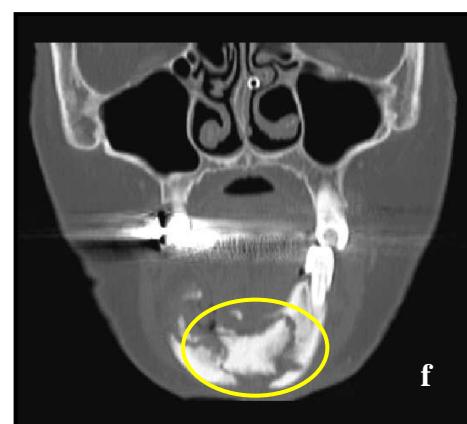
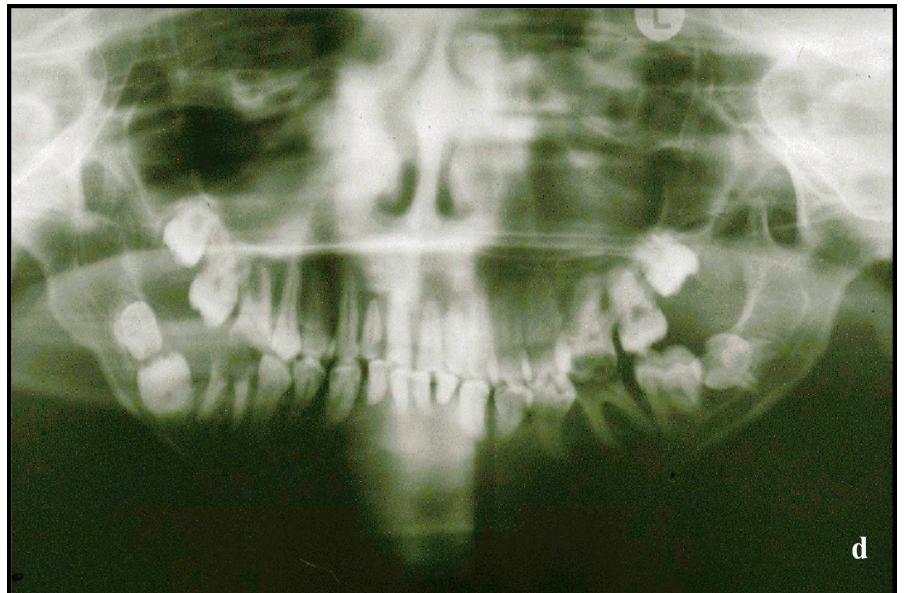


Abbildung 2: Übersicht über verschiedene Indikationen zur alloplastischen Rekonstruktion des Kiefergelenkes bei folgenden Krankheitsbildern (eigenes Quellmaterial):

a keratozystisch odontogener Tumor

b Osteoradionekrose

c Collum – Nekrose nach Gelenkfortsatzbasisfraktur

d knöcherne Ankylose

e bindegewebige Ankylose nach Gelenkfortsatzfraktur

f Kiefernekrose bei Bisphosphonattherapie

Während in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts die Anatomie und Physiologie des Kiefergelenkes weitgehend vernachlässigt wurde [Dimitroulis 2005 a], wird seit 1946 die Gelenkpfanne in die Überlegungen zur Kiefergelenkrekonstruktion mit einbezogen [Eggers 1946]. Heute wird beim alloplastischen Kiefergelenkersatz zwischen Prothesen zum singulären Ersatz der Fossa, Prothesen und Rekonstruktionsplatten zum alleinigen Ersatz des Kondylus und Prothesen zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz unterschieden [van Loon et al. 1995, Kolk et al. 2003].

2 Fragestellung

Die vorliegende Übersichtsarbeit soll

1. die historische Entwicklung des alloplastischen Kiefergelenkersatzes seit 1945 aufzeichnen,
2. die aktuell industriell gefertigten Kiefergelenkendoprothesentypen und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf vorstellen,
3. die notwendige Differenzierung zwischen Kiefergelenkendoprothesen und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf betonen und
4. die Vor- und Nachteile der einzelnen Modelle dokumentieren.

3 Material und Methoden

Die Literaturbeschaffung erfolgte mittels einer systematischen Recherche der in der Datenbank Medline gelisteten Titel. Als Suchbegriffe dienten „temporomandibular joint prosthesis“, „tmj prosthesis“, „condylar reconstruction“, „tmj replacement“ und „temporomandibular joint arthroplasty“. Die gefundenen Treffer wurden dann auf ihre inhaltliche Relevanz gesichtet. Es wurden alle bis zum 31.Mai 2008 eingegangenen Quellen in englischer, deutscher und französischer Sprache berücksichtigt. Weiteres Quellenmaterial erschloss sich durch Verweise in der so gefundenen Literatur und wurde ergänzend hinzugezogen.

4 Ergebnisse und kritische Betrachtung (Diskussion)

4.1 Prothesen zum singulären Ersatz der Fossa

4.1.1 Prothesen nach Eggers, Goodsell, Smith und Robinson

Die Interposition von alloplastischem Material zwischen Fossa und Kondylus diente bereits vor 1945 der Behandlung und Rezidivprophylaxe von Kiefergelenkankylosen [Ridson 1934]. Nach dem 2. Weltkrieg griffen Eggers [Eggers 1946] und Goodsell [Goodsell 1947] das Therapiekonzept auf und inserierten Tantalfolie zwischen Schädelbasis und Unterkiefer (Tabelle 1), wobei Goodsell diese zusätzlich mit Edelstahldraht fixierte [Goodsell 1947].

Unter gleicher Indikationsstellung verwendeten Smith und Robinson in den fünfziger Jahren eine individuell gebogene Platte aus rostfreiem Stahl [Smith and Robinson 1957]. Durch die Biegung der Platte sollte ein virtueller Rotationspunkt in der Mitte des ehemaligen Kondylus entstehen und so erstmals die Unterkieferbewegung in das rekonstruktive Konzept mit einbezogen werden [Smith and Robinson 1957]. Drei Jahre später beschrieb Robinson eine „falsche“ Fossa-Prothese, welche zunächst aus rostfreiem Stahl [Robinson 1960], später aus Silastic® (Polysiloxan) [Robinson 1968] angefertigt, schachtförmig gegen Fossa und Eminentia articularis platziert und mit zwei Schrauben am Arcus zygomaticus befestigt wurde.

4.1.2 Prothese nach Christensen

Christensen griff Robinsons Idee einer Fossa-Prothese auf, indem er Fossa und Eminentia articularis mit einer 0,5 mm dicken Schicht aus Vitallium versah (TMJ Inc, Golden, CO, USA) [Christensen 1963, Christensen 1971]. Durch die Gestaltung von ursprünglich 44 und gegenwärtig 64 unterschiedlich konfektionierten Modellen [Garrett et al. 1997], versuchte er als erster die knöchernen Strukturen bei der Rekonstruktion der Gelenkpfanne individueller zu berücksichtigen [Gerard and Hudson 2000]. Nach ursprünglicher Implantation bei Ankylosepatienten [Christensen 1963], erweiterte sich das Indikationsspektrum hin zu chronisch-degenerativen Kiefergelenkerkrankungen (Tabelle 1), Arthritiden und mehrfach voroperierten Schmerzpatienten [Christensen 1964, Chase et al. 1995, McLeod et al. 2001, Saeed et al. 2001, Christensen 2004], so dass die Fossa-Prothese alleine zwischen 1993 und 2003 bei 4868 Hemiarthroplastien eingesetzt wurde [Christensen 2004] und auch heute noch implantiert wird (Abbildung 3).

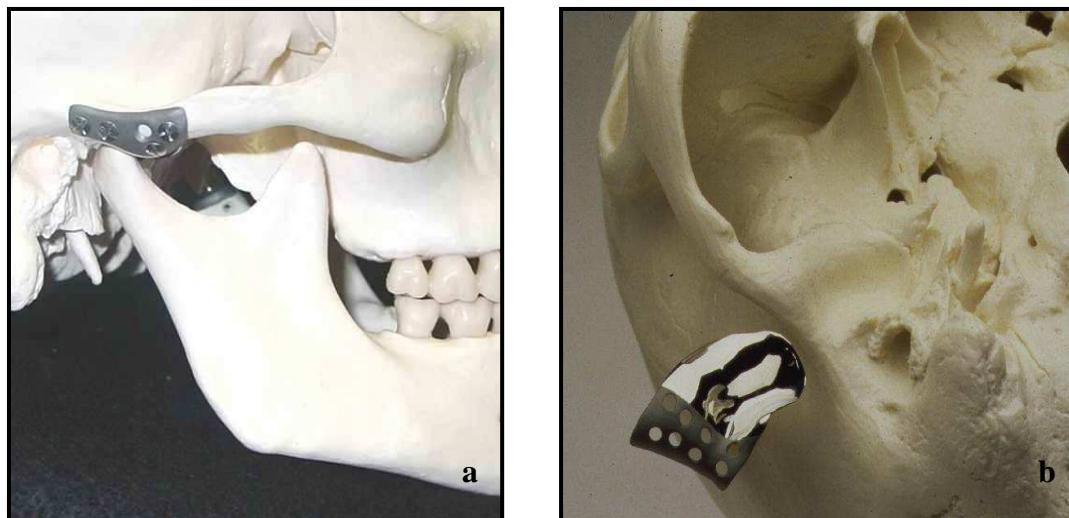


Abbildung 3: Konfektionierte Fossa-Prothese nach Christensen (TMJ Inc, Golden, CO, USA):

- a** Befestigung der Prothese mit Schrauben aus Chrom-Kobalt am Arcus zygomaticus
- b** Während die artikulierende Oberfläche zur Vermeidung von Partikelabrieb hochglanz poliert ist, bleibt der zur Befestigung vorgesehene, perforierte laterale Anteil sandgestrahlt.

4.1.3 Prothese nach Morgan

Morgan modifizierte Christensens Fossa-Eminentia-Prothese, so dass ausschließlich die Eminentia articularis mit einer dünnen Schicht aus gegossenem Vitallium bedeckt wurde [Morgan 1971]. Da er die Indikation seiner Prothese auf Osteoarthrose und Arthritiden begrenzte (Tabelle 1), konnte er die Gefahr einer Reankylosierung vernachlässigen und auf eine komplette Bedeckung der Fossa verzichten [Fontenot 1995]. Bei degenerativ verändertem Kondylus kleidete er die Metallpfanne mit Silastic® aus [Morgan 1988]. Die nach kaudal verlängerte Prothese sollte einen Kondylenersatz überflüssig machen.

4.1.4 Prothese nach Kriens

Kriens verzichtete auf eine vorfabrizierte, metallische Gelenkpfanne und inserierte Silastic®-Streifen (Abbildung 4), welche durch die Eigenbewegung des Kondylus modelliert werden sollten [Kriens 1973]. Aufgrund einer möglichen Fragmentierung des implantierten Silastics® [Eriksson and Westesson 1986] und konsekutiver Fremdkörperriesenzellreaktion, detritischer Synovitis und Lymphadenopathie [Dolwick and Aufdemorte 1985], beschloss die American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons (AAOMS) im Jahre 1993, dass der langfristige Gebrauch von Silastic® ausschließlich der Rezidivprophylaxe von Ankylosen vorbehalten bleiben sollte. Jedoch konnte kein einstimmiges Urteil bezüglich der temporären Anwendung von Silastic® nach Diskektomie gefällt werden. Dennoch stellte in der Folgezeit Dow Corning Wright (Midland, TX, USA) die Produktion und den Vertrieb sowohl von Silastic® H.P. Sheeting als auch von Silastic® TMJ Implant ein [AAOMS 1993].

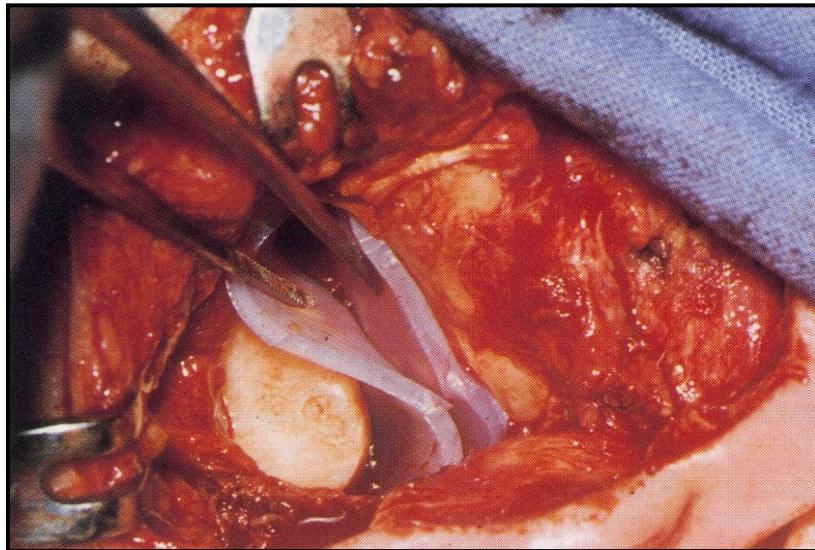


Abbildung 4: In den Kiefergelenkspalt eingebrachte Streifen aus Silastic®
(eigenes Quellmaterial)

Der Erhalt des Discus articularis wird beim alleinigen Fossa-Ersatz kontrovers diskutiert. Während Christensen eine Retention des Diskus aufgrund einer ansonsten verstärkt hypertrophen Ossifikation des Kondylus propagierte [Christensen 1971], empfahlen sowohl Chase als auch McLeod, den Diskus bei Perforationen, Adhäsionen oder funktioneller Beeinträchtigung der Prothese ersatzlos zu entfernen [Chase et al. 1995, McLeod et al. 2001], um zu gewährleisten, dass nur Disci mit günstiger Prognose hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit erhalten wurden.

Tabelle 1: Überblick über Indikationen und Komplikationen bei klinischer Anwendung der verschiedenen Fossa-Prothesen

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Goodsell [Goodsell 1947]	1947-?	Ankylose	Tantal	1 (1)	1	Fragmentierung der Folie
Christensen [Christensen 1971]	seit 1960	degenerative Gelenkerkrankung	Cr-Co	100 (?)	1-11	heterotope Ossifikation (2 Fälle)
Christensen [Park et al. 2004]	seit 1960	Ankylose; degenerative Gelenkerkrankung	Cr-Co	108 (84)	1-8	Lockering und Entzündung (3 Fälle); heterotope Ossifikation (2 Fälle); Schmerz (4 Fälle)

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Morgan [Morgan 1975]	1965-?	Osteoarthrose; Arthritis	Cr-Co	132 (90)	8	allergische Reaktion (4 Fälle); Schraubenlockerung (4 Fälle); Spasma des M. pterygoideus lat. (1 Fall); psychogene Ursache (1 Fall)
Morgan [Hohmann et al. 1983]	1965-?	Osteoarthrose; Arthritis	Cr-Co	? (44)	1-20	Schmerz oder Störung der Okklusion (5 Fälle)

4.2 Prothesen und Rekonstruktionsplatten zum alleinigen Ersatz des Kondylus

4.2.1 Prothesen nach Hahn und Boyne

Im Jahre 1964 beschrieb Hahn für die Rekonstruktion nach Tumorresektion (Tabelle 2) eine Ramus-Prothese bestehend aus einem Gelenkkopf aus Acryl und einem Vitallium-Gitter, welches von Fibroblasten durchdrungen und stabilisiert werden sollte [Hahn 1964].

