

Andreas Filippi | Michelle Simonek | Fabio Saccardin (Hrsg.)

copyright by
not for publication
Quintessenz

ZAHNTRANSPLANTATION RELOADED



 QUINTESSENCE PUBLISHING



Wir leisten einen Beitrag zu Wiederaufforstungsmaßnahmen und unterstützen im Rahmen unserer ökologischen Verantwortung die globalen Wiederaufforstungsprojekte von One Tree Planted.



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir im Buch auf die gleichzeitige Verwendung männlicher, weiblicher und weiterer Geschlechterformen verzichtet. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung der jeweils anderen Geschlechter. Personen- und Berufsbezeichnungen sind daher in der Regel als geschlechtsneutral zu verstehen.

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.ddb.de> abrufbar.



Postfach 42 04 52; D-12064 Berlin
Ifenpfad 2-4, D-12107 Berlin
© 2026 Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat, Herstellung und Reproduktionen:
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

ISBN: 978-3-86867-785-0
Printed in Croatia

Vorwort



Die zahnerhaltende Chirurgie hat in den letzten 20 Jahren eindrucksvolle Fortschritte gemacht. Nachdem in der zahnärztlichen Implantologie der Hype der 1980er-Jahre längst abgeklungen ist und Probleme wie Periimplantitis, nicht perfekt dreidimensional gesetzte Implantate, Grenzen der vertikalen Augmentation, minderwertige Produkte und ein Wildwuchs von Titanschrauben zunehmend in den Fokus rückten, gab es eine beeindruckende Renaissance der zahnerhaltenden Chirurgie. Wurzelspitzerektion, intentionelle Replantation und Transreplantation zeigen durch eine enorme Weiterentwicklung heute Erfolgsraten, die keinesfalls schlechter sind, als die von Implantaten.

Die Königsdisziplin der zahnerhaltenden Chirurgie ist und bleibt jedoch die Zahntransplantation. Es gibt bis heute im Rahmen der Zahnerhaltung nichts Perfekteres, als einen nicht erhaltungswürdigen oder nie angelegten bleibenden Zahn durch Verpflanzung eines anderen Zahns zu ersetzen, der noch nie in Kontakt mit Bakterien kam. Nach Abschluss der parodontalen Heilung und (wenn möglich) nach Revaskularisation der Pulpa hat der Patient einen neuen, kariesfreien, parodontal gesunden, pulpavitalen (oder ggf. wurzelkanalbehandelten) und in der ästhetischen Zone (nach Kompositrekonstruktion) auch noch perfekt aussehenden Zahn, der genau die gleiche Lebenserwartung hat, wie jeder andere Zahn auch. Keine andere Versorgung in der Zahnmedizin, mit Ausnahme des kieferorthopädischen Lückenschlusses, zeigt solche (in zahlreichen Studien nachgewiesene) Langzeitergebnisse und Erfolgsraten. Dies ist insbesondere wichtig, weil die Behandlungen primär bei Kindern und Jugendlichen indiziert sind, die noch viele

Jahrzehnte mit ihrem transplantierten Zahn leben müssen und möchten.

Die Zahntransplantation ist ein Wahleingriff, bei dem der potenzielle Nutzen (neuer, kariesfreier, parodontal gesunder und pulpavitaler Zahn möglichst bis zum Lebensende) deutlich die möglichen Risiken überwiegen muss (Begleitverletzungen von Knochen und Weichgeweben, lokale Infektion von Pulpa und Parodont, Ankylose, Wurzelresorption, Verlust des Transplantats mit teilweise erheblichem resultierendem Knochenverlust, Nervläsionen im Unterkiefer, Verlust von keratinisierter Gingiva um das Transplantat und andere mehr). Diese einzelnen Risiken und somit auch das Gesamtrisiko können heute wirklich sehr gering gehalten werden; zu groß war der Wissenszuwachs in den letzten Jahren. Nicht nur eine gute Planung, sondern auch die entsprechenden operativen Kenntnisse und Fähigkeiten machen heute aus einer in den 1980er- und 1990er-Jahren fast in Vergessenheit geratenen Methode das coolste und bestmögliche Verfahren innerhalb der zahnerhaltenden Chirurgie.

Obwohl die Behandlungsergebnisse vorhersehbar und die Erfolgsraten hoch sind, gibt es leider zu wenige Kolleginnen und Kollegen, die regelmäßig und somit routiniert Zahntransplantationen durchführen, denn hohe Erfolgsraten korrelieren mit der Erfahrung der Operateure. Die Realität zumindest bei uns in Basel ist, dass Patientinnen und Patienten mit ihren Eltern teilweise hunderte Kilometer zurücklegen müssen, um eine entsprechende interdisziplinäre Therapie zu erhalten. Für Zahntransplantationen prädestiniert wären chirurgisch aus- oder weitergebildete Kolleginnen und Kollegen, die nicht nur Titanschrauben in den Knochen drehen

Vorwort

möchten, sondern auch ein Verständnis für Strukturen wie Pulpa, Parodont und dentogingivalen Verschluss und am besten auch noch einen gewissen ästhetischen Anspruch haben.

Im vorliegenden Buch wurden alle wesentlichen Aspekte über die Zahntransplantation zusammengefasst, die von unserem Autorenteam in den letzten Jahren erarbeitet worden sind. Neben Mitgliedern unseres Zahnunfallzentrums konnten wir weitere Kolleginnen und Kollegen gewinnen, die mit ihrer Expertise und Fachkompetenz ebenfalls Teilbereiche im Themengebiet abdecken konnten.

Das vorliegende Buch soll kein klassisches Lehrbuch sein, das heute sowieso niemand mehr lesen möchte, sondern eine reich bebilderte Anleitung zur Zahntransplantation, die

vielleicht Lust macht, im eigenen Praxisumfeld solche Therapiekonzepte aufzubauen oder weiterzuentwickeln. Aus diesem Grund wurde auch die Zahl der Literaturstellen pro Kapitel auf ein absolutes Minimum reduziert. Bei Interesse nach mehr wissenschaftlichen Grundlagen sind eine PubMed-Recherche oder eine KI-Suche heutzutage sehr einfach.

Unser großer Dank gilt Anita Hattenbach und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Quintessenz-Verlags, die direkt oder indirekt an diesem Buch beteiligt waren.

Basel im März 2026

Andreas Filippi, Michelle Simonek und
Fabio Saccardin

Herausgeber

Prof. Dr. Andreas Filippi

Klinik für Oralchirurgie und Zahnunfallzentrum
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Michelle Simonek

Klinik für Oralchirurgie und Zahnunfallzentrum
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Fabio Saccardin

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Autoren

Dr. Michael Alfertshofer

Abteilung für Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Augustenburgerplatz 1
13353 Berlin
Deutschland

Dr. Bernard Bengs

Praxis für Endodontie Berlin-Mitte
Voxstr. 1
10785 Berlin
Deutschland

Dr. Claudio Alberto Bernardo Bianchetti

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Johannes Bolkart

HeidenSmile AG
Fachpraxis für Kieferorthopädie
Nelkenweg 3
9410 Heiden
Schweiz

Prof. Dr. Michael M. Bornstein

Klinik für Oral Health & Medicine
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz



Autoren

Dr. Dr. Ava Insa Bracher

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Barbara Carollo

Mühlestr. 3
6022 Großwangen
Schweiz

Prof. Dr. Thomas Connert

Klinik für Parodontologie, Endodontologie und
Kariologie und Zahnunfallzentrum
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Priv.-Doz. Dr. Florin Eggmann

Klinik für Parodontologie, Endodontologie und
Kariologie und Zahnunfallzentrum
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Cornelia Filippi

Klinik für Kinder- und Jugendzahnmedizin
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Florian Gebhart

Kieferorthopädische Praxis
Tal 14
80333 München
Deutschland

Dr. Valentin Herber

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Priv.-Doz. Dr. Simone F. M. Janner

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Sandra Kallab

Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und
Implantologie
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Theodor-Stern-Kai 7, Haus 29
60596 Frankfurt am Main
Deutschland

Prof. Dr. Gabriel Krastl

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
und Zahnunfallzentrum
Universitätsklinikum Würzburg
Pleicherwall 2
97070 Würzburg
Deutschland



Dr. Johannes Müller

Zahnarztpraxis Hepberg
Holzmauerweg 1
85120 Hepberg
Deutschland

Prof. Dr. Dr. Dirk Nolte

Praxisklinik MKG-MUC
Sauerbruchstr. 48
81377 München
Deutschland
und
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-
und Gesichtschirurgie
Ludwig-Maximilians-Universität München
Lindwurmstr. 2a
80337 München
Deutschland

Dr. Virginia Ortiz

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Dr. Alina Paganini

Klinik für Oralchirurgie und Zahnunfallzentrum
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz

Prof. Dr. Puria Parvini, M.Sc., M.Sc.

Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und
Implantologie
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Theodor-Stern-Kai 7, Haus 29
60596 Frankfurt am Main
Deutschland

Dr. Clemens Raabe, MAS

Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie
zmk Bern
Universität Bern
Freiburgstr. 7
3010 Bern
Schweiz

Prof. Dr. Frank Schwarz

Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und
Implantologie
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Theodor-Stern-Kai 7, Haus 29
60596 Frankfurt am Main
Deutschland

Priv.-Doz. Dr. Frank Peter Strietzel

Abteilung für Parodontologie, Oralmedizin
und Oralchirurgie
Charité Centrum für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Aßmannshäuser Str. 4–6
14197 Berlin
Deutschland

Dr. Maximilian Struwe

Klinik für Oralchirurgie
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel
UZB
Universität Basel
Mattenstr. 40
4058 Basel
Schweiz



Inhaltsverzeichnis

A EINFÜHRUNG

1	Grundsätzliches und Indikationen	3
	Andreas Filippi	
2	Kontraindikationen	15
	Michelle Simonek, Andreas Filippi	
3	Schwierigkeitsgrad (SAC-Klassifikation)	19
	Ava Insa Bracher, Andreas Filippi	

B PRÄOPERATIVE DIAGNOSTIK UND PLANUNG

4	Klinische Planung	25
	Virginia Ortiz, Andreas Filippi	
5	Radiologische Planung	29
	Virginia Ortiz, Andreas Filippi	
6	Präoperative Aufklärung	33
	Fabio Saccardin	
7	Behandlungsalternativen	39
	Fabio Saccardin, Johannes Bolkart, Johannes Müller	
8	Kosten einer Zahntransplantation	63
	Valentin Herber, Puria Parvini	
9	Digitaler Workflow und Einsatz von Zahnduplikaten	67
	Michael Alfertshofer, Florian Gebhart, Dirk Nolte	



C	ZAHNTRANSPLANTATION	
10	Weisheitszahntransplantation Maximilian Struwe, Andreas Filippi	77
11	Prämolarentransplantation Andreas Filippi, Michelle Simonek	85
12	Milcheckzahntransplantation Claudio Alberto Bernardo Bianchetti, Valentin Herber, Alina Paganini, Andreas Filippi	99
13	Transplantationen zweiter Molaren und anderer Zähne Alina Paganini, Andreas Filippi	113
14	Transplantation wurzelreifer Zähne Simone F. M. Janner, Michael M. Bornstein, Clemens Raabe	121
15	Transplantation nach Kryopräservation Alina Paganini, Andreas Filippi	147
D	POSTOPERATIVE PHASE	
16	Postoperatives Verhalten und Medikation Michelle Simonek	157
17	Mundhygiene nach Transplantation Cornelia Filippi	163
18	Recall – was und wann? Puria Parvini, Sandra Kallab, Frank Schwarz	171
19	Komplikationen nach Transplantation und wie man sie vermeidet Andreas Filippi	179
20	Parodont - Erfolgskriterien nach Transplantation Barbara Carollo, Andreas Filippi	185

Inhaltsverzeichnis

21	Pulpa - Erfolgskriterien nach Transplantation Andreas Filippi, Florin Eggmann	191
22	Besonderheiten der Wurzelkanalbehandlung nach Zahntransplantation Bernard Bengs, Thomas Connert	197
23	Ästhetische Rekonstruktion nach Transplantation Gabriel Krastl	207
24	Prognose und Erfolgsraten Frank P. Strietzel	221



EINFÜHRUNG



Grundsätzliches und Indikationen

Andreas Filippi



A Einführung

Die Zahntransplantation ist heute ein fester und prognostisch sehr zuverlässiger Bestandteil der modernen Oralchirurgie. Die biologischen Abläufe nach Zahntransplantation (Heilung von Pulpa und Parodont) sind wissenschaftlich sehr gut dokumentiert (siehe Kapitel 20 und 21). Ebenso gut dokumentiert sind die jeweiligen Risikofaktoren für den Misserfolg und wie man diese beeinflussen kann (Pulpanekrose, infektionsbedingte Wurzelresorption, invasive zervikale Resorption, Ankylose, siehe Kapitel 19 bis 21). Grundsätzlich kann jeder Zahn transplantiert werden, am häufigsten werden jedoch wurzelunreife Weisheitszähne und Prämolaren transplantiert. Die Transplantation erster oder zweiter Molaren sowie von Milcheckzähnen sollte grundsätzlich erfahrenen Operateuren vorbehalten bleiben (siehe Kapitel 3). Voraussetzungen für eine erfolgreiche Therapie sind die Mitarbeit des Patienten, der geeignete Zeitpunkt für die Transplantation, die Auswahl eines in Größe und Form geeigneten Transplantats, günstige Kieferrelationsverhältnisse, ausreichende Platzverhältnisse in allen Dimensionen sowie eine ausreichend breite keratinisierte Gingiva in der Empfängerregion (siehe Kapitel 1, 4 und 5).

Medizinische und zahnmedizinische Voraussetzungen

Wie für jeden oralchirurgischen Eingriff gelten auch bei der Transplantation von Zähnen allgemeinmedizinische Voraussetzungen, die zu beachten sind (siehe Kapitel 2). Der Patient sollte vor einer Transplantation konservierend und parodontal saniert sein. Seine Mundhygiene muss mindestens akzeptabel sein und er sollte möglichst nicht rauchen. Bei Kindern und Jugendlichen müssen außerdem die Eltern mit der Behandlung einverstanden sein. Zahntransplantationen werden grundsätzlich in Lokalanästhesie durchgeführt.

Indikationen

Die Indikation zur Transplantation wird aus kieferorthopädischen, endodontologischen, traumatologischen, parodontologischen und karioologischen Gründen gestellt. Die häufigsten Indikationen sind früher Zahnverlust durch Karies oder Parodontitis apicalis (Abb. 1-1 bis 1-5),



Abb. 1-1 Zahn 36 ist nicht erhaltungswürdig, Zahn 48 eignet sich für eine Transplantation.

1 Grundsätzliches und Indikationen

Abb. 1-2 Zahn 16 ist nicht erhaltungswürdig.

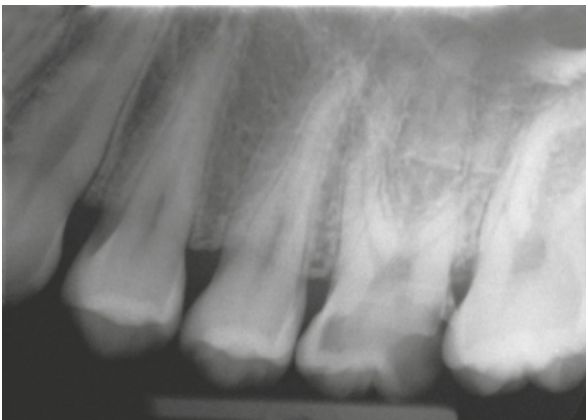


Abb. 1-3 Zahn 26 ist nicht erhaltungswürdig.



Abb. 1-4 Zahn 36 ist nicht erhaltungswürdig.

Zahnverlust oder Komplikationen nach Zahntrauma im wachsenden Kiefer (infektionsbedingte Wurzelresorption, Ankylose, Missbildung bleibender Zähne nach Milchzahntrauma) (Abb. 1-6 bis 1-16), Nichtanlage von Zähnen (meist zweite Prämolaren des Unterkiefers) (Abb. 1-17 bis 1-20), invasive zervikale Resorptionen (Abb. 1-21 bis 1-23), Aberrationen (Abb. 1-24) sowie komplexe Fälle mit multiplen Nichtanlagen bleibender Zähne (Abb. 1-25 bis 1-29).



Abb. 1-5 Zahn 46 ist nicht erhaltungswürdig.

A Einführung



Abb. 1-6 Nicht erhaltungswürdiger Zahn 11 mit Wurzelfraktur im wachsenden Kiefer.



Abb. 1-7 Ersatzgewebsresorption nach Zahntrauma im wachsenden Kiefer.

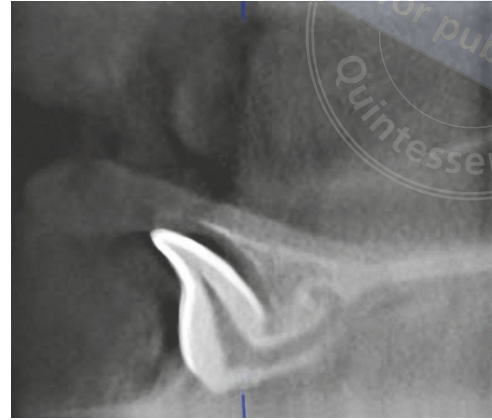


Abb. 1-8 Missbildung Zahn 11 nach schwerem Milchzahntrauma. DVT ...