Ein ähnliches Konzept verfolgte Boyne 1987, der einen Kondylus aus Delrin® (Polyoxymethylen) an einem Titan-Gitter befestigte [Boyne et al. 1987] (Abbildung 5). Hahn favorisierte zunächst eine individuelle Anfertigung seiner Prothese, konnte aber 1969 über die Vereinfachung des Herstellungsprozesses mittels standardisierter Teile berichten [Hahn and Corgill 1969].

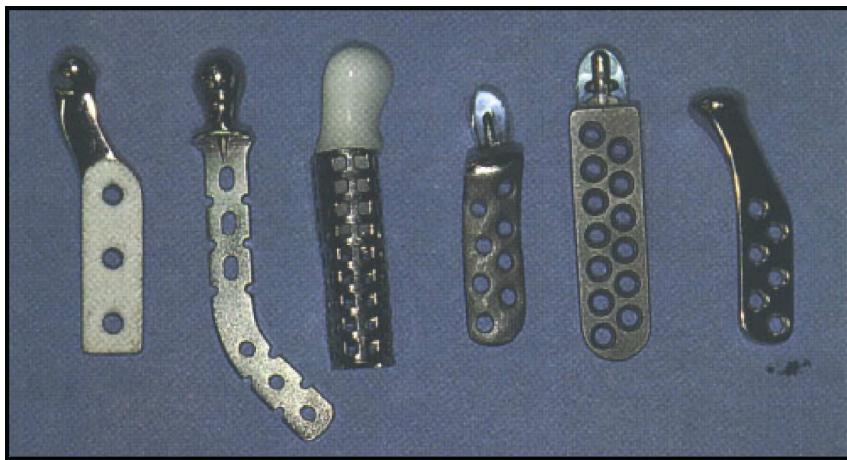


Abbildung 5: Prothesen zum alleinigen Ersatz des Kondylus. Übersicht von links nach rechts: Vitek-Kent, Synthes, Delrin-Timesh (nach Boyne), Christensen Typ I, Christensen Typ II, Biomet-Lorenz (veröffentlicht in: Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery, Penny Rudolph (ed), Autogenous and Alloplastic Reconstruction of the Temporomandibular Joint, p. 178, Copyright by Mosby (1998))

4.2.2 Prothese nach Kent

Eine ebenfalls konfektionierte Ramus-Prothese aus Chrom-Kobalt verwendete Kent in einer Pilotstudie aus dem Jahre 1972 (Vitek, Houston, TX, USA) [Kent et al. 1972] (Abbildung 6). Er überzog den Prothesenschaft mit einem neuartigen Komposit aus Carbon und Teflon® (Proplast®), welches aufgrund seiner Porosität das Einwachsen von Hart- und Weichgewebe erleichtern und so eine stabilere Fixation ermöglichen sollte. Zur weiteren Retentionsverbesserung ergänzte Kent 1975 die plane Innenseite des Prothesenschaftes mit einem L-förmigen Flansch, welcher in intraoperativ gefräste Rillen des Ramus mandibulae geführt wurde [Kent et al. 1983]. Resorptionen im Bereich der Fossa glenoidalis – insbesondere bei Patienten mit rheumatischer Arthritis (Tabelle 2) – veranlassten 1983 zu einer Abflachung und lateralen Extension des Kondylus [Kent et al. 1986 b].

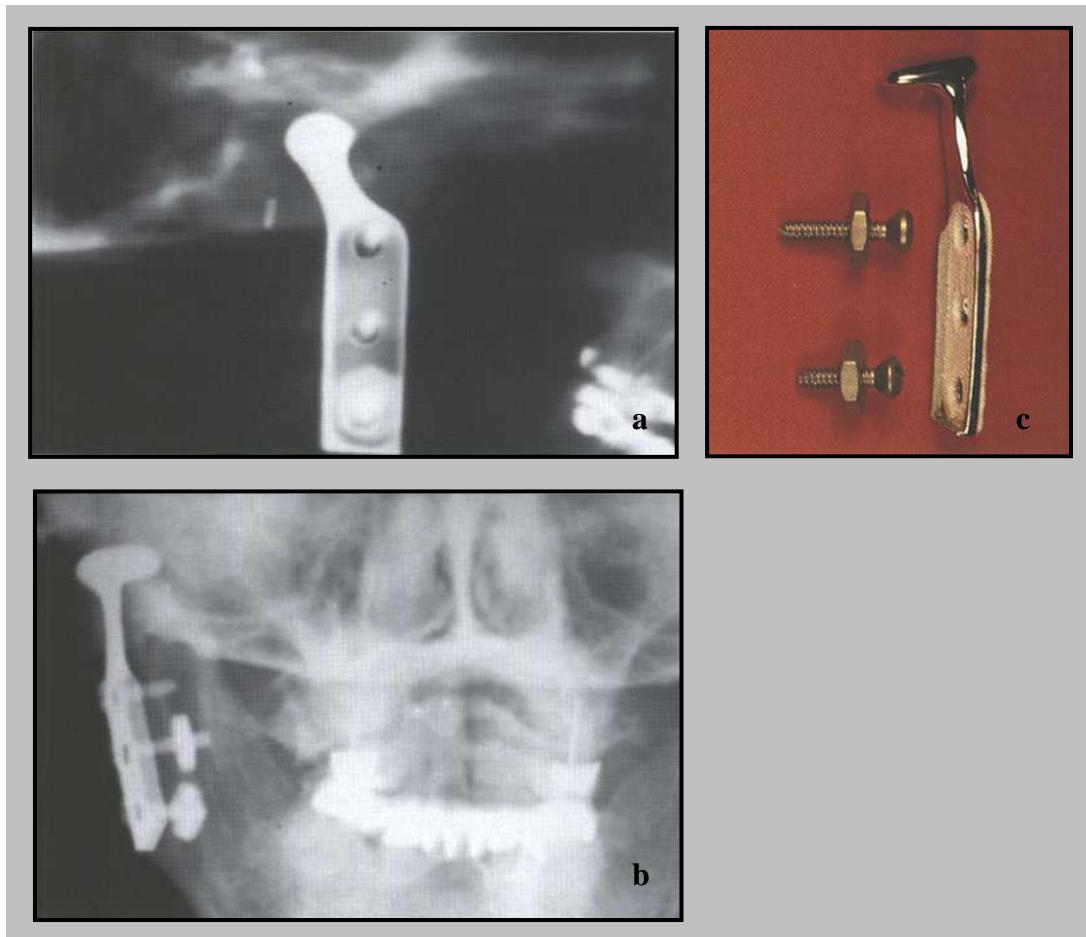


Abbildung 6: Kondylus-Prothese nach Vitek-Kent (Vitek, Houston, TX, USA):

a, b Der ovale Kondylus wurde starr mit dem Prothesenschaft verbunden und mittels dreier selbstziehender Schrauben am Ramus ascendens befestigt.

c Während der Kondylenkopf hochglanz poliert war, wurde der Prothesenschaft mit Proplast® beschichtet.

(veröffentlicht in: Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery, Penny Rudolph (ed), Autogenous and Alloplastic Reconstruction of the Temporomandibular Joint, p. 182, Copyright by Mosby (1998))

4.2.3 Prothese der AO/ASIF nach Spiessl

Auch Spiessl versuchte bei dem später als AO/ASIF-Kiefergelenkendoprothese bekannte gewordenen Modell durch sphärisch quer-ovales Design des Kondylenkopfes der Resorptionsgefahr im Fossabereich entgegenzuwirken [Spiessl 1976, Schmoker 1983]. Ein 4mm langer Dorn, welcher in die Spongiosa des Gelenkfortsatzes eingesenkt wurde, sollte die Retention der mit bikortikalen Schrauben fixierten Prothese vergrößern [Schmoker et al. 1977] (Abbildungen 7 und 8).



Abbildung 7: Kiefergelenkendoprothese der AO/ASIF (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland): Die U-förmigen Kerbungen zwischen den zur Aufnahme von Zugschrauben vorgesehenen Löchern ermöglichen ein dreidimensionales Verstellen und individuelles Anpassen des mandibulären Schaftes, welcher über je drei Schraublöcher im vertikalen und horizontalen Prothesenschenkel befestigt wird.

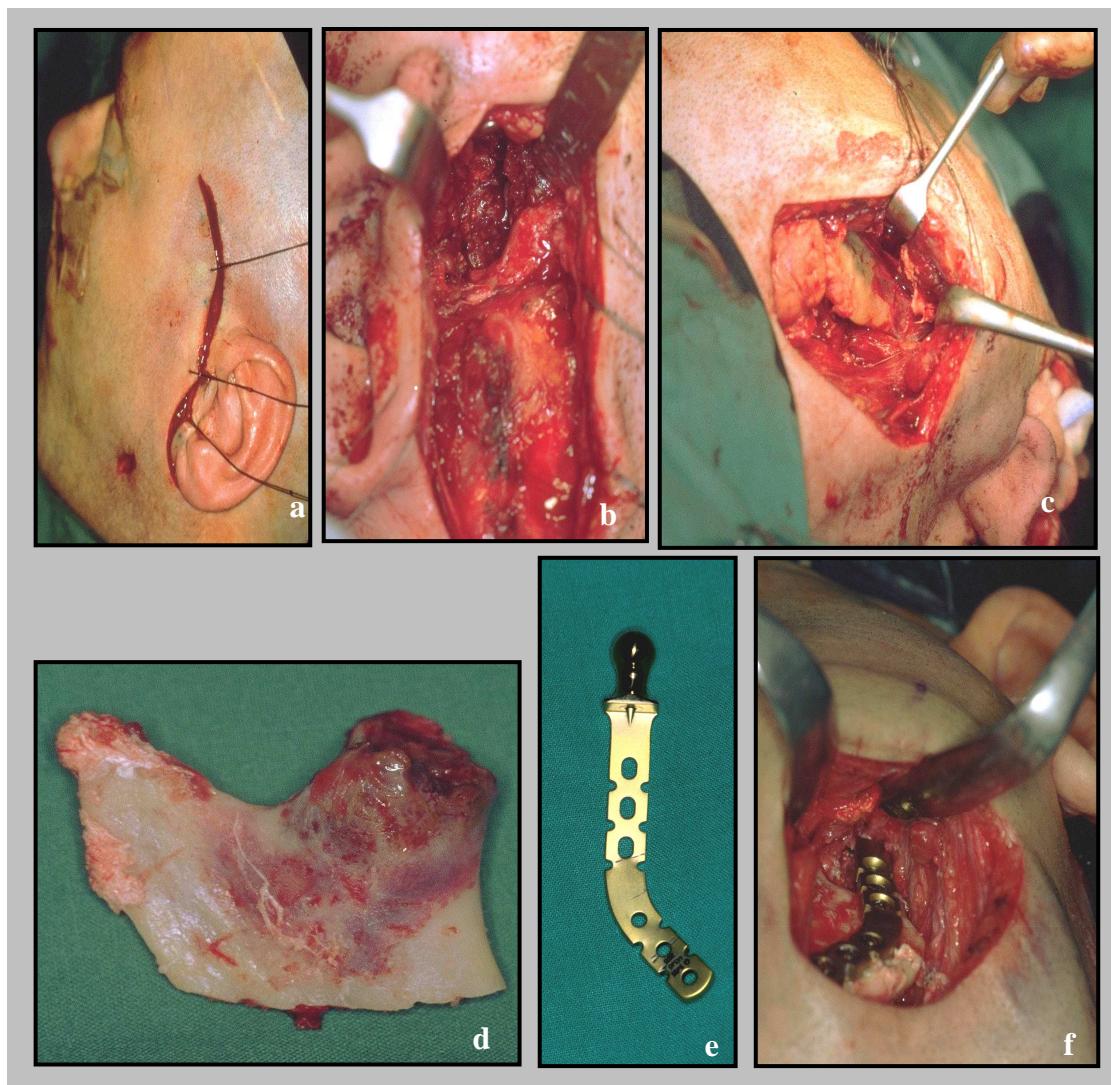


Abbildung 8: Operatives Vorgehen bei Anwendung der Kiefergelenkendoprothese der AO/ASIF (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland) (eigenes Quellmaterial):

Präaurikuläre Schnittführung (a) zur Darstellung von Arcus zygomaticus und Kondylenkopf (b). Kieferwinkel und Ramus ascendens sind von submandibulär aus zugänglich (c). Nach Resektion des Kondylus (d) wird die konturierte Kiefergelenkendoprothese (e) in situ gebracht (f).

4.2.4 Prothese nach Silver

Silver fixierte seine Prothese mit einem im Unterkiefer versenkten, intramedullären, rechtwinkeligen Stift aus Vitallium und mit PMMA-Zement [Silver et al. 1977]. Bei der selbsthärtenden Polymerisation von PMMA in situ sind thermische Schädigungen des Umgebungsgewebes möglich. Abgeriebene Partikel und residuale Monomere können sowohl lokal als auch systemisch eine wesentliche biologische Rolle spielen [Mercuri 1992, Lemons 2000]. Die grazile Prothese diente dem Ersatz nach gering dimensionierten Resektionen und kam insbesondere bei arthritisch veränderten Kondylen zum Einsatz [Silver et al. 1977] (Tabelle 2).

4.2.5 Rekonstruktionsplatte der AO/ASIF

Die Kiefergelenkendoprothesen der AO/ASIF (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland) sind sowohl in langer als auch in kurzer Ausführung erhältlich. Während das kurze Modell (Abbildung 7) hauptsächlich bei primären Gelenkerkrankungen (posttraumatische oder rheumatische Ankylosen, kondyläre Tumore) implantiert wird [Lindqvist et al. 1992], dient die längere Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf [Spiessl 1989] (Abbildung 9) als temporärer Ersatz nach ausgedehnten Resektionen in der ablativen Chirurgie [Prein 2002]. Letztere sollte spätestens nach zwei Jahren gegen autogenes Material ausgetauscht werden [Klotch et al. 1998]. Insbesondere bei der AO/ASIF-Kiefergelenkendoprothese beobachtete Erosionen im Fossabereich und Penetration des Kondylenkopfes in die mittlere Schädelgrube (Tabelle 2; Abbildung 10) bedingten eine Ablehnung der Ramus-Prothesen und die

Forderung nach zusätzlichem Ersatz der Fossa [Lindqvist et al. 2002, Westermark et al. 2006]. Hingegen kann die AO/ASIF-Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf (Abbildungen 9 und 12) unter Abwägung von Indikation und Ausmaß der Resektion und unter Berücksichtigung der möglichen Komplikationen (Abbildung 11) in Ausnahmefällen - insbesondere bei Erhalt des Discus articularis [Carlson 2002, Prein 2002] oder Auskleidung der Fossa mit einem gestielten Muskel-Faszien-Lappen des Musculus temporalis [Klotch et al. 1998, Driemel et al. 2005] (Abbildung 13) - auch als längerfristiger Ersatz dienen [Driemel et al. 2005, Driemel and Reichert 2007].