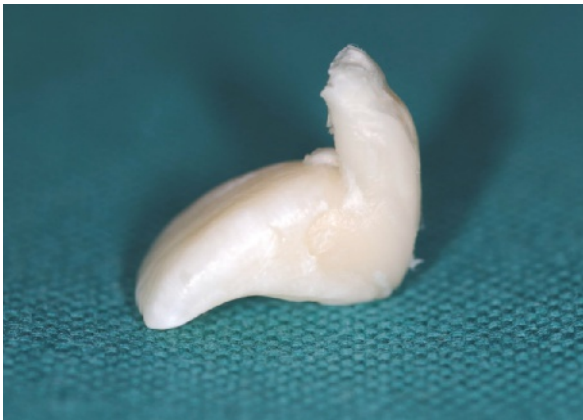


Abb. 1-9 ... und nach operativer Zahnentfernung.

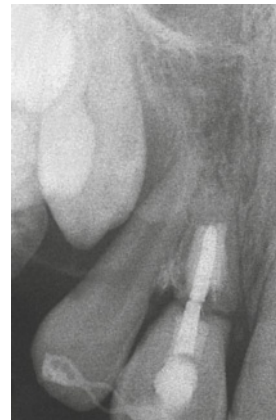


Abb. 1-10 Nicht erhaltungswürdiger Zahn 11 mit Wurzelfraktur nach Bruchspaltinfektion im wachsenden Kiefer.



Abb. 1-11 Unfallbedingte Ankylose mit beginnender Infraposition im wachsenden Kiefer.

1 Grundsätzliches und Indikationen



Abb. 1-12 Unfallbedingter Zahnverlust 11 im wachsenden Kiefer.



Abb. 1-13 Infektionsbedingte Wurzelresorption Zahn 11 nach Trauma im wachsenden Kiefer.



Abb. 1-14 Unfallbedingter Zahnverlust: Zahn 11 konnte nicht gefunden werden.



Abb. 1-15 Ankylose, Infraposition und infektionsbedingte Wurzelresorption Zahn 21 nach Trauma im wachsenden Kiefer ...



Abb. 1-16 ... und Darstellung der Wurzelresorption nach Zahnentfernung.

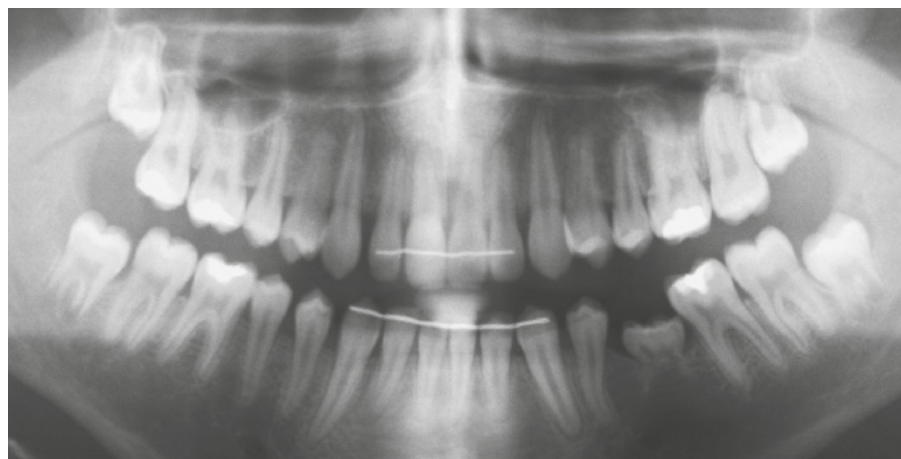


Abb. 1-17 Typische Nichtanlagen ...

A Einführung

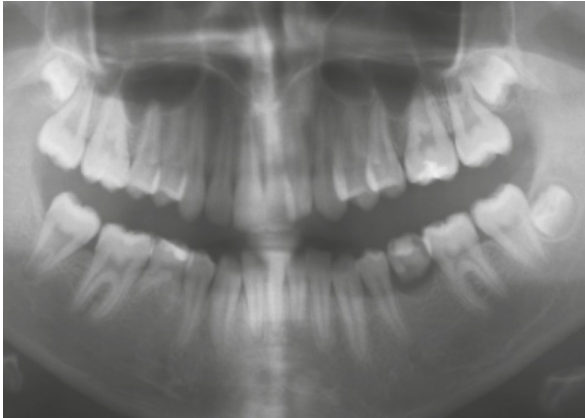


Abb. 1-18 ... zweiter Prämolaren ...

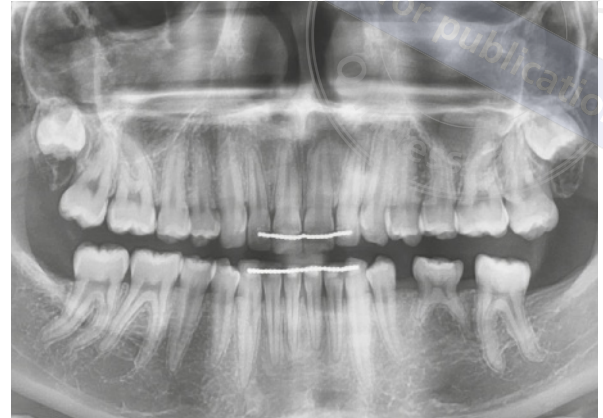


Abb. 1-19 ... im wachsenden Kiefer ...

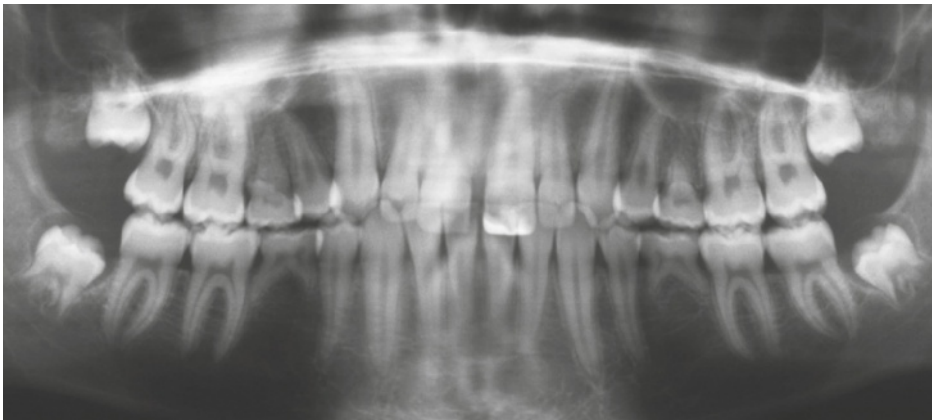


Abb. 1-20 ... als typische Indikation für eine Zahntransplantation.



Abb. 1-21 Invasive zervikale Resorption Zahn 46, ...



Abb. 1-22 ... Zahn 45 und ...

1 Grundsätzliches und Indikationen

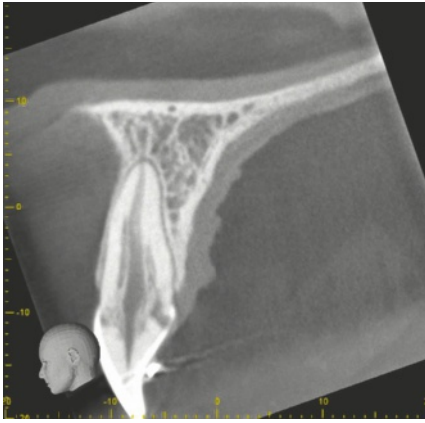


Abb. 1-23 ... Zahn 11.

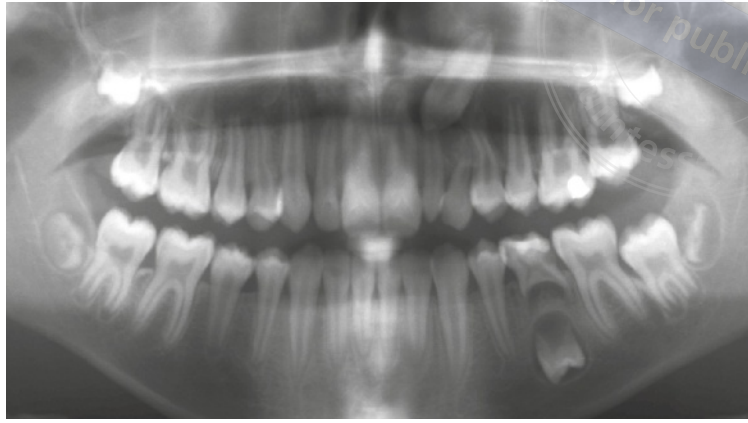


Abb. 1-24 Aberration Zahn 35.