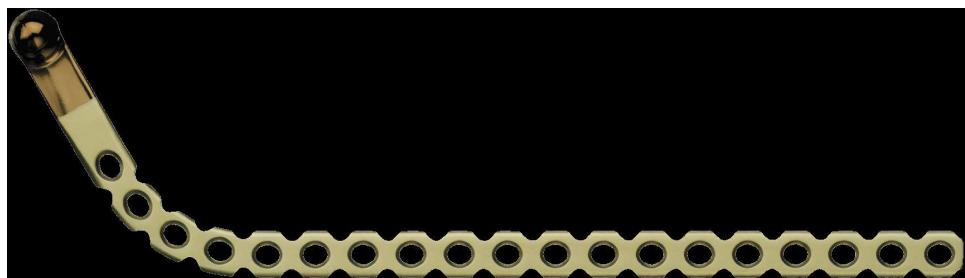


Abbildung 9: Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf der AO/ASIF aus kommerziell reinem Titan (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland): Der seitenindividuell gestaltete, ovale Kondylenkopf ist starr mit der um 125° abgewinkelten Rekonstruktionplatte verbunden und kann nicht höhenverstellt werden.

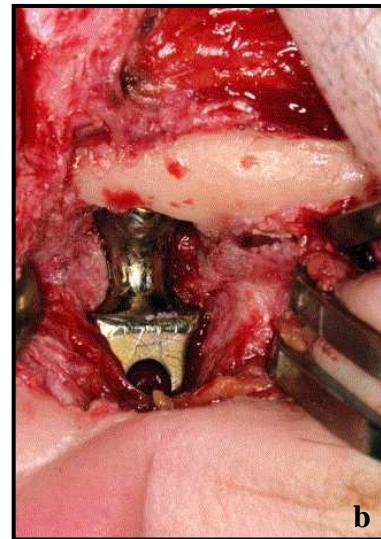


Abbildung 10: Komplikationen bei Anwendung der AO/ASIF-Kiefergelenkendoprothese (eigenes Quellmaterial):

a Penetration des Kondylenkopfes in die mittlere Schädelgrube

b Erosion im Bereich der Fossa glenoidalis

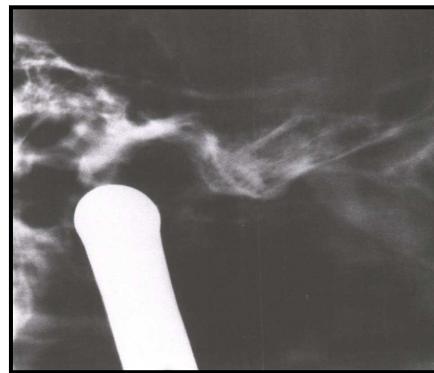


Abbildung 11: Fehlpositionierung des Kondylenkopfes in der Gelenkgrube bei Anwendung der AO/ASIF-Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf (eigenes Quellmaterial)

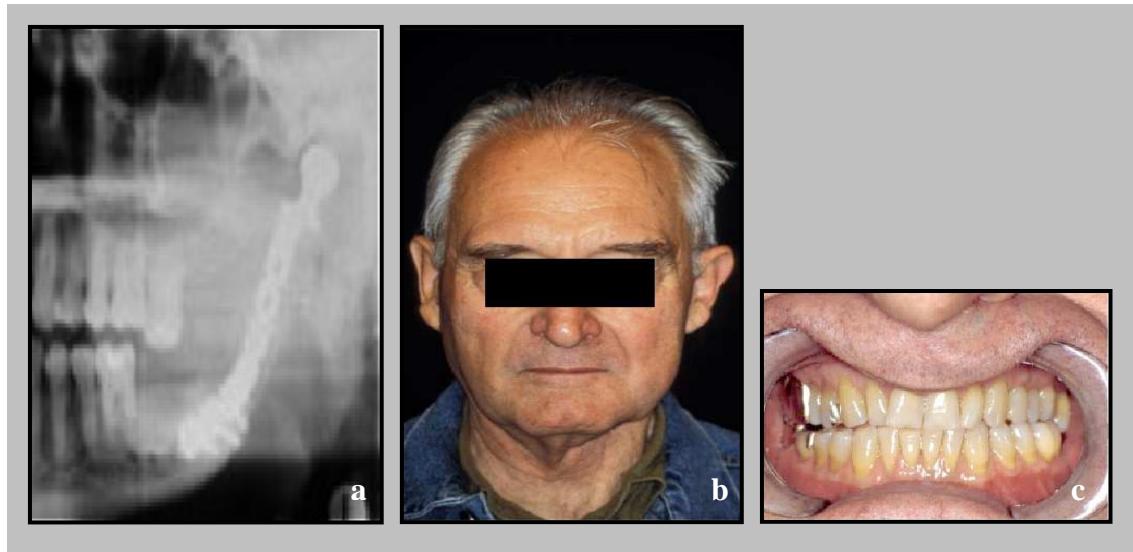


Abbildung 12: Anwendung der Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf der AO/ASIF (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland) bei einem 66-jährigen Patienten mit ausgedehntem keratotisch odontogenem Tumor im linken Unterkiefer (eigenes Quellmaterial):

Nach Resektion des Ramus ascendens einschließlich des Gelenkkopfes wurde die Rekonstruktionsplatte implantiert und der Kieferwinkel zusätzlich mit einem freien Beckenkammtransplantat konturiert (a). Hiermit konnte das Untergesicht symmetrisch rekonturiert (b), sowie eine zufriedenstellende Schlussbisslage erreicht werden (c).



Abbildung 13: Gestielter Muskel-Faszien-Lappen des Musculus temporalis zur Auskleidung der Fossa articularis (eigenes Quellmaterial)

4.2.6 CAS-System der AO/ASIF nach Driemel und Carlson

Der nächste Schritt in der Entstehungsgeschichte der AO/ASIF Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf war ihre Weiterentwicklung zum seitengleich anwendbaren Add-on System (Condylar head Add-on System) [Driemel et al. 2007] (Abbildungen 14, 15, 16).



Abbildung 14: Condylar head Add-on System (CAS) der AO/ASIF nach Driemel/Carlson (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland) aus kommerziell reinem Titan (eigenes Quellmaterial):

a Der seitengleich verwendbare Kondylus ermöglicht durch vertikale Höhenverstellbarkeit die anatomisch korrekte Positionierung des Gelenkkopfes.

b Die bisphärisch, querovale Kopfform des medial versetzten Konylus garantiert große Kontaktflächen zur Fossa articularis unter Erhaltung der Gelenkfunktionen.

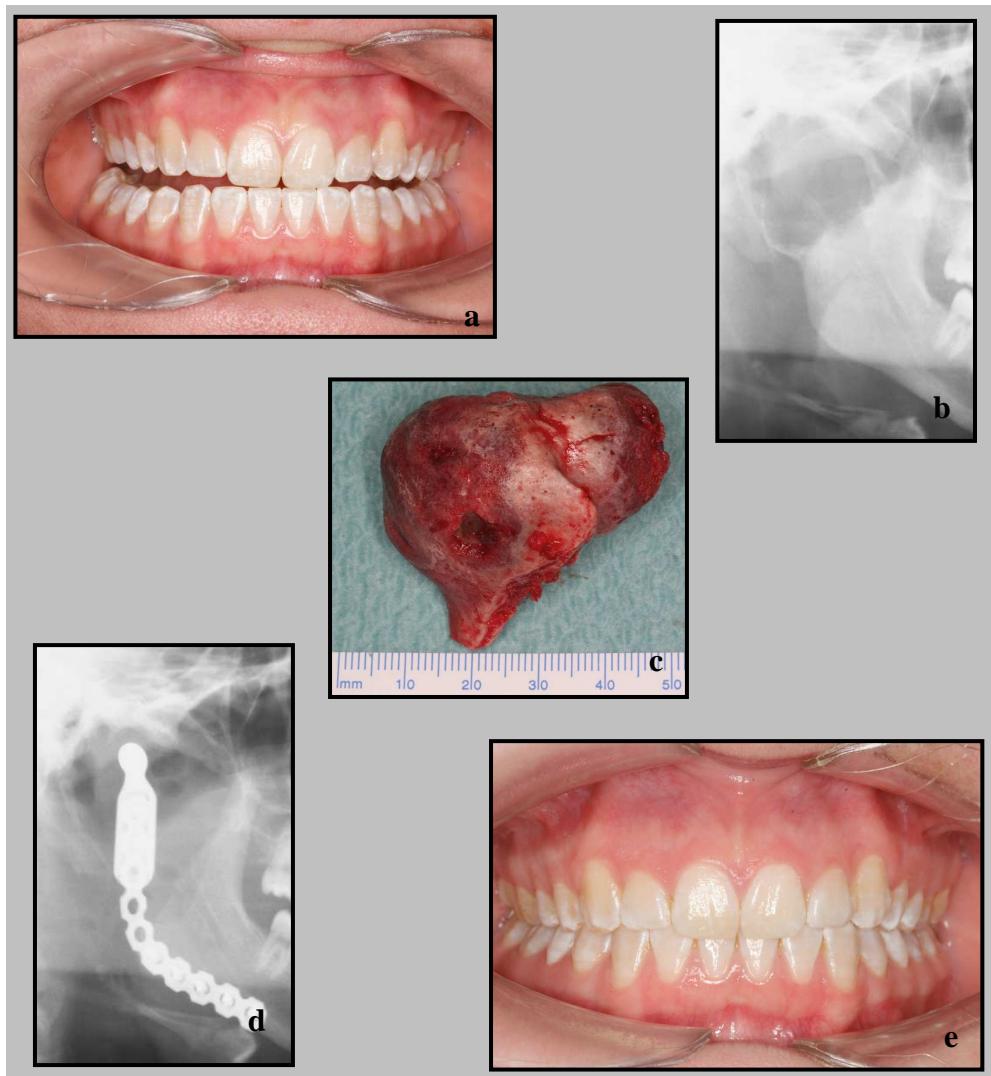


Abbildung 15: Anwendung des Condylar head Add-on Systems (CAS) der AO/ASIF nach Driemel/Carlson (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland) bei einer 17-jährigen Patientin mit Nonokklusion im Seitenzahnbereich (a), bedingt durch eine aneurysmatische Knochenzyste im Kondylus (b). Nach Kondylusresektion (c) und primärer alloplastischer Rekonstruktion des Kiefergelenkes (d), konnte postoperativ eine habituelle Okklusion ohne Mittellinienverschiebung (e) hergestellt werden (eigenes Quellmaterial).

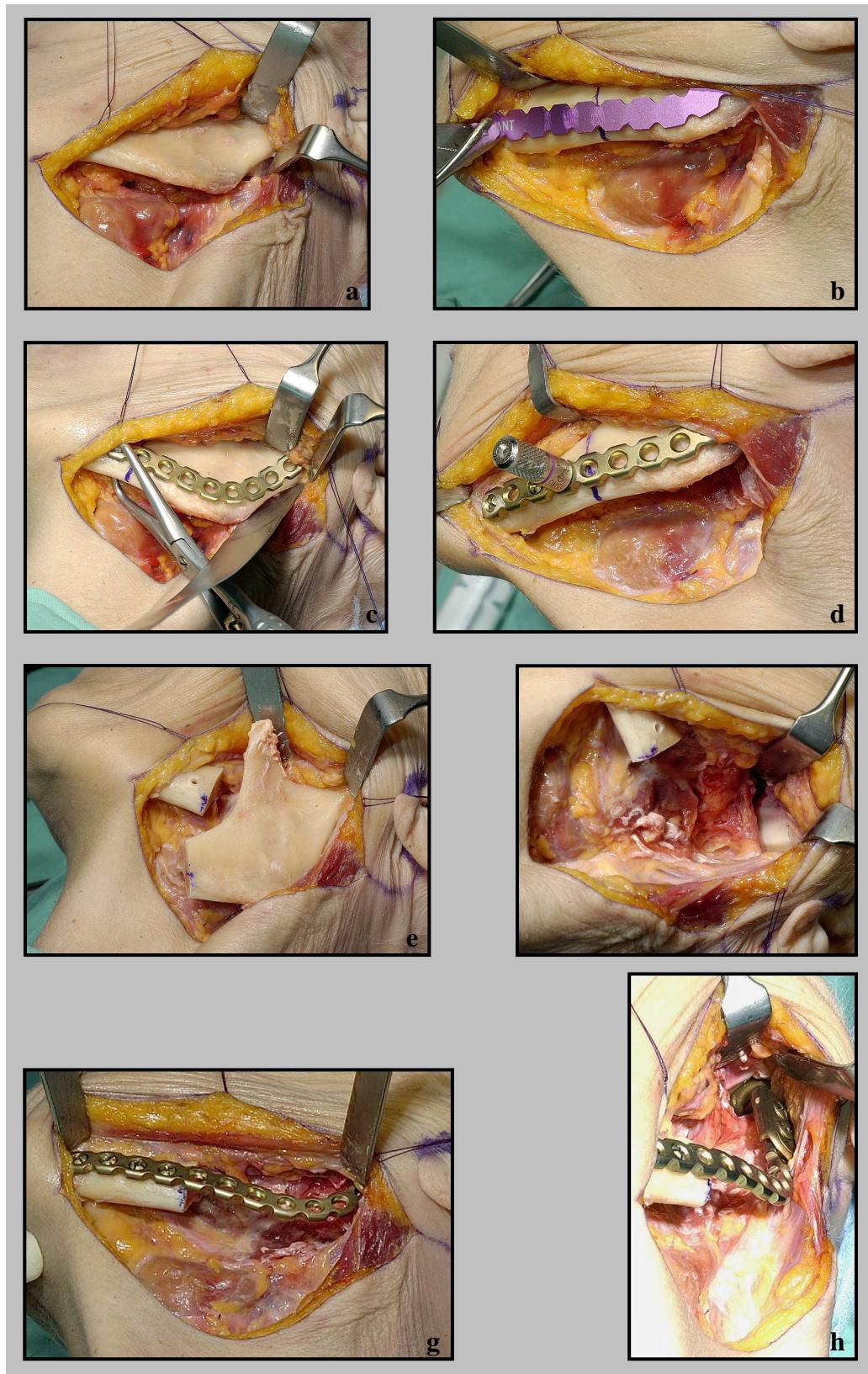


Abbildung 16: Abbildungslegende siehe nächste Seite

Abbildung 16: Operatives Vorgehen bei Anwendung des Condylar head Add-on Systems (CAS) der AO/ASIF nach Driemel/Carlson (Synthes GmbH, Umkirch, Deutschland) am menschlichen Leichnam (eigenes Quellmaterial):

Mittels submandibulärer Schnittführung werden Kieferwinkel und Ramus ascendens dargestellt (a). Vor der Resektion des Knochens wird die Rekonstruktionsplatte mit Hilfe eines Templates (b) adaptiert (c). Die erste Schraube wird unter Beachtung des sogenannten „leeway“ etwa einen Zentimeter von der Resektionsgrenze entfernt platziert (d). Nach Resektion des Kieferwinkels und des Ramus ascendens einschließlich des Kondylus (e und f) wird die vorgebogene Rekonstruktionsplatte *in situ* gebracht (g und h). Letztere wird mindestens mit drei, besser mit vier Schrauben auf jeder Seite befestigt.