Abb. 1-25 Multiple Nichtanlagen ...



Abb. 1-26 ... müssen intensiv interdisziplinär diskutiert werden ...

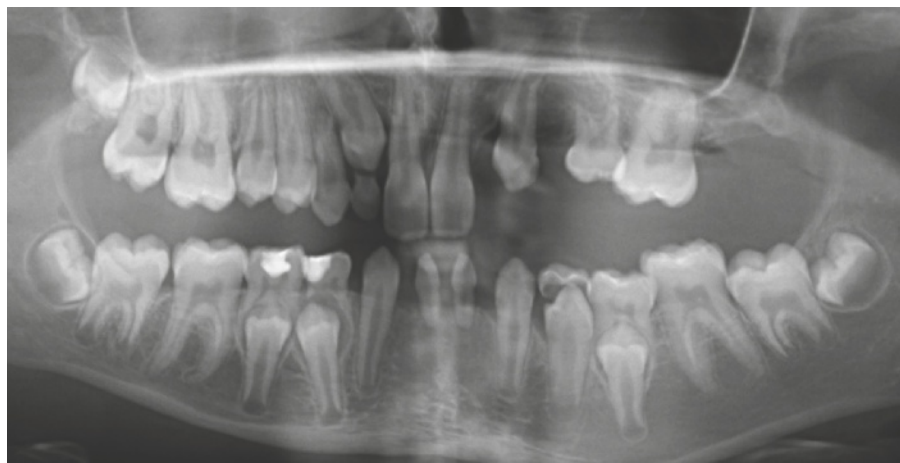


Abb. 1-27 ... und eignen sich oft ...

A Einführung



Abb. 1-28 ... für Zahntransplantationen, ...

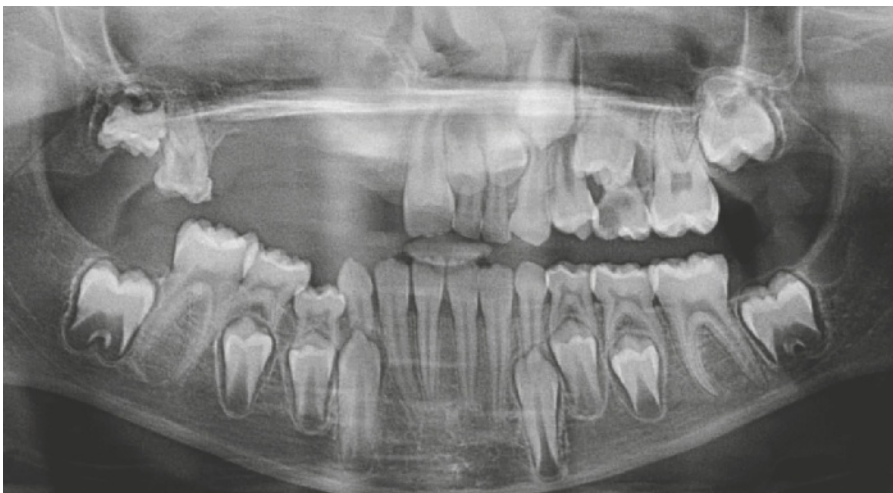


Abb. 1-29 ... weil die Diagnose früh im Leben gestellt wird.

Altersgruppen

Transplantationen erster Molaren oder von Milcheckzähnen sind ab etwa dem 7. Lebensjahr, zweiter Molaren und Prämolaren etwa ab dem 10. Lebensjahr und dritter Molaren ab etwa dem 15. Lebensjahr möglich.

Wahl des Transplantats

Grundsätzlich kann jeder Zahn mit vitalem Parodont transplantiert werden. Allerdings sollten

in Abhängigkeit vom Alter des Patienten und der individuellen Indikation dritte Molaren, Prämolaren oder Milcheckzähne bevorzugt werden (siehe Kapitel 10 bis 13). Außerdem kann nicht jeder Zahn aus Gründen der Funktion, der Ästhetik oder des vorhandenen Platzangebots an jede Stelle im Kiefer transplantiert werden. Dritte Molaren des Unterkiefers eignen sich hervorragend zum Ersatz verlorener Molaren im gleichen Quadranten, mit Einschränkungen zum Ersatz von Molaren im kontralateralen Unterkiefer sowie nach Rotation um 90° zum Ersatz von Molaren des Oberkiefers oder Prämolaren des Unterkie-

1 Grundsätzliches und Indikationen



Abb. 1-30 Zahnkeim mit erst beginnender Wurzelbildung ...

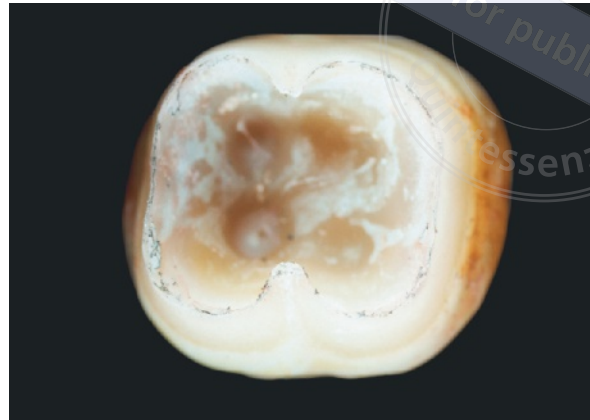


Abb. 1-31 ... und sehr weit offenem Foramen apicale (aus: Schaffner et. al 2021).

fers. Dritte Molaren des Oberkiefers eignen sich hervorragend zum Ersatz verlorener Molaren im gleichen Quadranten und zum Ersatz von Prämolaren im Unterkiefer sowie mit Einschränkungen zum Ersatz von Molaren des Oberkiefers auf der Gegenseite. Prämolaren des Unterkiefers können aufgrund ihres Wurzelquerschnitts sowohl Frontzähne des Oberkiefers als auch alle anderen Prämolaren nahezu perfekt ersetzen. Prämolaren des Oberkiefers können ebenfalls andere Prämolaren ersetzen. Zum Ersatz von Schneidezähnen des Oberkiefers eignen sie sich jedoch nur eingeschränkt (je nach Lückenbreite, Wurzelkonfiguration und der Möglichkeit einer Rotation um 90°). Milcheckzähne können Schneidezähne des Oberkiefers problemlos ersetzen; aufgrund der schöneren Ergebnisse nach der koronalen Rekonstruktion (Austrittsprofil) ist häufig eine Rotation um 180° empfehlenswert.

Bei der präoperativen Auswahl des Transplantats muss immer klinisch und radiologisch überprüft werden, ob der Zahn gewebeschonend und somit ohne größere Zellschäden auf der Wurzeloberfläche entfernt werden kann. Dies gilt insbesondere für retinierte und verlagerte Weisheitszähne oder Prämolaren, aber auch für Zähne, die aus Engstandssituationen entnommen werden.

Zeitpunkt der Transplantation

Der Zeitpunkt der Transplantation richtet sich nach dem Zeitpunkt der Erstkonsultation, dem Patientenalter (chronologisch/dental), der Indikation sowie der Kooperationsbereitschaft von Patient und Eltern. Der Zeitpunkt der Transplantation von Zahnkeimen hat Einfluss auf die spätere Entwicklung des Zahns. Bei einer zu frühen Transplantation, bei der erst wenig Wurzelbildung stattgefunden hat, ist das Risiko für spätere Hartsubstanzdefekte und einen Stopp des Wurzelwachstums groß. Zahnkeime mit zu geringer Wurzelbildung sollten unter diesen Aspekten heute möglichst nicht mehr transplantiert werden (Abb. 1-30 und 1-31). Besser ist es, wenn das Wurzelwachstum mindestens 50 bis maximal 75 % erreicht hat (Abb. 1-32 bis 1-35). Ist das Wurzelwachstum zu weit fortgeschritten (Abb. 1-36 und 1-37), ist sehr häufig eine Wurzelkanalbehandlung erforderlich: Der Wurzelkanal ist einfach zu lang für eine Revascularisation. Bei der Wahl des Transplantationszeitpunkts muss zwischen der Überlebensrate des Transplantats sowie der Heilung von Pulpa und Parodont unterschieden werden. Während die Überlebensrate nicht wesentlich von den unterschiedlichen Stadien der Wurzelbildung

A Einführung



Abb. 1-32 Fortschritt Wurzelwachstum etwa 50 % ...