4.2.7 Rekonstruktionsplatten der Firmen Stryker, Medartis und KLS Martin

Weitere aktuelle Modelle unterschiedlicher Anbieter zeigen ein ähnliches Design und sind teilweise ebenfalls intraoperativ höheneinstellbar (Abbildungen 17, 18, 19).

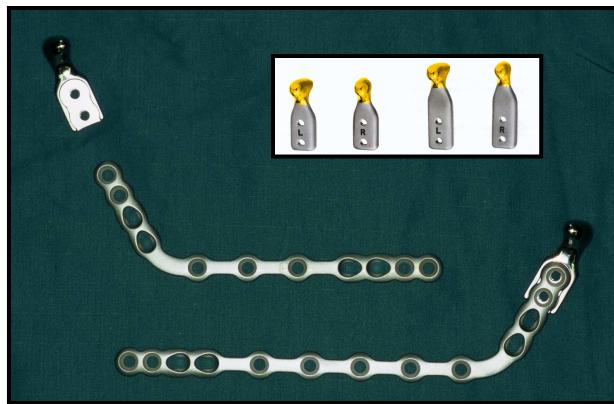


Abbildung 17: Add-on System Leibinger der Firma Stryker (Freiburg, Deutschland): Der seitenindividuell gestaltete, der anatomischen Form nachempfundene Kondylus ist in zwei vertikal unterschiedlich dimensionierten Größen erhältlich.

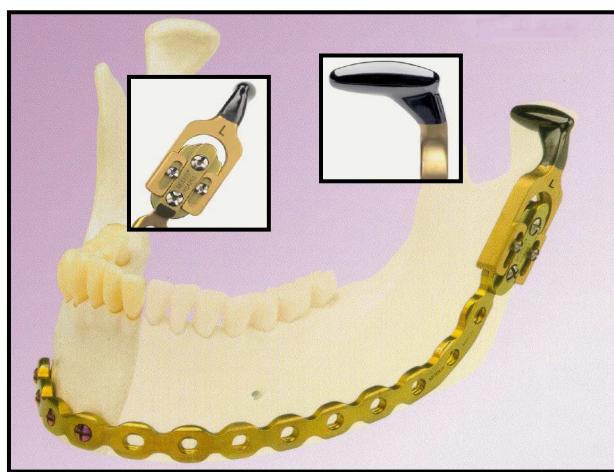


Abbildung 18: System Modus® der Firma Medartis (Basel, Schweiz): Der seitenindividuelle, nach medial versetzte Kondylus kann in vertikaler Richtung eingestellt werden.



Abbildung 19: Add-on System der Firma KLS Martin (Tuttlingen, Deutschland):

Der seitenindividuelle, der anatomischen Form nachempfundene Kondylus kann nicht höhenverstellt werden.

4.2.8 THORP-System nach Raveh

Das THORP System nach Raveh (Leibinger/Stryker, Freiburg, Deutschland) (Abbildung 20) ermöglichte über ein Kugelgelenk neben der intraoperativen vertikalen Einstellung auch die sagittale und transversale Justierung [Raveh et al. 1980, Raveh et al. 1982, Vuillemin et al. 1989]. Zwischen Prothesenkondylus und Gelenkpfanne implantierter lyophilisierter Knorpel sollte Knochenresorptionen und heterotope Ossifikationen verhindern [Raveh et al. 1989]. Die komplexe Positionierung des Kondylus erwies sich intraoperativ als schwierig und postoperativ als instabil [Driemel et al. 2007].

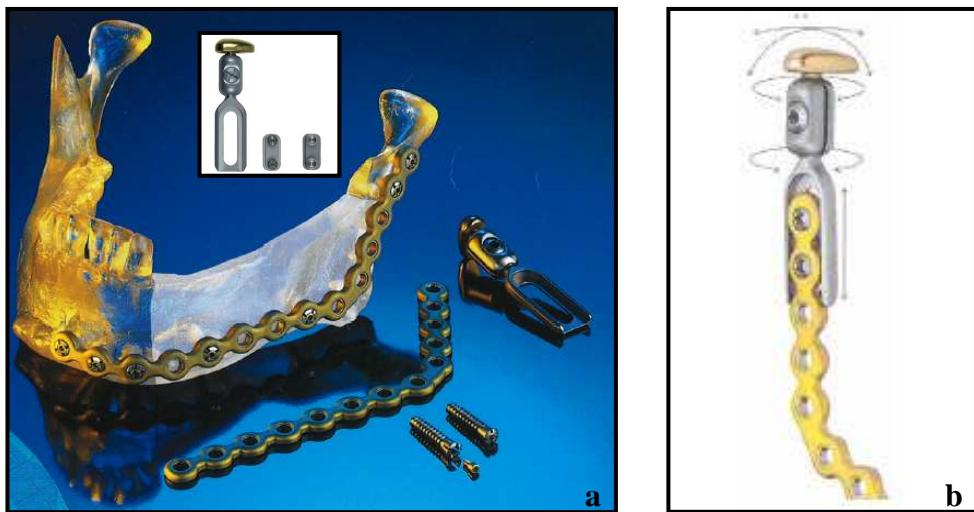


Abbildung 20: THORP System nach Raveh (Leibinger/Stryker, Freiburg, Deutschland):

Der seitenindividuell gestaltete Kondylus (a) konnte in der Länge angepasst und mittels Kugelgelenk dreidimensional eingestellt werden (b).

4.2.9 Prothese nach Flot

Die Kondylus-Prothese von Flot (Abbildung 21) kombinierte den alloplastischen Kondylenersatz mit einer den Gelenkkopf bedeckenden, frei beweglichen Schale, welche durch Eigenrotationen Vorwärts- und Seitwärtsbewegungen ermöglichen sollte und nicht als Fossa-Ersatz intendiert war [Flot et al. 1984, Flot et al. 1985, Stricker et al. 1990]. Da die verwendete Materialkombination aus Metalllegierung und Polyethylen zu Partikelabrieb und Verschleiß führte, wurde seit 1987 die Schale aus Aluminiumoxidkeramik hergestellt [Chassagne et al. 1990].

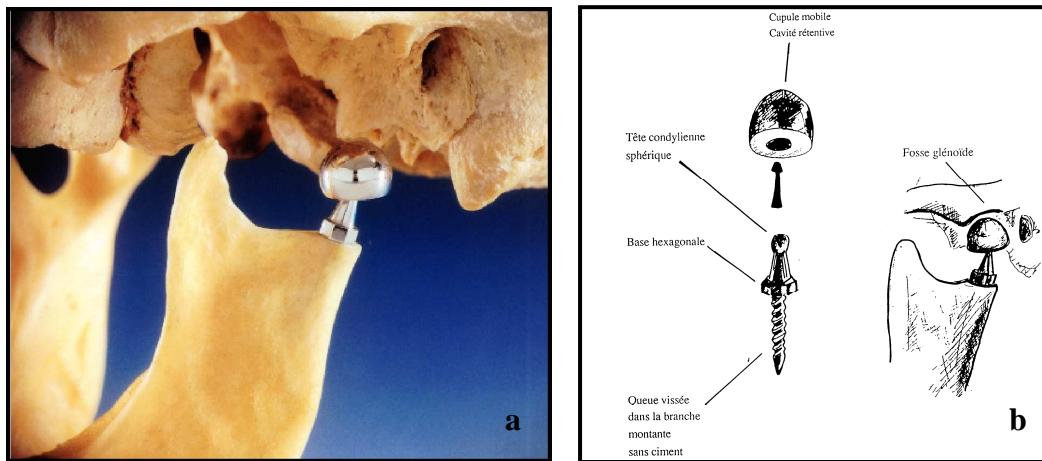


Abbildung 21: Kondylus-Prothese nach Flot (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Prof. Dr. F. Flot, Nancy, Frankreich):

a Der Prothesenschaft wurde in den Ramus ascendens eingeschraubt. Auf eine mit Schrauben befestigte Prothesenplatte wurde bewusst verzichtet.

b Schematische Darstellung der einzelnen Prothesenbestandteile.

Tabelle 2: Überblick über Indikationen und Komplikationen bei klinischer Anwendung der verschiedenen Kondylus-Prothesen und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Corgill-Hahn [Hahn 1964]	1958-1970	Tumor	Cr-Co + Acryl	15 (?)	1-6	Infektion (1 Fall); Fraktur (2 Fälle)
Kent (flaches Design) [Hinds et al. 1974]	1972-1975	Ankylose	Cr-Co + Proplast	15 (9)	1,25-4	Infektion (2 Fälle); heterotope Ossifikation und Dislokation der Prothese (1 Fall)
Kent (flaches Design + „box design“) [Kent et al. 1983]	1972-1975 1975-1983	Ankylose; Arthritis; Missbildung	Cr-Co + Proplast	109 (80)	1-10	Infektion (5 Fälle); mangelnde Stabilisierung des Ramus (5 Fälle); Reankylose (5 Fälle); Resorption der Fossa (4 Fälle)

Tabelle 2 (Fortsetzung 1)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
AO/ASIF Kiefergelenk- endoprothese [Lindqvist et al. 1992]	seit 1976	Ankylose; Tumor; Trauma	Titan	11 (8)	1-6	Dislokation der Prothese (3 Fälle); heterotope Ossifikation (8 Fälle); Knochenresorption (8 Fälle); Perforation der mittleren Schädelgrube (1 Fall)
AO/ASIF Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf [Lindqvist et al. 1992]	seit 1976	Tumor; Trauma	Titan	12 (11)	1-6	Dislokation des Kondylus (4 Fälle); Plattenfraktur (1 Fall); heterotope Ossifikation (4 Fälle); Knochenresorption (2 Fälle)

Tabelle 2 (Fortsetzung 2)

* Verwendung sowohl der AO/ASIF-Kiefergelenkendoprothese als auch der AO/ASIF- Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
AO/ASIF*	seit 1976 [Prein 2002]	Ankylose; Tumor; Trauma	Titan	21 (17)	1-20	Dislokation des Kondylus (2 Fälle); heterotope Ossifikation (9 Fälle); Knochenresorption (2 Fälle)
AO/ASIF*	seit 1976 [Driemel et al. 2005]	Tumor; Trauma	Titan; V2A- Stahl	23 (19)	1-21	Dislokation des Kondylus (3 Fälle); Schraubenlockerung (4 Fälle); Plattenfraktur (1 Fall)
Silver	1977-? [Silver et al. 1977]	Arthritis	Cr-Co	3 (3)	2-3	leichte Mobilität (2 Fälle)

Tabelle 2 (Fortsetzung 3)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen	
Flot (z.T. modifiziert [Chassagne et al. 1990])	1984-1987 bzw. seit 1987	Ankylose; Tumor; Trauma; Missbildung; degenerative Veränderung	Stahl + PE bzw. Titan + PE + Al ₂ O ₃ Keramik	62 (?)	1-7	technisches Problem: ungenaue Positionierung; inadäquate Verankerung (13 Fälle)	

4.3 Prothesen zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz

4.3.1 Prothese nach Christensen

1965 erweiterte Christensen seine bereits erwähnte Fossa-Eminentia-Prothese um einen standardisierten Vitallium-Schaft [McBride 1994] und entwarf so die erste totale Kiefergelenkendoprothese (TMJ Inc, Golden, CO, USA) [van Loon et al. 1995] (Tabelle 3). Der Kondylenkopf dieser Prothese bestand aus Polymethylmethacrylat (PMMA) [McBride 1994]. Aufgrund der steigenden Anzahl mehrfach voroperierter Patienten mit ausgedehntem Knochenverlust wurde 1995 die angulär extendierte Christensen/Chase Kondylus-Prothese [Gerard and Hudson 2000] konzipiert. Nach Berichten über Partikelabrieb des PMMA unter funktioneller Belastung [Mercuri 1996, Saeed et al. 2001, Christensen et al. 2004], verzichtete Christensen ab dem Jahre 1996 auf die Anwendung von PMMA zu Gunsten eines Kondylenkopfes aus Vitallium (Abbildung 22).



Abbildung 22: Totale, konfektionierte Kiefergelenkendoprothese nach Christensen (TMJ Inc, Golden, CO, USA): Die gerade, mit 13 Schraubbohrungen versehene Platte wird am Ramus ascendens befestigt. Die Oberfläche des halbrund gestalteten Kondylus ist hochglanz poliert.

Im Jahre 1997 individualisierte Christensen seine Prothese zusätzlich mittels stereolithographischem Modell (CAD/CAM), um die entstellte Kiefergelenkanatomie mehrfach voroperierter Patienten noch besser rekonstruieren zu können [Garrett et al. 1997, Saeed et al. 2001] (Abbildung 23).



Abbildung 23: Totale, individualisierte Kiefergelenkendoprothese nach Christensen auf dem zur Herstellung benötigten stereolithographischen Modell (TMJ Inc, Golden, CO, USA)

Derzeit ist die Christensen-Prothese das einzige auf dem US-amerikanischen Markt vertriebene System, das sowohl partiellen als auch totalen Kiefergelenkersatz umfasst. Seit 1998 ist die Prothese innerhalb der Europäischen Union als Medizinprodukt CE-zertifiziert und im Jahre 2001 erfolgte in den Vereinigten Staaten die Genehmigung durch die Food and Drug Administration (FDA).

4.3.2 Prothesen nach Kiehn, Morgan, Momma und Kummoona

Die totale Kiefergelenkendoprothese von Kiehn kombinierte Christensens Fossa-Eminentia-Prothese sowie Hahns gitterförmige Ramus-Prothese und wurde mittels PMMA-Zement befestigt [Kiehn et al. 1974].

1976 ergänzte auch Morgan seine Eminentia articularis-Prothese zum totalen Kiefergelenkersatz [Morgan 1988, Morgan 1992], wobei Material und Design Christensens Modell ähnelten.

Die hohen Belastungen des Kiefergelenkes veranlassten Momma, eine Fossa-Kondylus-Prothese ausschließlich aus Metall (Protasul[®]) herzustellen [Momma 1977, Momma 1978].

Auch Kummoona favorisierte einen rein metallischen Kiefergelenkersatz und wählte als Material eine Chrom-Kobalt Legierung. Der kondyläre Anteil wurde im aufsteigenden Unterkieferast mit PMMA zementiert und wies zur Retentionsverbesserung mehrere Perforationen auf [Kummoona 1978].

4.3.3 Vitek-Prothese nach Kent

Um Resorptionen der Fossa glenoidalis - insbesondere bei degenerativen und entzündlichen Kiefergelenkerkrankungen - zu vermeiden (Tabelle 3), baute Kent 1981 seine Ramus-Prothese zum totalen Kiefergelenkersatz aus [Kent et al. 1986 a], welcher zwischen 1981 und 1990 als Vitek-Kent Prothese (Vitek, Houston, TX, USA) mehreren tausend Patienten implantiert wurde. Die ursprünglich drei-, seit 1982 zweischichtige Pfanne bestand aus Proplast® - ursprünglich einer Verbindung von Polytetrafluoroethylen mit Graphit (Proplast I), später mit Aluminiumoxid (Proplast II) - und Teflon® [Kent et al. 1986 a] (Abbildung 24).

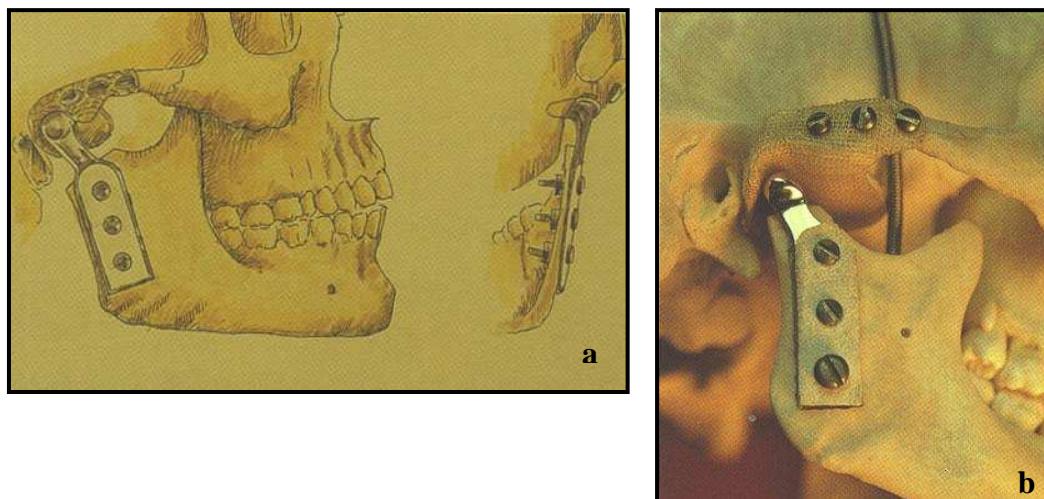


Abbildung 24: Totale Kiefergelenkendoprothese nach Kent (Vitek, Houston, TX, USA) (veröffentlicht in: Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery, Penny Rudolph (ed), Autogenous and Alloplastic Reconstruction of the Temporomandibular Joint, p.182, Copyright by Mosby (1998)):

a Die Kondylus-Prothese in der schematischen Zeichnung

b Die Prothesenbestandteile am Modell des menschlichen Schädels: Während die Kondylenprothese dreifach am Ramus ascendens angeschraubt wurde, stabilisierten drei Schrauben die Fossa-Prothese am Arcus zygomaticus.

Die Kombination von metallischem Kondylus und Proplast-Teflon-Pfanne führte zu Partikelabrieb im Fossa-Bereich (Abbildung 25), Fremdkörperreaktionen, Weich- und Hartgewebsdestruktion und zu refraktären Schmerz-Syndromen der Pothesenträger, welche sich trotz Explantation progredient zeigten [Lagrotteria et al. 1986, Timmis et al. 1986, Bronstein 1987, Valentine et al. 1989, Spagnoli and Kent 1992, Feinerman and Piecuch 1993].

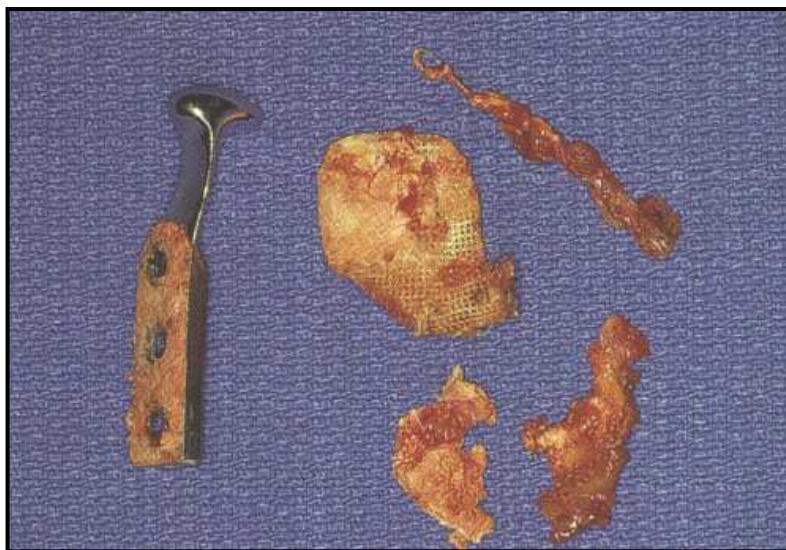


Abbildung 25: Totale Kiefergelenkendoprothese nach Kent (Vitek, Houston, TX, USA) nach ihrer Entfernung. Besondere Beachtung verdient der fragmentierte Überzug aus Proplast® der Fossa-Prothese. (veröffentlicht in: Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery, Penny Rudolph (ed), Autogenous and Alloplastic Reconstruction of the Temporomandibular Joint, p. 183, Copyright by Mosby (1998))

Klagen in Millionen Dollar Höhe, Entzug der Zulassung durch die FDA und Insolvenz des Unternehmens im Jahre 1990 waren die Folge [Speculand et al. 2000]. Zwei Jahre zuvor war bereits aus ähnlichen Gründen [Trumpy and Lyberg 1993, Trumpy et al. 1996] das zum Diskusersatz intendierte PTIPI (Proplast Teflon Interpositional Implant) vom Markt genommen worden [Homsy 1991, Spagnoli and Kent 1992].

4.3.4 Prothese nach Sonnenburg

Ähnliche Materialien wie Kent verwendete Sonnenburg Anfang der achtziger Jahre für den von ihm in der damaligen DDR entwickelten totalen Kiefergelenkersatz [Sonnenburg et al. 1984] (Tabelle 3, Abbildung 26). Die Gelenkpfanne wurde aus hochdruckpolymerisiertem Polyethylen angefertigt, welches aufgrund seines niedrigen E-Moduls eine wirkungsvolle Stoßdämpfung erlauben sollte, der Gelenkkopf aus einer geschmiedeten und damit sekundär verformbaren Titan-Palladium Legierung.

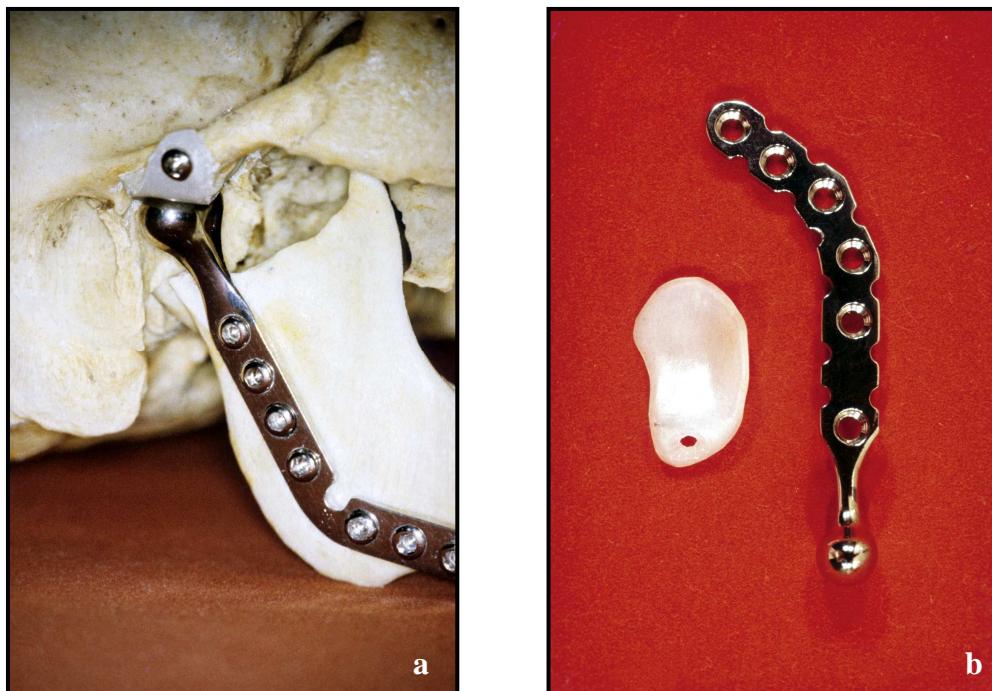


Abbildung 26: Totale Kiefergelenkendoprothese nach Sonnenburg (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Priv.-Doz. Dr. Michael Sonnenburg, Güstrow):

a Die Befestigung von Kondylus und Fossa erfolgte durch Kortikalisschrauben, wobei die Gelenkpfanne zusätzlich mit Knochenzement aus Palacos® exakt der anatomischen Morphologie angepasst wurde.

b Die einzelnen Prothesenbestandteile in der Aufsicht

Durch Partikelabrieb bedingte Komplikationen, wie sie sich bei der Vitek-Kent-Prothese manifestierten, wurden - bei insgesamt 12 dokumentierten Patienten - nicht beschrieben [Sonnenburg and Sonnenburg 1990]. Die ursprünglich individuell hergestellte Prothese [Sonnenburg and Sonnenburg 1985 a] wurde in der Folgezeit konfektioniert [Sonnenburg und Sonnenburg 1985 b].

4.3.5 TMJ Concepts Prothese

Die Techmedica (Techmedica, Camarillo, CA, USA) - heute TMJ Concepts-Prothese (TMJ Concepts, Ventura, CA, USA) (Abbildung 27), deren Entwicklung auf das Jahr 1989 zurückgeht, wurde insbesondere für vielfach voroperierte und anatomisch versehrte Patienten konzipiert (Tabelle 3). Die artikulierende Oberfläche der Fossa aus „ultra-high molecular weight polyethylene“ (UHMWPE) wird von Maschen aus kommerziell reinem Titan getragen, welche die Befestigung mit Schrauben am Arcus zygomaticus ermöglichen. Der Schaft besteht aus einer Titanlegierung, wobei der Kondylenkopf aus Chrom-Kobalt-Molybdän aufgebaut ist und dieselbe geometrische Ausdehnung wie das UHMWPE aufweist, um die Kontaktfläche möglichst groß zu gestalten und den Abrieb unter funktioneller Belastung zu minimieren [Mercuri 2000b]. Trotz schwieriger anatomischer Ausgangsbedingungen wird somit ein möglichst großer Kontakt zwischen Empfängergewebe und Prothese gewährleistet [Wolford et al. 1994, Mercuri et al. 2002, Wolford et al. 2003, Mercuri 2006,]. Dem Ziel einer guten Passform dient auch die individualisierte Herstellung der Prothese mittels stereolithographischem Modell nach computertomographischer Bildgebung [Wolford et al. 1994, Mercuri et al. 1995, Mercuri et al. 2002, Wolford et al. 2003, Mercuri 2006]. In Fällen schwerer Ankylose wird oftmals ein zweizeitiges chirurgisches Vorgehen notwendig, um den Operationssitus zur Aufnahme der individualisierten Prothesenkomponenten vorzubereiten (1. Präparation des Prothesenlagers, 2. Computertomographie, 3. Stereolithographiemodell, 4. Fertigung der individuellen Prothese, 5. Implantation der Prothese) [Pitta and Wolford 2001]. Die TMJ Concepts-Prothese ist seit 1999 für den amerikanischen Raum von der FDA zugelassen.



Abbildung 27: Totale TMJ Concepts-Kiefergelenkendoprothese (TMJ Concepts, Ventura, CA, USA); Abbildung links veröffentlicht in: Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery, Penny Rudolph (ed), Autogenous and Alloplastic Reconstruction of the Temporomandibular Joint, p. 205, Copyright by Mosby (1998):

a Ursprüngliche Techmedica-Prothese (Techmedica, Camarillo, CA, USA): Der halbkugelförmige Kondylenkopf ist fest mit der Platte verbunden, welche Perforationen zur Befestigung aufweist.

b Die neuere TMJ Concepts-Kiefergelenkendoprothese wird durch zusätzliche Schraubbohrungen stabiler verankert. Die Fossa wird vierfach am Arcus zygomaticus angeschraubt, die Platte mit sieben bis zehn Schrauben am Ramus ascendens fixiert.

4.3.6 TTN-TMJ Prothese

Titan wurde auch bei der Herstellung der Titan/Titan-Nitrid (TTN-TMJ) Kiefergelenkendoprothese verwendet, welche im Jahre 1992 entwickelt wurde [Bütow et al. 2001] (Tabelle 3). Die Oberflächen des Kondylenkopfes sowie die Fossa wurden zur Härtung der Kontaktflächen mit einer Schicht aus Titan-Nitrid überzogen. Da die TTN-TMJ Prothese entsprechend der natürlichen Anatomie des Kiefergelenkes entworfen wurde, waren Translationsbewegungen, einschließlich medial-lateraler Exkursionen, möglich.

4.3.7 Prothese nach Hoffman und Pappas

Titan-Nitrid dient auch zur Verbesserung der Abriebeigenschaften der Prothese nach Hoffman und Pappas (Endotec, South Orange, NJ, USA) (Abbildung 28), welche seit 1995 erhältlich ist [Hoffman and Pappas 2000]. Die Fossa dieses individuell gefertigten Kiefergelenkersatzes wird entsprechend der TMJ Concepts-Prothese gestaltet, wobei eine Masche aus Titan die artikulierende Oberfläche aus UHMWPE trägt. Sowohl der Schaft des Ramus als auch der Kondylenkopf sind aus einer Titanlegierung gefertigt, welche durch Titan-Nitrid gehärtet wurde. Die Hoffman-Pappas Prothese wird von der FDA gegenwärtig als „Investigational Device“ klassifiziert und bedarf noch der behördlichen Genehmigung.