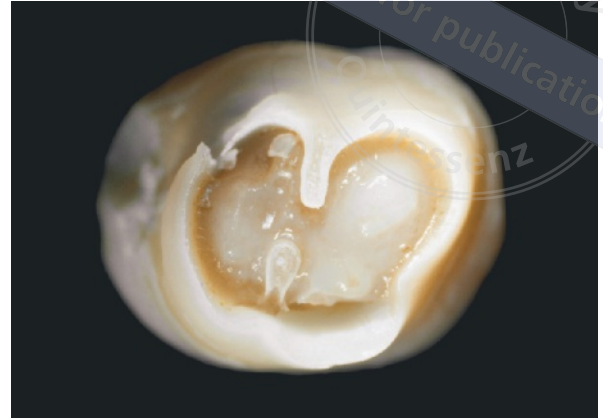


Abb. 1-33 ... bei noch weit offenem Foramen apicale (aus: Schaffner et. al 2021).



Abb. 1-34 Fortschritt Wurzelwachstum etwa 75 % ...



Abb. 1-35 ... mit noch relativ weit offenem Foramen apicale (aus: Schaffner et. al 2021).



Abb. 1-36 Wurzel kurz vor Abschluss des Wachstums ...

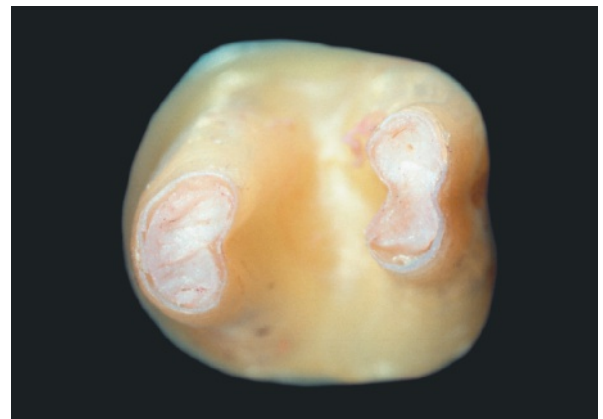


Abb. 1-37 ... bei bereits sehr engem Foramen apicale (aus: Schaffner et. al 2021).

1 Grundsätzliches und Indikationen

abhängt, zeigen die Heilung von Pulpa und Parodont eine deutliche Abhängigkeit von diesen Stadien. In Anbetracht dessen haben sich Zahntransplantationen prognostisch als am günstigsten erwiesen, wenn das Wurzelwachstum 50 bis 75 % erreicht hat.

Danksagung

Herzlichen Dank an das Swiss Dental Journal sowie an die drei Autoren, die uns erlaubt haben, die Abbildungen 1-30 bis 1-37 in diesem Buch zu verwenden. Sie stammen aus der Publikation: Schaffner M, Stich H, Lussi A: Zahnentwicklung – Wurzelentwicklung. Swiss Dent J 2021;131:726–727.

Weiterführende Literatur

- Filippi A: Zahntransplantation. Quintessenz 2008;59:497–504.
- Filippi A: Zahntransplantation. Berlin: Quintessenz, 2009.
- Filippi A, Kühl S: Moderne zahnerhaltende Chirurgie. Berlin: Quintessenz, 2018.
- Filippi A: Vermeidung von Komplikationen nach Zahntransplantation. Quintessenz 2016;67:1447–1454.
- Filippi A, Saccardin F, Kühl S: Das große 1x1 der Oralchirurgie. Berlin: Quintessenz, 2022.
- Mollen I, Bernhart T, Filippi A: Transplantation of teeth after traumatic tooth loss. ENDO 2014;8:301–307.
- Schaffner M, Stich H, Lussi A: Zahnentwicklung – Wurzelentwicklung. Swiss Dent J 2021;131:726–727.

Prämolarentransplantation



Andreas Filippi, Michelle Simonek

C Zahntransplantation

Die Transplantation von Prämolaren ist im Kindes- und Jugendalter eine Alternative zum kieferorthopädischen Lückenschluss bzw. zum Offenhalten einer Lücke für spätere prothetische oder implantologische Versorgungen. Prämolarentransplantationen müssen immer interdisziplinär diskutiert werden. Eine Prämolarentransplantation eignet sich grundsätzlich zum Ersatz von oberen (mittleren) Schneidezähnen und anderen Prämolaren^{14,18}. Sie wird bei Patienten etwa ab dem 10. Lebensjahr^{14,18} bei symmetrischen (Abb. 11-1 bis 11-7), asymmetrischen (Abb. 11-8 bis 11-14) oder multiplen Nichtanla-

gen (Abb. 11-15 bis 11-17) durchgeführt, ebenso nach unfallbedingtem Zahnverlust, z. B. nach tiefer Kronen-Wurzelfraktur (Abb. 11-18 bis 11-21 und 11-22 bis 11-45), oder Ankylose nach Avulsion oder Intrusion, und somit in einem Alter, in dem Brücken- oder Implantatversorgungen nicht indiziert sind^{6,7,10}.

Grundsätzlich kann jeder Prämolare transplantiert werden. Ideale Autotransplantate sind jedoch wurzelunreife einwurzelige Zähne. Zweiwurzelige Prämolaren des Oberkiefers eignen sich beispielsweise nicht als Ersatz für mittlere Schneidezähne im Oberkiefer. Ein halb- oder



Abb. 11-1 Nichtanlagen der Zähne 35 und 45 (OPT alio loco). Geplante interdisziplinäre Behandlung: Transplantation 15 und 25 an die Stelle von 35 und 45 sowie kieferorthopädischer Lückenschluss im Oberkiefer.



Abb. 11-2 Die Zähne 15 und 25 werden nach gewebeschonender Entfernung der Milchmolaren aufgrund des deutlich geringeren anatomischen Risikos um 90° rotiert an die Stelle von 35 und 45 eingesetzt.

11 Prämolarentransplantation

Abb. 11-3 Beginn der kieferorthopädischen Derotation 3 Monate nach Transplantation auf der rechten ...



Abb. 11-4 ... und der linken Seite.

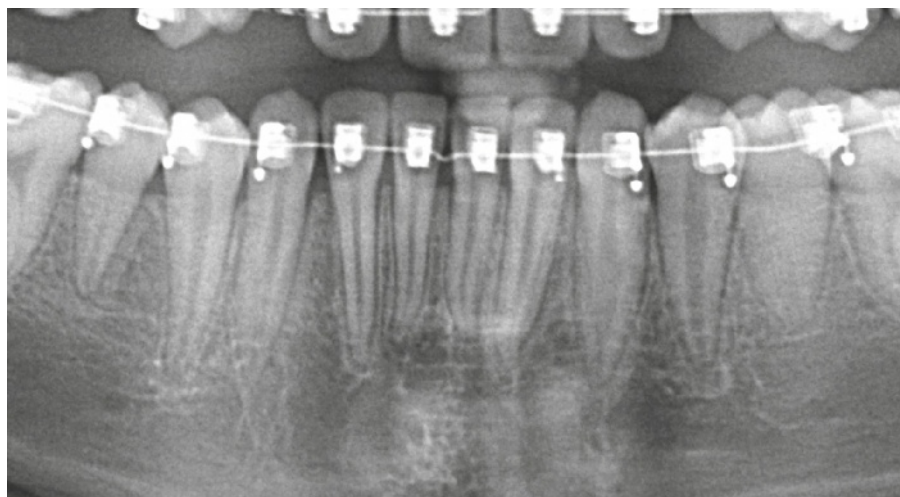


Abb. 11-5 Situation 4 Jahre postoperativ und kurz vor Ende der kieferorthopädischen Behandlung: Die Transplantate stehen perfekt, die Lücken sind geschlossen, ...



Abb. 11-6 ... ebenso im Oberkiefer.

Abb. 11-7 Radiologische Kontrolle der Transplantate nach 4 Jahren: perfektes Ergebnis mit vitaler Pulpa und vitalem Parodont.



C Zahntransplantation



Abb. 11-8 Nichtanlagen der Zähne 24, 25, 35 und 45. Geplante interdisziplinäre Behandlung: Transplantation 15 an die Stelle von 25, anschließend kieferorthopädischer Lückenschluss in allen vier Quadranten.



Abb. 11-9 Klinischer Ausgangsbefund von okklusal, ...



Abb. 11-10 ... des 2. Quadranten von bukkal ...



Abb. 11-11 ... sowie des Unterkiefers.



Abb. 11-12 Klinische Situation 6 Monate nach Transplantation 15 an die Stelle von 25.

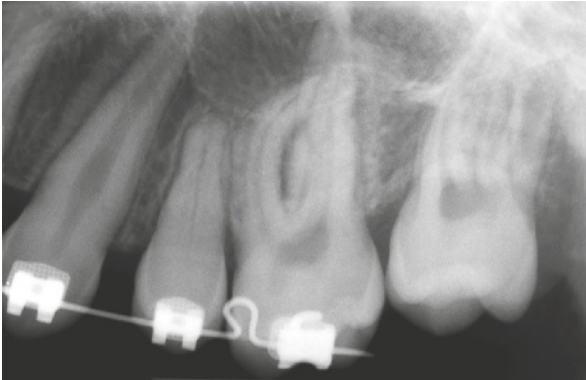


Abb. 11-13 Wenige Monate später ist das Transplantat ausgewachsen.