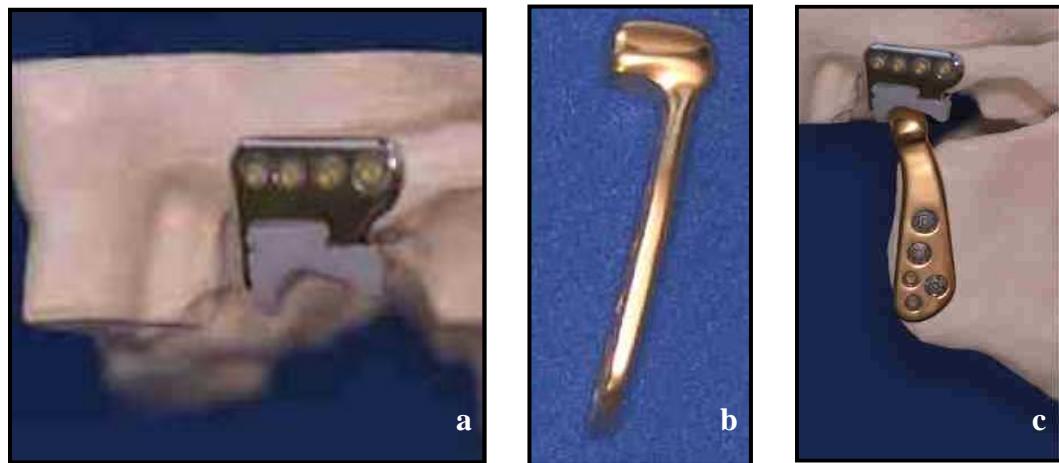


Abbildung 28: Totale Kiefergelenkendoprothese nach Hoffman und Pappas (Endotec, South Orange, NJ, USA):

- a** Die Fossa-Prothese, deren artikulierende Oberfläche aus Polyethylen sehr leicht ausgetauscht werden kann, wird mittels einer Osteosyntheseplatte dreifach angeschraubt.
- b** Die modifizierte ovale Form des Kondylus ermöglicht einen linienhaften Kontakt zwischen Kondylenkopf und Fossa und optimiert auf diese Weise die Belastungsverhältnisse der Prothese.
- c** Die totale Kiefergelenkendoprothese am Modell des menschlichen Schädels

4.3.8 Biomet-Lorenz-Prothese

Während bis in die Mitte der neunziger Jahre das Bestreben im Vordergrund stand, den Gelenkkopf anatomisch korrekt in der Fossa zu platzieren, verlagerten sowohl Quinn als auch van Loon den Rotationspunkt der von ihnen entwickelten totalen Kiefergelenkendoprothesen auf der Translationsbahn des natürlichen Kondylus nach kaudal (Abbildung 29). Hierdurch sollten die natürlichen translatorischen Bewegungen imitiert und die interinzisale Öffnung vergrößert werden [van Loon et al. 1999, van Loon et al. 2000, van Loon et al. 2002, Kolk et al. 2003].

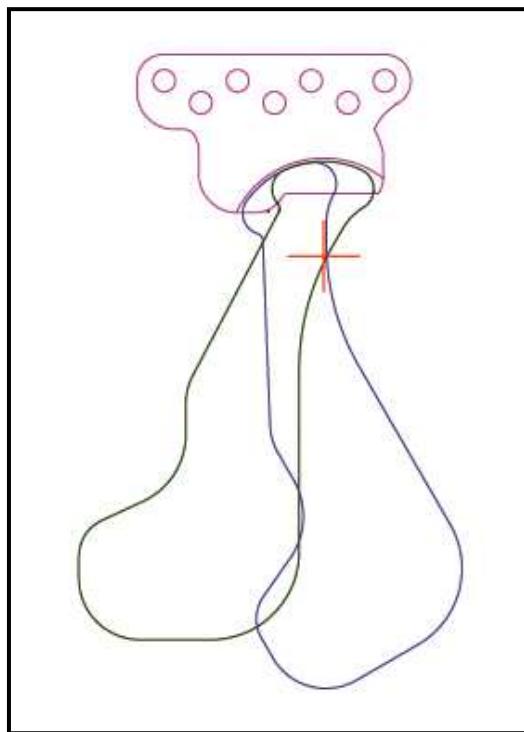


Abbildung 29: Prinzip des nach kaudal verlagerten Rotationspunktes der Biomet-Lorenz-Prothese (Biomet Microfixation, Jacksonville, FL, USA)

Die totale Biomet-Lorenz-Kiefergelenkendoprothese (Biomet Microfixation, Jacksonville, FL, USA) (Abbildung 30) kombiniert einen Prothesenschaft mit sphärisch geformtem Kondylenkopf aus Co-Cr oder Titan und eine Fossa aus UHMWPE (Arcom[®]) in unterschiedlichen Größen. Oberflächliche Unebenheiten im Bett der Fossa wurden mit PMMA-Zement ausgeglichen [Quinn 2000]. Dieses Verfahren wird jedoch vom Hersteller nicht mehr empfohlen, da es unter funktioneller Belastung zur Fragmentierung des PMMA führen kann. Die Biomet-Lorenz-Prothese ist CE-zertifiziert und wird seit 1995 in von der FDA genehmigten Studien als „Investigational Device“ klinisch angewandt.



Abbildung 30: Totale Biomet-Lorenz-Kiefergelenkendoprothese (Biomet Microfixation, Jacksonville, FL, USA):

- a** Die totale Kiefergelenkendoprothese am Modell des menschlichen Schädels: Der ovale Kondylus ist starr mit der Platte verbunden, welche Bohrungen für zwölf Schrauben aufweist.
- b** Die Fossa-Prothese in der Aufsicht von unten: Die Befestigung erfolgt mittels Schrauben am Arcus zygomaticus.
- c** Besondere Beachtung verdient die „Schwanenhals-Geometrie“ des Prothesenschaftes. Der geschwungene Verlauf des kondylennahen Plattenabschnitts soll Schäden an der Grenzfläche zwischen Prothese und Knochen vermeiden.

4.3.9 Groningen Prothese nach van Loon

Die von van Loon gestaltete Prothese (Abbildung 31) setzte sich nach dem „Baukasten-Prinzip“ zusammen. Der Prothesenschaft war in vier, hinsichtlich Länge und Kondylenposition verschiedenen Versionen erhältlich. Zwei in unterschiedlichen Größen erhältliche, konfektionierte Teile, gestatteten zwölf verschiedene Kombinationsmöglichkeiten der Fossa. Die einem künstlichen, aus UHMWPE zylindrisch geformten Diskus gegenüberliegenden Flächen wurden aus Zirkonoxidkeramik hergestellt, die übrigen Prothesenteile aus kommerziell reinem Titan [van Loon et al. 1999, van Loon et al. 2000, van Loon et al. 2002]. Der maximale Abstand der Fossa zur Eminentia articularis von 0,2 mm [van Loon et al. 2000] sollte eine höhere Passgenauigkeit erzielen als die auf bestenfalls 0,5 mm genauen individuellen Prothesen [Lill et al. 1992, Tyndall et al. 1992, Barker et al. 1994].

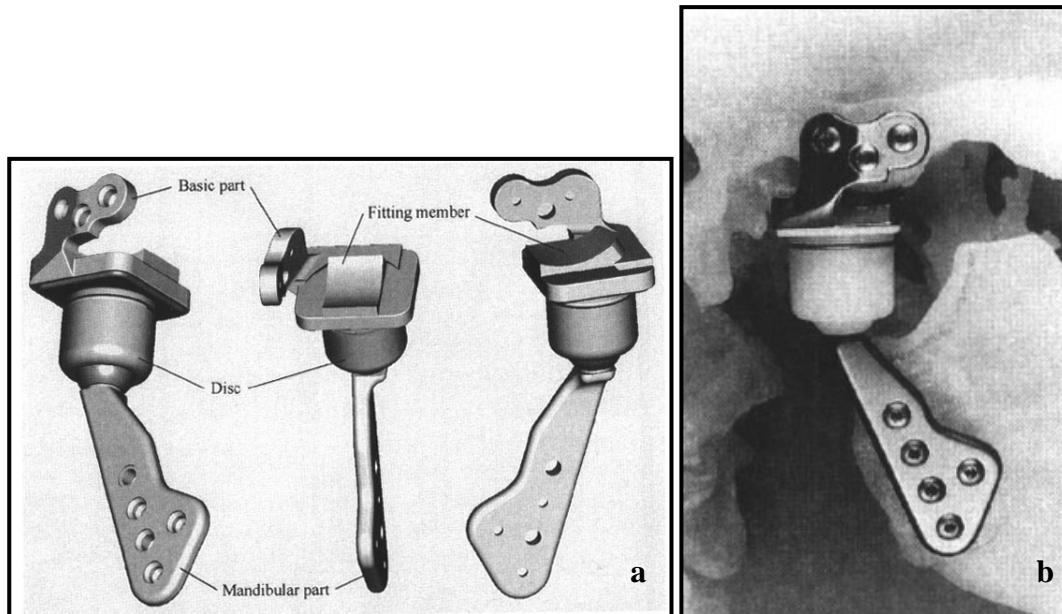


Abbildung 31: Totale Groningen Kiefergelenkendoprothese (veröffentlicht in: Int J Oral Maxillofac Surg, van Loon et al., Groningen temporomandibular joint prosthesis. Development and first clinical application, p. 48, Copyright by Elsevier (2002)):

a Der Fossa-Ersatz bestand aus zwei miteinander verbundenen, konfektionierten Prothesenteilen („fitting member“ und „basic part“). Der im Durchmesser 5mm starke Diskus umfasste den sphärischen Kondylenkopf, so dass durch mögliche Bewegungen an der oberen und unteren Oberfläche des Diskus eine Doppelartikulation ermöglicht wurde.

b Die Fossa wurde über den „basic part“ dreifach angeschraubt, während der mandibuläre Schaft mit fünf Knochenschrauben befestigt wurde.

Tabelle 3: Überblick über Indikationen und Komplikationen bei klinischer Anwendung der verschiedenen totalen Kiefergelenkendoprothesen

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Christensen [Quinn 1995]	seit 1965	?	Fossa: Cr-Co Kondylus: Cr-Co + PMMA	42 (?)	2,7	allergische Reaktion; Ankylose; Fraktur der Kondylus-Prothese
Kiehn [Kiehn et al. 1979]	1974-1979	Ankylose; Neoplasma; Arthritis; Infektion; Schmerz	Fossa: Cr-Co Kondylus: Cr-Co + PMMA	? (27)	1-4	Infektion (1 Fall); perkutane Erosion (1 Fall); Lockerung der Prothese (1 Fall); Schmerz (2 Fälle)

Tabelle 3 (Fortsetzung 1)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Kent [Kent et al. 1986 a]	1981-1982	Ankylose; Tumor; Trauma; degenerative Veränderung; rheumatische Arthritis	Fossa: Proplast I + Teflon FEP + Teflon PTFE Kondylus: Cr-Co-Mb	29 (18); davon 6 alleiniger Fossa-Ersatz	4,8	Infektion (4 Fälle); Erosion (4 Fälle); Dislokation (2 Fälle)
Kent [Kent et al. 1986 a]	1982-1986	Ankylose; Tumor; Trauma; degenerative Veränderung; rheumatische Arthritis	Fossa: Proplast II + Teflon FEP Kondylus: Cr-Co-Mb	163 (109); davon 53 alleiniger Fossa-Ersatz	3,8	Infektion (2 Fälle); Erosion (2 Fälle); fibrose Ankylose (2 Fälle); Dislokation des nat. Kondylus (1 Fall); Schmerz (5 Fälle)

Tabelle 3 (Fortsetzung 2)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Kent [Kent et al. 1993 a, b]	1982-1986	Ankylose; Tumor; idiopathische, traumatische, rheumatische, degenerative, iatogene Gelenkerkrankung	Fossa: Proplast II + Teflon FEP Kondylus: Cr-Co-Mb	85 (?) Cr-Co-Mb	10 6	Materialversagen von Teflon FEP (24 Fälle); Ankylose (9 Fälle); Schmerz (10 Fälle) Ankylose (12 Fälle); Schmerz (8 Fälle)
Kent [Kent et al. 1993 a, b]	1986-1990	Ankylose; Tumor; idiopathische, traumatische, rheumatische, degenerative, iatogene Gelenkerkrankung	Fossa: Proplast- Hydroxylapatit + UHMWPE Kondylus: Cr-Co-Mb	116 (?) Cr-Co-Mb	6 6	Ankylose (12 Fälle); Schmerz (8 Fälle)

Tabelle 3 (Fortsetzung 3)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Sonnenburg [Sonnenburg and Sonnenburg 1985 a]	1972-1982	Ankylose; Neoplasma; Trauma; Arthropathie	Cr-Co-Mb (Wisi)	9 (6)	2-6	Infektion (2 Fälle); schlechter Sitz des Kondylus (1 Fall); schlechte Formgebung der Prothese (1 Fall); Fazialisparese (2 Fälle)
Sonnenburg [Sonnenburg and Sonnenburg 1990]	1983-?	Ankylose; Neoplasma; Trauma; Arthropathie	Fossa: Polyethylen Kondylus: Ti-Pd	16 (12)	1-5	Infektion (1 Fall)

Tabelle 3 (Fortsetzung 4)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Techmedica/TMJ Concepts [Mercuri et al. 2007]	1990-2004	Arthritis; Ankylose; voroperierte Kiefergelenke; Knochenresorption; Trauma; angeborene Fehlbildungen	Fossa: Titan + UHMWPE Kondylus: Cr-Co-Mb Schaft: kommerziell reines Titan oder Ti6Al4V	102 (61)	0-14	Schmerz und Schwellung (1 Fall)

Tabelle 3 (Fortsetzung 5)

Design der Prothese	Gebrauchs- periode	Indikation	Material	Anzahl der evaluierten Prothesen (Patienten)	Beobachtungs- zeitraum in Jahren	Komplikationen
Titan/Titan-Nitrid (TTN-TMI) Kiefer-gelenkprothese [Büttow et al. 2001]	1992-?	Osteoarrose; rheumatische Arthritis; Frakturen; Ankylose; intrakapsuläre Krankheitsbilder	reines Titan; Überzug der artikulierenden Oberflächen mit Titan Nitrid	? (27)	0,3-6	Schmerz, Schwellung und eingeschränkte Beweglichkeit (3 Fälle; bedingt durch zuvor angewandtes Teflon-Proplast oder Silikon)
Biomet-Lorenz [Quinn 2000]	seit 1995	voroperierte Kiefergelenke; degenerativ veränderte, resorbierende Gelenke	Fossa: UHMWPE Kondylus: Cr-Co oder Titanlegierung	69 (50)	3	Meningitis (1 Fall)

5 Schlussfolgerungen

- Die alloplastische Kiefergelenkrekonstruktion findet ihre Indikation bei potentieller Schädigung eines autogenen Transplantates durch eine vorbestehende Erkrankung oder Rezidivgefahr, insbesondere bei vielfach voroperierten Patienten, bei qualitativ und quantitativ unzureichendem Spendermaterial oder wenn der reduzierte Allgemeinzustand des Patienten eine möglichst kurze Operationszeit erfordert.
- Die Vielzahl der in der Literatur beschriebenen Prothesentypen, von denen sich bisher keiner als Standard durchsetzen konnte, macht deutlich, dass die Ergebnisse nach alloplastischer Rekonstruktion eines Kiefergelenkes bis heute noch nicht als zufrieden stellend betrachtet werden können.
- Der reine Kondylusersatz wird als temporärer Kiefergelenkersatz in der ablativen Chirurgie - insbesondere in Europa - bevorzugt, kann aber in Ausnahmefällen auch als langfristiger Ersatz dienen. In der Regel sollte er spätestens nach zwei Jahren gegen ein autogenes Knochentransplantat ausgetauscht werden. Dieser Funktion kommt die Bezeichnung „Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf“ näher als der eine permanente Rekonstruktion zum Ausdruck bringende Begriff „Kiefergelenkhalbendoprothese“.

- Beim singulären Ersatz des Kondylus sollte der Discus articularis nach Möglichkeit belassen und bei fehlender Erhaltungsfähigkeit die Fossa glenoidalis autogen ausgekleidet werden.
- Prothesen zum singulären Ersatz der Fossa und Prothesen zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz werden empfohlen, wenn die Gelenkpfanne aufgrund von orofazialen Funktionsstörungen besonders belastet wird. Bei chronisch-degenerativen Erkrankungen, Arthritiden und mehrfach voroperierten Schmerzpatienten wird in Europa im Vergleich zu den USA, wo Chirurgen immer noch mit den Folgen der fehlgeschlagenen Anwendung von Teflon/Proplast und Silikon konfrontiert werden, sehr zurückhaltend chirurgisch interveniert.
- Vergleichende Langzeitstudien zur funktionellen und ästhetischen Wertigkeit der einzelnen Prothesentypen und der unterschiedlichen Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf liegen bis heute nur vereinzelt vor, so dass kein Modell innerhalb der drei Gruppen favorisiert werden kann.
- Individuell angefertigte Kiefergelenkendoprothesen scheinen den im Vergleich zum konfektionierten Kiefergelenkersatz logistischen und finanziellen Mehraufwand nur in Ausnahmefällen zu rechtfertigen.
- Insgesamt bestimmen Indikation und Ausmaß der Resektion die Wahl der geeigneten Gruppe des alloplastischen Kiefergelenkersatzes. Innerhalb der drei Gruppen obliegt der ausgewählte Prothesentyp individuellen Präferenzen.

6 Zusammenfassung

Die Vielzahl der in der Literatur beschriebenen und derzeit zur Verfügung stehenden Kiefergelenkendoprothesen und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf steht im Widerspruch zu ihrer seltenen Anwendung und verdeutlicht, dass die Ergebnisse nach alloplastischer Rekonstruktion des Kiefergelenkes bis heute noch nicht als zufriedenstellend betrachtet werden können.

Aktuell wird zwischen Prothesen zum singulären Ersatz der Fossa, Prothesen und Rekonstruktionsplatten zum alleinigen Ersatz des Kondylus und Prothesen zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz unterschieden. Prothesen zum singulären Ersatz der Fossa und Prothesen zum kombinierten Fossa-Kondylus-Ersatz werden bei besonderer Belastung der Gelenkpfanne (chronisch-degenerative Erkrankungen, Arthritiden, mehrfach voroperierte Schmerzpatienten) empfohlen. Der reine Kondylusersatz wird als temporärer Kiefergelenkersatz in der ablativen Chirurgie bevorzugt und sollte nur in Ausnahmefällen - möglichst unter Erhalt des Discus articularis - als langfristiger Ersatz dienen. Dies wird durch den Terminus „Rekonstruktionsplatte mit Gelenkkopf“ besser zum Ausdruck gebracht als durch den eine permanente Rekonstruktion implizierenden Begriff „Kiefergelenkhalbendoprothese“.

Da vergleichende Langzeitstudien zur funktionellen und ästhetischen Wertigkeit der einzelnen Prothesentypen und Rekonstruktionsplatten mit Gelenkkopf fehlen, fällt es schwer, bei gleicher Indikationsstellung einzelne Modelle innerhalb der drei Gruppen zu favorisieren. Hier obliegt die Wahl individuellen Präferenzen.

7 Literaturverzeichnis

1. AAOMS (1993) Recommendations for management of patients with temporomandibular joint implants. *J Oral Maxillofac Surg* 51: 1164-1171
2. Barker TM, Earwaker WJ, Lisle DA (1994) Accuracy of stereolithographic models of human anatomy. *Australas Radiol* 38: 106-111
3. Boyne PJ, Mathews FR, Stringer DE (1987) TMJ bone remodeling after polyoxymethylene condylar replacement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2: 29-33
4. Bronstein SL (1987) Retained alloplastic temporomandibular joint disk implants: a retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 64: 135-145
5. Bütow KW, Blackbeard GA, van der Merwe AEA (2001) Titanium/titanium nitride temporomandibular joint prosthesis : historical background and a six-year clinical review. *South African Dental Journal* 56: 370-376
6. Burel JP, van Reck J (1997) Les prothèses d'articulation temporo-mandibulaires. Une étude retrospective depuis 1947. *Acta Stomatol Belg* 94: 9-21
7. Carlson ER (2002) Disarticulation resections of the mandible: a prospective review of 16 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 60: 176-181

8. Chase DC, Hudson JW, Gerard DA, Russell R, Chambers K, Curry JR, Latta JE, Christensen RW (1995) The Christensen prosthesis. A retrospective clinical study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 80: 273-278
9. Chassagne JF, Flot F, Stricker M, Dinh-Doan G, Briche D, Nouri K (1990) Prothèse totale intermédiaire d'articulation temporo-mandibulaire (A.T.M.). Bilan après 6 ans. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 91: 423-429
10. Christensen RW (1963) The correction of mandibular ankylosis by arthroplasty and the insertion of a cast vitallium glenoid fossa: a new technique. A preliminary report of three cases. *Am J Orthop* 5: 16-2
11. Christensen RW (1964) Mandibular joint arthrosis corrected by the insertion of a cast-Vitallium glenoid fossa prosthesis: a new technique. Report of a case. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 17: 712-722
12. Christensen RW (1971) The temporomandibular joint prosthesis eleven years later. *Oral Implantol* 2: 125-133
13. Christensen RW (2004) Comparison of 2 temporomandibular joint total joint prosthesis systems. *J Oral Maxillofac Surg* 62: 262-264
14. Christensen RW, Alexander R, Curry JT, Christensen MS, Dollar JV (2004) Hemi and total TMJ reconstruction using the Christensen prostheses: a retrospective and prospective evaluation. In: Szabo Z, Lewis JE and Fantini GA (eds) *Surgical Technology International*. Universal Medical, San Francisco, pp 292-303

15. Dimitroulis G (2005 a) The role of surgery in the management of disorders of the temporomandibular joint: a critical review of the literature. Part 1. Int J Oral Maxillofac Surg 34: 107-113
16. Dimitroulis G (2005 b) The role of surgery in the management of disorders of the temporomandibular joint: a critical review of the literature. Part 2. Int J Oral Maxillofac Surg 34: 231-237
17. Dolwick MF, Aufdemorte TB (1985) Silicone-induced foreign body reaction and lymphadenopathy after temporomandibular joint arthroplasty. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 59: 449-452
18. Driemel O, Buch RS, Dammer R, Reicheneder C, Reichert TE, Pistner H (2005) Metallische Halbendoprothesen zum Ersatz des Kiefergelenkkopfes. Vergleich funktioneller und ästhetischer Langzeitergebnisse mit und ohne Rekonstruktion. Mund Kiefer Gesichtschir 9: 71-79
19. Driemel O, Carlson ER, Müller-Richter U, Moralis A, Lienhard S, Wagener H, Reichert TE (2007) Neu entwickeltes Kiefergelenkkopfimplantat zur temporären Kondylusrekonstruktion in der ablativen Tumorchirurgie. Mund Kiefer Gesichtschir (submitted)
20. Driemel O, Reichert TE (2007) Letter to the editor. Condylar replacement alone is not sufficient for prosthetic reconstruction of the temporomandibular joint. Int J Oral Maxillofac Surg (Epub ahead of print)

21. Eggers GWN (1946) Arthroplasty of the temporomandibular joint in children with interposition of tantalum foil; a preliminary report. *J Bone Joint Surg* 28: 603-606
22. Eriksson L, Westesson PL (1986) Deterioration of temporary silicone implant in the temporomandibular joint: a clinical and arthroscopic follow-up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 62: 2-6
23. Feinerman DM, Piecuch JF (1993) Long-term retrospective analysis of twenty-three Proplast-Teflon temporomandibular joint interpositional implants. *Int J Oral Maxillofac Surg* 22: 11-16
24. Flot F, Stricker M, Chassagne JF (1984) Place de la prothèse intermédiaire à cupule non scellée dans la chirurgie reconstructive de l' articulation temporo-mandibulaire. *Ann Chir Plast Esthét* 29: 253-255
25. Flot F, Chassagne JF, Stricker M, Meley M, Maxant P (1985) Reconstruction de l'articulation temporo-mandibulaire par prothèse totale intermédiaire. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 86: 340-347
26. Fontenot MG (1995) Temporomandibular joint devices: past, present and future. In: Sessle BI, Bryant PS and Dionne RA (eds) *Temporomandibular disorders and related pain conditions*. IASP, Seattle, pp 309-322

27. Garrett WR, Abbey PA, Christensen RW (1997) Temporomandibular joint reconstruction with a custom total temporomandibular joint prosthesis: Use in the multiply operated patient. In: Szabo Z, Lewis JE, Fantini GA (eds) *Surgical Technology International*. Universal Medical, San Francisco, pp 347-354
28. Gerard DA, Hudson JW (2000) The Christensen temporomandibular joint prosthesis system. An overview. In: Donlon WC (ed) *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. Total temporomandibular joint reconstruction. Saunders, Philadelphia, pp 61-72
29. Goodsell JO (1947) Tantalum in temporomandibular arthroplasty. *J Oral Surg* 5: 41-45
30. Hahn GW (1964) Vitallium mesh mandibular prosthesis. *J Prosthet Dent* 14: 777-784
31. Hahn GW, Corgill DA (1969) Chrome cobalt mesh mandibular prosthesis. *J Oral Surg* 27: 5-10
32. Hinds EC, Homsy CA, Kent JN (1974) Use of a biocompatible interface for binding tissues and prostheses in temporomandibular joint surgery. Follow-up report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 38: 512-519
33. Hoffman DC, Pappas MJ (2000) Hoffman-Pappas Prosthesis. In: Donlon WC (ed) *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. Total temporomandibular joint reconstruction. Saunders, Philadelphia, pp 105-124

34. Hohmann A, Wilson K, Nelms CRJ (1983) Surgical treatment in temporomandibular joint trauma. *Otolaryngol Clin North Am* 16: 549-562
35. Homsy CA (1991) Further lessons about the Proplast-Teflon TMJ implant. *J Oral Maxillofac Surg* 49: 1361-1362
36. Kashi A, Saha S, Christensen RW (2006) Temporomandibular joint disorders: artificial joint replacements and future research needs. *J Long Term Eff Med Implants* 16: 459-474
37. Kent JN, Homsy CA, Gross BD, Hinds EC (1972) Pilot studies of a porous implant in dentistry and oral surgery. *J Oral Surg* 30: 608-615
38. Kent JN, Misiek DJ, Akin RK, Hinds EC, Homsy CA (1983) Temporomandibular joint condylar prosthesis: a ten-year report. *J Oral Maxillofac Surg* 41: 245-254
39. Kent JN, Block MS, Homsy CA, Prewitt JM, Reid R (1986 a) Experience with a polymer glenoid fossa prosthesis for partial or total temporomandibular joint reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 520-533
40. Kent JN, Carlton DM, Zide MF (1986 b) Rheumatoid disease and related arthropathies. II. Surgical rehabilitation of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 61: 423-439
41. Kent JN, Block MS, Halpern J, Fontenot MG (1993 a) Update on the Vitek partial and total temporomandibular joint systems. *J Oral Maxillofac Surg* 51: 408-415

42. Kent JN, Block MS, Halpern J, Fontenot MG (1993 b) Long-term results on VK partial and total temporomandibular joint systems. *J Long Eff Med Implants* 3: 29-40
43. Kiehn CL, DesPrez JD, Converse CF (1974) A new procedure for total temporomandibular joint replacement. *Plast Reconstr Surg* 53: 221-226
44. Kiehn CL, DesPrez JD, Converse CF (1979) Total prosthetic replacement of the temporomandibular joint. *Ann Plast Surg* 2: 5-15
45. Klotch DW, Lindqvist C, Schusterman M, Prein J (1998) Reconstructive tumor surgery in the mandible. In: Prein J (ed) *Manual of internal fixation in the cranio-facial skeleton*. Springer, Berlin, pp 155-184
46. Kolk A, Sader R, Zeilhofer HF, Westermark A, Horch HH (2003) Zum Einsatz der Quinn-Lorenz-Kiefergelenkprothese bei der Behandlung der schweren deformierenden Arthropathie. *J Dtsch Ges Plast Wiederherstellungs chir* 27: 45-48
47. Kriens O (1973) Die indirekte Fossa-articularis-Plastik bei Kiefergelenksankylose. Ein vorläufiger Bericht. *Dtsch Zahnärztl Z* 28: 433-437
48. Kryshalskyj B (1990) Total prosthetic joint replacement for the end-stage of TMJ disease. *Ont Dent* 67: 25-29

49. Kummoona R (1978) Functional rehabilitation of ankylosed temporomandibular joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 46: 495-505
50. Lagrotteria L, Scapino R, Granston AS, Felgenhauer D (1986) Patient with lymphadenopathy following temporomandibular joint arthroplasty with Proplast. *Cranio* 4: 172-178
51. Lemons JE (2000) Biomaterials and orthopedic considerations for endoprostheses. In: Donlon WC (ed) *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. Total temporomandibular joint reconstruction. Saunders, Philadelphia, pp 43-55
52. Lill W, Solar P, Ulm C, Watzek G, Blahout R, Matejka M (1992) Reproducibility of three-dimensional CT-assisted model production in the maxillofacial area. *Br J Oral Maxillofac Surg* 30: 233-236
53. Lindqvist C, Söderholm AL, Hallikainen D, Sjovall L (1992) Erosion and heterotopic bone formation after alloplastic temporomandibular joint reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 50: 942-949
54. Lindqvist C, Söderholm AL, Hallikainen D (2002) Problems related to mandibular condylar prosthesis. In: Greenberg AM, Prein J (eds) *Craniomaxillofacial reconstructive and corrective bone surgery*. Springer, Berlin, pp 377-388