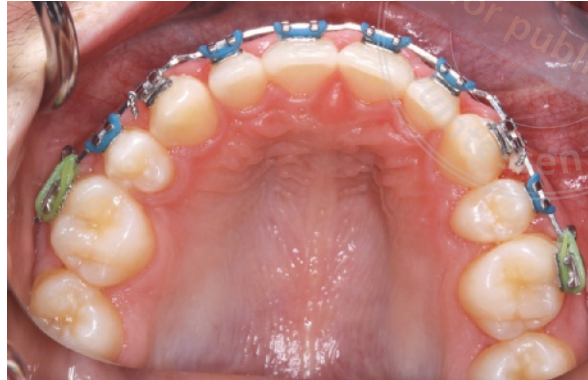


Abb. 11-14 Klinische Situation 2 Jahre nach Transplantation und kurz vor Ende der kieferorthopädischen Therapie: Die Lücken im Oberkiefer sind geschlossen.

Abb. 11-15 Komplexer Fall mit multiplen Nichtanlagen, insbesondere im Unterkiefer, bei einem 15-jährigen Patienten. Geplante interdisziplinäre Behandlung: Transplantation 15 und 25 an die Stelle von 35 und 45, kieferorthopädischer Lückenschluss im Oberkiefer, später zwei Implantate regio 34 und 44.

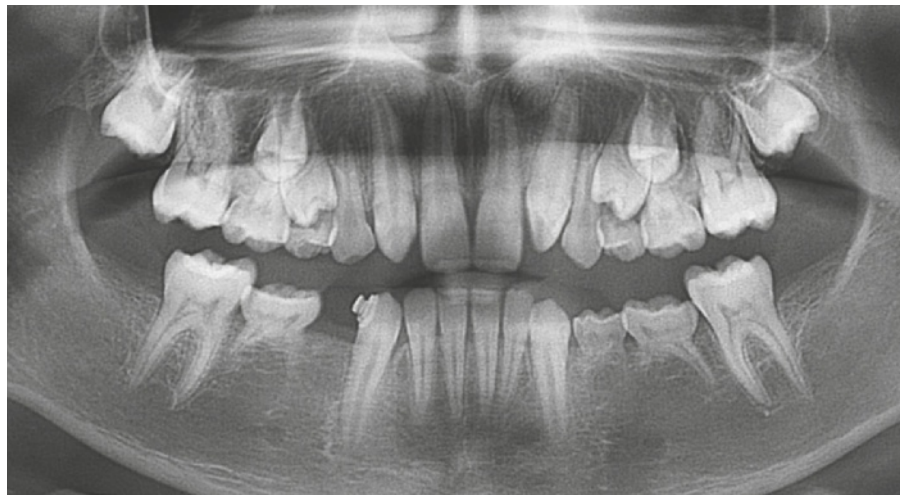
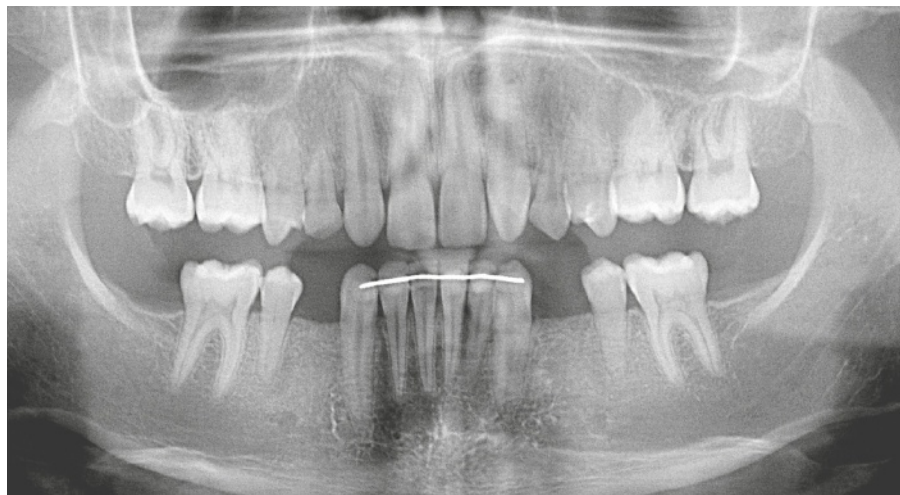


Abb. 11-16 Radiologische Kontrolle der Transplantate 5 Jahre postoperativ: perfektes Ergebnis mit vitaler Pulpa und vitalem Parodont.



C Zahntransplantation



Abb. 11-17 Klinische Situation 5 Jahre postoperativ. Die Implantation wird innerhalb der nächsten Jahre erfolgen.



Abb. 11-18 Sehr tiefe Kronen-Wurzelfraktur an Zahn 11. Geplante interdisziplinäre Behandlung: Transplantation des Zahns 45 anstelle von 11 mit anschließendem kieferorthopädischem Lückenschluss im Unterkiefer.



Abb. 11-19 Situation nach Entfernung der Titan-Trauma-Schiene (TTS).



Abb. 11-20 Die radiologische Kontrolle ein Jahr post operationem zeigt das praktisch abgeschlossene Wurzelwachstum des Transplantats als Zeichen einer vitalen Pulpa und eines gesunden Parodonts.

11 Prämolarentransplantation

Abb. 11-21 Klinische Situation ein Jahr nach Zahntransplantation und Kompositrekonstruktion des Transplantats 45 anstelle von 11. Der Zahn befindet sich in aktiver kieferorthopädischer Behandlung.

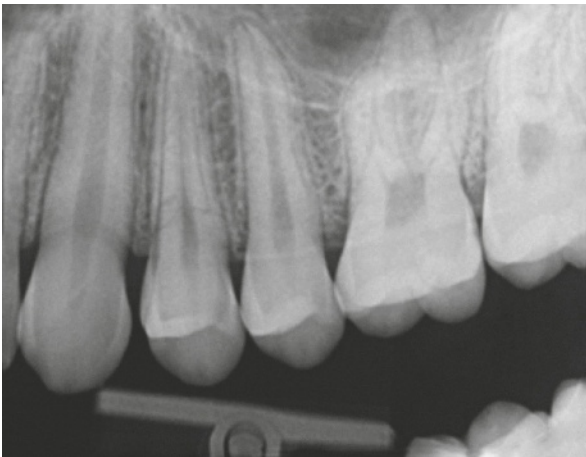
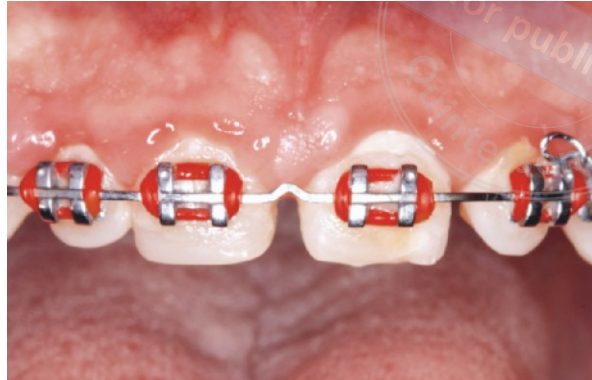


Abb. 11-22 Kronen-Wurzelfrakturen der Zähne 24 und 25 bei einem 13-jährigen Patienten.

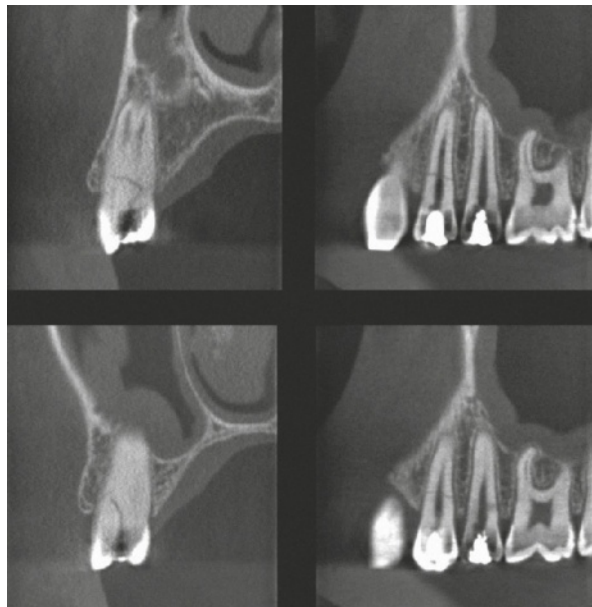


Abb. 11-23 Darstellung der Zähne 24 und 25 im DVT. Beide Zähne können nicht erhalten werden.



Abb. 11-24 Radiologische Darstellung des Transplantats 15 mit abgeschlossenem Wurzelwachstum.

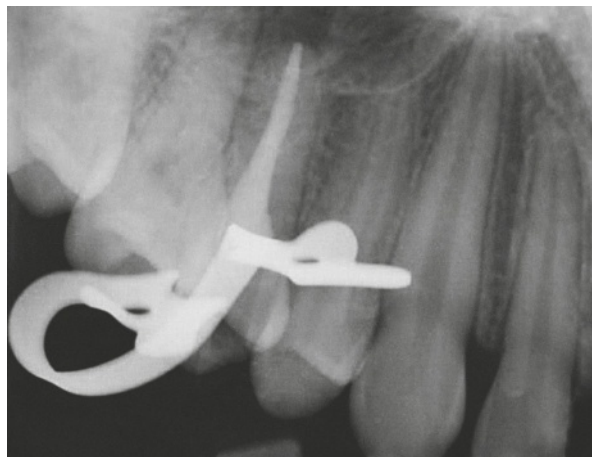


Abb. 11-25 Wurzelkanalbehandlung Zahn 15 vor der Transplantation.

C Zahntransplantation

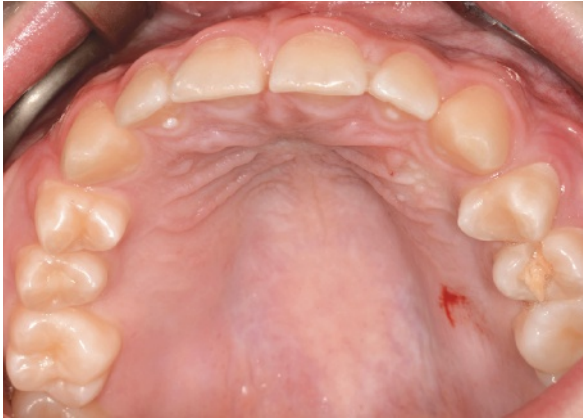


Abb. 11-26 Operationstag unmittelbar vor der Entfernung der Zähne 24 und 25 und vor Transplantation Zahn 15 an die Stelle des Zahns 25.



Abb. 11-27 Situation nach Entfernung der Zähne 24 und 25.



Abb. 11-28 Entnahme des Zahns 15, Ansicht von lateral ...



Abb. 11-29 ... und von bukkal.



Abb. 11-30 Transplantation Zahn 15 an die Stelle von Zahn 25.

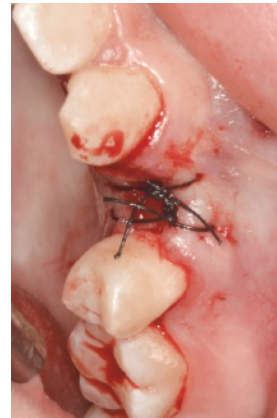


Abb. 11-31 Situationsnahe Alveole 24.

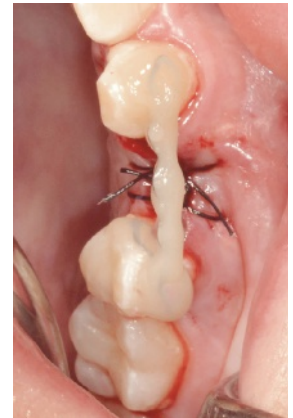


Abb. 11-32 Situation nach (in diesem Fall aufgrund der Weitspannigkeit der Lücke starrer) Schienung des Transplantats lediglich an Zahn 23.



Abb. 11-33 Situationsnahe Alveole 15.



Abb. 11-34 Unmittelbar postoperatives Röntgenbild des Transplantats.

11 Prämolarentransplantation



Abb. 11-35 Situation nach einer Woche und nach Nahtentfernung regio 24 ...



Abb. 11-36 ... und regio 15.



Abb. 11-37 Situation nach Entfernung der Schiene drei Wochen postoperativ.



Abb. 11-38 Situation nach drei Monaten und vor symmetrischem kieferorthopädischem Lückenschluss: physiologischer Klopfeschall und normale Festigkeit des Transplantats regio 25.



Abb. 11-39 Situation nach 4 Monaten und laufender kieferorthopädischer Behandlung, klinisch ...

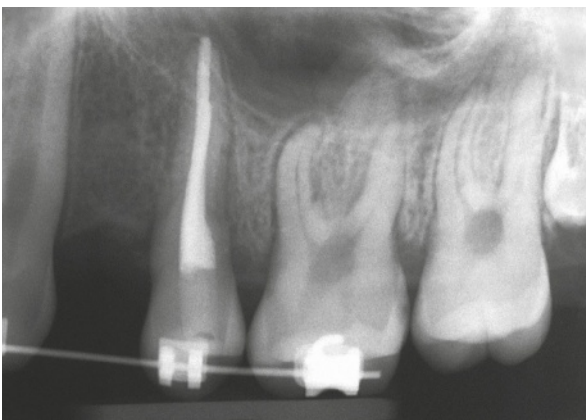


Abb. 11-40 ... und radiologisch.



Abb. 11-41 Situation nach 10 Monaten.

C Zahntransplantation



Abb. 11-42 Situation nach 14 Monaten klinisch ...



Abb. 11-43 ... und radiologisch. Wenig selbstlimitierende Healing related root resorption.



Abb. 11-44 Situation am Ende der kieferorthopädischen Behandlung vor ...



Abb. 11-45 ... und unmittelbar nach Entfernung der kieferorthopädischen Apparatur und nach Einsetzen eines palatinalen Retainers.

dreiviertel abgeschlossenes Wurzelwachstum mit weit offenem Foramen apicale führt meist zur Revaskularisation der Pulpa und hat eine gute Wurzellänge für die initiale parodontale Heilung^{1,2,12,15}. Die Behandlungsfähigkeit des Patienten der genannten Altersgruppe, die Erfahrung des Teams, die schonende operative Zahnentfernung der in der Regel noch nicht eruptierten Zähne, die korrekte extraorale Lagerung

sowie einige nachfolgend aufgeführte klinische Parameter sind erfolgsentscheidend^{11,17}. Eine Prämolarentransplantation entspricht grundsätzlich mindestens Schwierigkeitsgrad „advanced“ innerhalb der SAC-Klassifikation der Zahntransplantationen (siehe Kapitel 3)¹⁴. Studien zur Prämolarentransplantation zeigen hohe Erfolgs- (87–93 %) und Überlebensraten (90–98 %) über Zeiträume von 17 bis 40 Jahren^{3,8,9}.

Operatives Vorgehen

Vor jeder Prämolarentransplantation ist eine adäquate radiologische und klinische Diagnostik erforderlich. Dazu gehören fallspezifisch Zahnfilme und/oder ein OPT, der Ausschluss akuter Infektionen in der Spender- und Empfängerregion, genügend Platz in allen Dimensionen und ausreichend keratinisierte Gingiva in der Empfängerregion^{11,17}.

Der Eingriff wird grundsätzlich in Lokalanästhesie durchgeführt. Transplantationen von Prämolaren in Narkose sind nicht indiziert, weil die Okklusion nicht überprüft und korrigiert werden kann.

Nach initialem scharfem Trennen der dentogingivalen Fasern mit einem mikrochirurgischen Skalpell wird der zu transplantierende Zahn möglichst gewebeschonend entnommen, wenn er bereits eruptiert ist. Ansonsten erfolgt eine der Anatomie entsprechende Aufklappung nach vorheriger Entfernung des koronal stehenden Milchmolaren. Bei der Darstellung der größten Zirkumferenz der Krone mit rotierenden Instrumenten darf die Wurzeloberfläche nicht berührt werden. Auch der Einsatz von Hebeln sollte mit Vorsicht erfolgen: Iatrogene parodontale Schäden erhöhen das Risiko für Wurzelresorptionen² und müssen daher vermieden werden. Extraoral wird der Zahn sofort in einem Organtransplantationsmedium (Dentosafe Zahnrettungsbox oder Miradent SOS Zahnbox, Miradent, Duisburg) für mindestens 10 Minuten gelagert. Im Sinne der antiresorptiven regenerationsfördernden Therapie (ART) werden der Zahnrettungsbox zusätzlich Steroide und ein Antibiotikum (1 mg Dexamethason/1 mg Tetracyclin, Zusatzmischung für die Zahnrettungsbox, Apotheke Dr. Hörmann, Weinfielden, Schweiz) beigefügt^{16,19}. Bei operativer Entfernung des Transplantats erfolgt zunächst die Nahtversorgung der Spenderregion.