55. McBride KL (1994) Total temporomandibular joint reconstruction. In: Worthington P and Evans JR (eds) *Controversies in oral & maxillofacial surgery*. Saunders, Philadelphia, pp 381-396
56. McLeod NMH, Saeed NR, Hensher R (2001) Internal derangement of the temporomandibular joint treated by discectomy and hemi-arthroplasty with a Christensen fossa-eminence prosthesis. *Br J Oral Maxillofac Surg* 39: 63-66
57. Meier JK, Staudenmaier R, Kleinsasser N, Reichert TE, Driemel O (2007) Vor- und Nachteile der Kiefergelenkrekonstruktion mittels einer metallischen Kondylenplatte. *HNO* (submitted)
58. Mercuri LG (1992) Measurement of the heat of reaction transmitted intracranially during polymerization of methylmethacrylate cranial bone cement used in stabilization of the fossa componenet of an alloplastic temporomandibular joint prosthesis. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 74: 137-142
59. Mercuri LG, Wolford LM, Sanders B, White RD, Hurder A, Henderson W (1995) Custom CAD/CAM total temporomandibular joint reconstruction system: preliminary multicenter report. *J Oral Maxillofac Surg* 53: 106-115
60. Mercuri LG (1996) The Christensen prosthesis. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 81: 134-135
61. Mercuri LG (1998) Alloplastic temporomandibular joint reconstruction. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 85: 631-637

62. Mercuri LG (2000 a) The use of alloplastic prostheses for temporomandibular joint reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 58: 70-75
63. Mercuri LG (2000b) The TMJ Concepts patient fitted total temporomandibular joint reconstruction prosthesis. In: Donlon WC (ed) *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. Total temporomandibular joint reconstruction. Saunders, Philadelphia, pp 73-91
64. Mercuri LG, Wolford LM, Sanders B, White RD, Giobbie-Hurder A (2002) Long-term follow-up of the CAD/CAM patient fitted total temporomandibular joint reconstruction system. *J Oral Maxillofac Surg* 60: 1440-1448
65. Mercuri LG (2006) Letter to the editor. The role of surgery in the management of disorders of the temporomandibular joint: a critical review of the literature. Part 2. *Int J Oral Maxillofac Surg* 35: 284-286
66. Mercuri LG, Edibam NR, Giobbie-Hurder A (2007) 14-year follow-up of a patient fitted total temporomandibular joint reconstruction system. *J Oral Maxillofac Surg* 65 : 1140-1148
67. Momma WG (1977) Erste Ergebnisse mit einem alloplastischen Kiefergelenkersatz einschließlich Pfanne. *Dtsch Zahnärztl Z* 32: 326-328
68. Momma WG (1978) Kombinierte autoplastisch-alloplastische Rekonstruktion des Unterkiefers nach Hemimandibulektomie mit Exartikulation. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 23: 141-143

69. Morgan DH (1971) Dysfunction, pain, tinnitus, vertigo corrected by mandibular joint surgery. *J South Calif Dent Assoc* 39: 505-534
70. Morgan DH (1975) Surgical correction of temporomandibular joint arthritis. *J Oral Surg* 33: 766-773
71. Morgan DH (1988) Evaluation of alloplastic TMJ implants. *Cranio* 6: 224-238
72. Morgan DH (1992) Development of alloplastic materials for temporomandibular joint prosthesis: a historical perspective with clinical illustrations. *Cranio* 10: 192-204
73. Pape HD, Koberg W (1968) Funktion des Restkiefes nach Unterkieferresektion. In: Schuchhardt K (Hrsg) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*, Bd 13. Thieme, Stuttgart, S 222-227
74. Park J, Keller EE, Reid KI (2004) Surgical management of advanced degenerative arthritis of temporomandibular joint with metal fossa-eminence hemijoint replacement prosthesis: an 8-year retrospective pilot study. *J Oral Maxillofac Surg* 62: 320-328
75. Pitta MC, Wolford LM (2001) Use of acrylic spheres as spacers in staged temporomandibular joint surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 59: 704-706

76. Prein J (2002) Condylar prosthesis for the replacement of the mandibular condyle. In: Greenberg AM and Prein J (eds) Craniomaxillofacial reconstructive and corrective bone surgery. Principles of internal fixation using the AO/ASIF technique. Springer, Berlin, pp 372-376
77. Quinn PD (1995) Total TMJ reconstruction with alloplasts: An overview. *J Oral Maxillofac Surg* 53 (suppl): 55
78. Quinn PD (1998) Color Atlas of Temporomandibular Joint Surgery. Mosby, Philadelphia, p 170
79. Quinn PD (2000) Lorenz Prosthesis. In: Donlon WC (ed) Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. Total temporomandibular joint reconstruction. Saunders, Philadelphia, pp 93-104
80. Raveh J, Stich H, Schawalder P, Sutter F, Straumann F (1980) Konservative und chirurgische Maßnahmen zur Wiederherstellung der Kiefergelenkfunktion und neue Möglichkeiten und Methoden zur Defektüberbrückung am Unterkiefer. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 90: 932-948
81. Raveh J, Geering AH, Sutter F, Stich H (1982) Erste Erfahrungen mit einer neuen Kiefergelenkprothese. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 92: 681-689
82. Raveh J, Vuillemin T, Ladrach K, Sutter F (1989) Temporomandibular joint ankylosis: surgical treatment and long-term results. *J Oral Maxillofac Surg* 47: 900-906

83. Reich RH (2000) Konservative und chirurgische Behandlungsmöglichkeiten bei Kiefergelenkerkrankungen. Mund Kiefer Gesichtschir 4: 392-400
84. Ridson FE (1934) Ankylosis of the temporomaxillary joint. Am Dent Assoc J 21: 1933-1937
85. Robinson M (1960) Temporomandibular ankylosis corrected by creating a false stainless steel fossa. J South Calif Dent Assoc 28: 186-189
86. Robinson M (1968) Temporomandibular ankylosis corrected by creating a false silastic sponge fossa. J South Calif Dent Assoc 36: 14-16
87. Saeed NR, McLeod NM, Hensher R (2001) Temporomandibular joint replacement in rheumatoid-induced disease. Br J Oral Maxillofac Surg 39: 71-75
88. Schmoker R, Eulenberger J, Spiessl B, Mathys R (1977) Entwicklung und tierexperimentelle Untersuchung einer Kieferköpfchenprothese. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 1: 86-92
89. Schmoker R, Allmen G von, Tschopp HM (1981) Der künstliche Ersatz des Kiefergelenks. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 91: 222-223
90. Schmoker RR (1983) Mandibular reconstruction using a special plate. Animal experiments and clinical application. J Maxillofac Surg 11: 99-106

91. Silver CM, Motamed M, Carlotti AEJ (1977) Arthroplasty of the temporomandibular joint with use of a vitallium condyle prosthesis: report of three cases. *J Oral Surg* 35: 909-914
92. Smith AE, Robinson M (1957) A new surgical procedure for the creation of a false temporomandibular joint in cases of ankylosis by means of non-electrolytic metal. *Am J Surg* 94: 837-845
93. Sonnenburg I, Fethke K, Sonnenburg M (1984) Zur Druckbelastung des Kiefergelenks-eine experimentelle Studie. *Anat Anz* 155: 309-315
94. Sonnenburg I, Sonnenburg M (1985 a) Total condylar prosthesis for alloplastic jaw articulation replacement. *J Maxillofac Surg* 13: 131-135
95. Sonnenburg I, Sonnenburg M (1985 b) Totalersatz des Kiefergelenkes durch alloplastisches Material. 3. Mitteilung. *Stomatol DDR* 35: 714-718
96. Sonnenburg M, Sonnenburg I (1990) Development and clinical application of the total temporomandibular joint (T.M.J.) endoprosthesis. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 91: 165-169
97. Spagnoli D, Kent JN (1992) Multicenter evaluation of temporomandibular joint Proplast-Teflon disk implant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 74: 411-421

98. Speculand B, Hensher R, Powell D (2000) Total prosthetic replacement of the TMJ: experience with two systems 1988-1997. *Br J Oral Maxillofac Surg* 38: 360-369
99. Spiessl B (1976) Erste Erfahrungen mit einer Kiefergelenkprothese. In: Schuchardt K, Pfeifer G (Hrsg) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichts-Chirurgie* Bd 21. Thieme, Stuttgart, S 119-121
100. Spiessl B (1989) Partial Prosthetic Arthroplasty. In: Spiessl B (ed) *Internal fixation of the mandible*. Springer, Berlin, S 326-332
101. Stricker M, Chassagne JF, Flot F (1990) La reconstruction de l'articulation temporo-mandibulaire (A.T.M.) et ses alternatives. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 91: 158-164
102. Timmis DP, Aragon SB, van Sickels JE, Aufdemorte TB (1986) Comparative study of alloplastic materials for temporomandibular joint disc replacement in rabbits. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 541-554
103. Trumpy IG, Lyberg T (1993) In vivo deterioration of proplast-teflon temporomandibular joint interpositional implants: a scanning electron microscopic and energy-dispersive X-ray analysis. *J Oral Maxillofac Surg* 51: 624-629

104. Trumpy IG, Roald B, Lyberg T (1996) Morphologic and immunohistochemical observation of explanted Proplast-Teflon temporomandibular joint interpositional implants. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 63-68
105. Tyndall DA, Renner JB, Philips C, Matteson SR (1992) Positional changes of the mandibular condyle assessed by three-dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 50: 1164-1172
106. Valentine JDJ, Reiman BE, Beuttenmuller EA, Donovan MG (1989) Light and electron microscopic evaluation of Proplast II TMJ disc implants. *J Oral Maxillofac Surg* 47: 689-696
107. van Loon JP, de Bont GM, Boering G (1995) Evaluation of temporomandibular joint prostheses: review of the literature from 1946 to 1994 and implications for future prosthesis designs. *J Oral Maxillofac Surg* 53: 984-996
108. van Loon JP, Falkenström CH, de Bont LG, Verkerke GJ, Stegenga B (1999) The theoretical optimal center of rotation for a temporomandibular joint prosthesis: a three-dimensional kinematic study. *J Dent Res* 78: 43-48
109. van Loon JP, Verkerke GJ, de Vries MP, de Bont LG (2000) Design and wear testing of a temporomandibular joint prosthesis articulation. *J Dent Res* 79: 715-721

110. van Loon JP, de Bont LG, Stegenga B, Spijkervet FK, Verkerke GJ (2002) Groningen temporomandibular joint prosthesis. Development and first clinical application. *Int J Oral Maxillofac Surg* 31: 44-52
111. Vuillemin T, Raveh J, Sutter F (1989) Mandibular reconstruction with the THORP condylar prosthesis after hemimandibulectomy. *J Craniomaxillofac Surg* 17: 78-87
112. Westermark AH, Koppel D, Leiggner C (2006) Condylar replacement alone is not sufficient for prosthetic reconstruction of the temporomandibular joint. *Int J Oral Maxillofac Surg* 30: 1-5
113. Wolford LM, Cottrell DA, Henry CH (1994) Temporomandibular joint reconstruction of the complex patient with the Techmedica custom-made total joint prosthesis. *J Oral Maxillofac Surg* 52: 2-10
114. Wolford LM, Pitta MC, Reiche-Fischel O, Franco PF (2003) TMJ Concepts/Techmedica custom-made TMJ total joint prosthesis: 5-year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 32: 268-274

Danksagung

Gedankt soll an dieser Stelle all jenen sein, die durch ihre Hilfe und Unterstützung das Zustandekommen dieser Arbeit ermöglicht haben:

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Oliver Driemel, Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Klinikums der Universität Regensburg, für die Überlassung des Themas, das zur Verfügung gestellte Bildmaterial, sowie die ununterbrochene Unterstützung und wertvolle Kritik bei der Erstellung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Torsten E. Reichert, Direktor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Klinikums der Universität Regensburg, danke ich für die Durchsicht der Arbeit sowie die konstruktiven Korrekturvorschläge.

Herrn Dr. rer. nat. Helge Knüttel, Fachreferent der Teilbibliothek Medizin der Universität Regensburg, danke ich herzlich für seine außerordentliche Unterstützung bei der Literaturrecherche und Datenverwaltung. Sein engagierter Einsatz war mir stets eine große Hilfe.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Rudolf Reich, Direktor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, danke ich für seine wertvollen Anregungen, welche – basierend auf seiner langjährigen Erfahrung im Bereich des alloplastischen Kiefergelenkersatzes – in mir immer wieder neu das Interesse am Thema meiner Dissertation vertiefen konnten.

Desweiteren möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Martin Kunkel, Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Ruhr-Universität Bochum, sowie Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Urs D. A. Müller- Richter, Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, für das Korrekturlesen bei Erstellung des Manuskriptes bedanken.

Herrn Dr. med. Johannes Meier und Herrn Alexander Beck danke ich für ihre motivierende Unterstützung und ihren freundschaftlichen Rat bei vielen Diskussionen in der Arbeitsgruppe.

Nicht zuletzt gilt mein Dank Herrn Robert W. Christensen DDS (Golden, CO, USA), Herrn Prof. Dr. F. Flot (Nancy, Frankreich), Herrn Dr. Jan-Paul van Loon (Groningen, Niederlande), Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Joram Raveh (Bern, Schweiz) und Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Michael Sonnenburg (Güstrow) für die Überlassung wertvollen Bildmaterials, welches die vorliegende Arbeit nicht nur abwechslungsreicher, sondern auch anschaulicher gestalten ließ.

Lebenslauf von Stefan Braun

22.9.1982	geboren in Weiden in der Oberpfalz als Sohn des Zahnarztes Dr. Karl Braun und seiner Ehefrau, der Fachzahnärztin für Kieferorthopädie Dr. Christina Braun
1988-1992	Besuch der Pestalozzi – Grundschule in Weiden
1992-2001	Besuch des Augustinus-Gymnasiums Weiden
2001	Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife
2001-2002	Ableistung des Wehrdienstes bei der Deutschen Bundeswehr in Horb am Neckar und Neunburg vorm Wald
2002	Aufnahme des Studiums der Zahnmedizin an der Universität Regensburg zum Sommersemester 2002; Aufnahme des Zweitstudiums der Humanmedizin an der Universität Regensburg zum Wintersemester 2002/2003
2002	Aufnahme in die Studienstiftung des Deutschen Volkes
2004	Ärztliche Vorprüfung
2005	Zahnärztliche Vorprüfung
2007	Zahnärztliche Prüfung
17.12.2007	Approbation als Zahnarzt
Seit 1.2.2008	Zahnärztlicher Vorbereitungsassistent in der Praxis Dr. Karl Braun, Weiden