Im Anschluss wird mit rotierenden, kochsalzlösungsgekühlten Instrumenten das Transplan-

tatbett vorbereitet, bis der Prämolardrucklos und ohne Kontakt zur knöchernen Alveolenwand in die Empfängerregion eingebracht werden kann. Befindet sich in der Empfängerregion noch ein persistierender ankylosierter Milchmolar oder ein nicht erhaltungswürdiger Schneidezahn, wird dieser – falls erforderlich – durch Separation und Osteotomie vollständig entfernt, ohne einen Mukoperiostlappen zu mobilisieren. Eine Optimierung des Austrittsprofils in der ästhetischen Zone kann bei Bedarf durch Rotation des transplantierten Prämolars in der Empfänger-alveole erreicht werden³. Werden Prämolaren vom Oberkiefer in den unteren Prämolarenbereich transplantiert, werden die Transplantate grundsätzlich um 90° rotiert eingesetzt (siehe Kapitel 19). Dadurch wird der dentogingivale Verschluss nahezu immer perfekt (siehe Kapitel 19). Nach der parodontalen Heilung werden diese Zähne kieferorthopädisch derotiert¹⁸.

Bei etwas zu schmaler klinischer Lückenbreite können am Transplantat und auch an den Nachbarzähnen ca. 0,1 mm Schmelz pro Zahnfläche reduziert werden, ohne dabei Dentin zu exponieren, da das Eindringen von Mikroorganismen über offene Dentinkanälchen das Risiko für eine Pulpanekrose des Transplantats erhöht¹⁴. Mittels TTS (Titan-Trauma-Schiene, Medartis, Basel, Schweiz) wird das Transplantat flexibel an mindestens einem und an maximal zwei Nachbarzähnen adhäsiv fixiert. Eine starre Schienung erhöht das Ankyloserisiko⁵. Kontakte bei Okklusion und Lateralbewegung werden überprüft und allenfalls korrigiert; normale Kontakte sind beabsichtigt und fördern die parodontale Heilung¹³. Für den Erfolg mitentscheidend ist der abschließende dichte dentogingivale Verschluss, da jede parodontale Heilung mit einem solchen beginnt.

Postoperativ sollte als Referenzaufnahme ein Zahnfilm des transplantierten Zahns angefertigt werden, um den späteren Fortschritt des Wurzelwachstums und somit die Vitalität der Pulpa zu überprüfen.

C Zahntransplantation

Die Wundkontrolle erfolgt in der Regel nach 2 Tagen; mögliche Nähte werden nach etwa 7 bis 10 Tagen entfernt. Wenn der Klopfeschall des Transplantats wieder dem der Nachbarzähne entspricht, kann die TTS entfernt werden. Die parodontale Heilung ist nach spätestens 3 Monaten abgeschlossen^{2,15}. Im Frontzahnbereich kann dann die ästhetische Rekonstruktion¹¹ erfolgen und mit kieferorthopädischen Bewegungen (falls erforderlich) begonnen werden.

Verlaufskontrollen des Transplantats finden nach 3 Wochen, 3 Monaten, 6 Monaten und einem Jahr statt. Besonders wichtig ist die Röntgenkontrolle nach 3 Wochen, um mögliche infektionsbedingte Wurzelresorptionen frühzeitig zu erkennen und ggf. eine endodontische Behandlung einzuleiten. Spätestens bei der Jahreskontrolle können sichere Zeichen einer Revaskularisation (Fortschritt des Wurzelwachstums und/oder Obliteration der Pulpa^{1,8}) beurteilt werden. In der Nachbetreuung sollte thermischen oder elektrischen Sensibilitätstests aufgrund typischer falsch negativer Ergebnisse keine Bedeutung beigemessen werden.

Die Prämolarentransplantation ist in der modernen Zahnmedizin eine wirklich gute Behandlungsoption im wachsenden Kiefer und wird von den Eltern oft gegenüber „künstlichem Zahnersatz“ bevorzugt. Gerade auch bei typischen Nichtanlagen zweiter Prämolaren im Unterkiefer oder bei asymmetrischen Nichtanlagen von Prämolaren gibt es kaum eine bessere Möglichkeit. Transplantationen von Prämolaren des Oberkiefers in den Unterkiefer erleichtern die kieferorthopädische Behandlung enorm: Ein kieferorthopädischer Lückenschluss im Oberkiefer ist einfach, im Unterkiefer aufgrund des deutlich härteren Knochens ungleich schwerer und mit einem höheren Risiko von Wurzelresorptionen assoziiert.

Einerseits liegt der Vorteil einer Prämolarentransplantation darin, dass der verlorene Zahn durch einen pulpavitalen und parodontal

gesunden Zahn ersetzt werden kann und das Transplantat mit der richtigen OP-Technik und Nachsorge als natürlicher Zahn funktioniert. Andererseits wird im Rahmen der parodontalen Einheilung (Neubildung eines gesunden Faserapparats ausgehend vom unbeschädigten Wurzelzement) der Fortschritt des vertikalen Kieferwachstums gewährleistet, und das volle Volumen des Alveolarfortsatzes und der Weichgewebe kann erhalten werden^{4,15}.

Die Transplantation von Prämolaren mit abgeschlossenem Wurzelwachstum, bei denen eine Revaskularisation nicht mehr möglich ist, unterscheidet sich nicht von der beschriebenen Vorgehensweise. Der transplantierte Zahn benötigt jedoch zusätzlich eine Wurzelkanalbehandlung, die vor, während oder kurz nach der Transplantation durchgeführt werden kann.

Literatur

1. Andreasen J, Paulsen H, Yu Z, Bayer T, Schwartz O: A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part II. Tooth survival and pulp healing subsequent to transplantation. *Europ J Orthodont* 1990;12:14–24.
2. Andreasen J, Paulsen H, Yu Z, Schwartz O: A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part III. Periodontal healing subsequent to transplantation. *Europ J Orthodont* 1990;12: 25–37.
3. Andreasen JO, Andersson L, Tsukiboshi M, Czochrowska E: Autotransplantation of teeth to the anterior region. In: Andreasen JO, Andersson L, Tsukiboshi M, Czochrowska E (Hrsg.). *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2019: 853–877.
4. Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L (Hrsg.): *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2019.
5. Bauss O, Schilke R, Fenske C, Engelke W, Kiliaridis S: Autotransplantation of immature third molars: influence of different splinting methods and fixation periods. *Dent Traumatol* 2002;18: 322–328.

11 Prämolarentransplantation

6. Bohner L, Hanisch M, Kleinheinz J, Jung S: Dental implants in growing patients: a systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2019;57:397–406.
7. Brahim JS: Dental implants in children. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2005;17:375–381.
8. Czochrowska EM, Stenvik A, Bjercke B, Zachrisson BU: Outcome of tooth transplantation: survival and success rates 17–41 years posttreatment. *Am J Orthodontics Dentofacial Orthopedics* 2002;121:110–119.
9. Czochrowska EM, Stenvik A, Zachrisson BU: The esthetic outcome of autotransplanted premolars replacing maxillary incisors. *Dent Traumatol* 2002;18:237–245.
10. Elagib MFA, Alqaysi MAH, Almushayt MOS, Nagate RR, Gokhale S, Chaturvedi S: Dental implants in growing patients: A systematic review and meta-analysis. *Technol Health Care* 2023;31:1051–1064.
11. Filippi A, Saccardin F, Kühl S (Hrsg.): *Das grosse 1x1 der Oralchirurgie*. Berlin: Quintessenz, 2022.
12. Henrichvarck C, Neukam F: Indikation und Ergebnisse der autogenen Zahntransplantation. *Dtsch Zahnärztl Z* 1987;194–197.
13. Mine K, Kanno Z, Muramoto T, Soma K: Occlusal forces promote periodontal healing of transplanted teeth and prevent dentoalveolar ankylosis: an experimental study in rats. *Angle Orthod* 2005;75:637–644.
14. Mollen I, Bernhart T, Filippi A.: Transplantation of teeth after traumatic tooth loss. *ENDO (Lond Engl)* 2014;8:301–307.
15. Paulsen HU, Andreasen JO: Eruption of premolars subsequent to autotransplantation. A longitudinal radiographic study. *Eur J Orthod* 1998;20:45–55.
16. Pohl Y, Filippi A, Kirschner H: Results after replantation of avulsed permanent teeth. II. Periodontal healing and the role of physiologic storage and antiresorptive-regenerative therapy. *Dent Traumatol* 2005;21:93–101.
17. Schwartz O, Bergmann P, Klausen B: Autotransplantation of human teeth. A life-table analysis of prognostic factors. *Int J Oral Surg* 1985;14:245–258.
18. Simonek M, Filippi A: Die Prämolarentransplantation – Zahntransplantation Teil 2. *Quintessenz* 2024;74:328–333.
19. Yanpiset K, Trope M: Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after different treatment methods. *Endod Dent Traumatol* 2000;16:211–217.