Vitalerhaltung der Pulpa bei kariösen bleibenden Zähnen

Was ist heute möglich? Dr. Esra Koşan beleuchtet in diesem Fachbeitrag die Pulpotomie als evidenzbasierte Alternative zur Wurzelkanalbehandlung.

Tiefe kariöse Läsionen zählen zu den wesentlichen Ursachen für Wurzelkanalbehandlungen oder Zahnverlust. Die Entscheidung zwischen vitalerhaltenden Massnahmen und einer Pulpektomie ist aufgrund des breiten Spektrums pulparer Entzündungsreaktionen häufig erschwert. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse stellen die traditionelle Wurzelkanalbehandlung zunehmend infrage und rücken vitalerhaltende Therapieansätze in den Fokus.

Unter dem Begriff der Vital Pulp Therapies (VPT) werden heutzutage eine Gruppe biologisch orientierter Behandlungsverfahren zusammengefasst, deren gemeinsames Ziel der Erhalt vitalen Pulpagewebes bei kariös bedingten oder traumatischen Schädigungen ist. VPT umfassen sowohl Massnahmen zur Vermeidung einer Pulpaexposition bei tiefer Karies, wie die selektive oder schrittweise Kariesentfernung, als auch therapeutische Konzepte nach erfolgter Exposition der Pulpa. Zu letzteren zählen die direkte Überkappung sowie die partielle und vollständige Pulpotomie. Allen Verfahren gemeinsam ist der Versuch, entzündlich veränderte Pulpaanteile zu entfernen oder zu isolieren und die verbleibende vitale Pulpa durch bioaktive Materialien zu schützen, um Heilung und Reparatur zu ermöglichen.

Die Indikationsstellung für VPT ist eng mit der klinischen Diagnose der Pulpitis verknüpft. Traditionell wird zwischen reversibler und irreversibler Pulpitis unterschieden. Die reversible Pulpitis ist durch eine milde, lokal begrenzte Entzündungsreaktion gekennzeichnet, die sich nach Entfernung des auslösenden Reizes zurückbilden kann. Klinisch äussert sie sich typischerweise durch kurze, auf thermische oder osmotische Reize begrenzte Schmerzen ohne Spontanschmerz. Demgegenüber steht die symptomatische irreversible Pulpitis, die als anhaltende, nicht mehr selbstlimitierende Entzündung der vitalen Pulpa definiert ist. Charakteristisch sind Spontanschmerzen, verlängerte Schmerzreaktionen auf thermische Reize sowie häufig übertragene oder lageabhängige Schmerzen (Definition der American Association for Endodontics [AAE]).

Traditionell wurde bei klinischen Zeichen einer irreversiblen Pulpitis die Wurzelkanalbehandlung als Therapie der Wahl angesehen. Aktuelle histologische und klinische Studien zeigen jedoch, dass selbst bei klinischen Symptomen einer irreversiblen Pulpitis die Entzündung häufig auf den koronalen Anteil der Pulpa begrenzt ist, während die radikuläre Pulpa vital und strukturell intakt bleiben kann.[1] Diese Erkenntnis bildet die biologische Grundlage für den Einsatz von pulpotomiebasierten VPT-Verfahren auch bei kariösen Zähnen mit Symptomen einer irreversiblen Pulpitis. Damit verschiebt sich der therapeutische Fokus weg von einer rein symptomorientierten Entscheidung hin zu einer differenzierten Beurteilung der Regenerationsfähigkeit der Pulpa unter Berücksichtigung klinischer, radiologischer und intraoperativer Befunde.

Biologische Grundlagen der Pulpotomie

Histologische Untersuchungen zeigen, dass selbst bei klinischen Symptomen einer symptomatischen irreversiblen Pulpitis die Entzündung in vielen Fällen auf den koronalen Anteil der Pulpa begrenzt ist, während die radikuläre Pulpa vital, vaskularisiert und strukturell intakt bleibt. Diese segmentale Ausbreitung der Entzündung bildet die Voraussetzung dafür, dass durch die Entfernung des infizierten koronalen Pulpagewebes eine funktionelle und vitale Restpulpa erhalten werden kann.

Die Zahnpulpa ist ein hochdifferenziertes neurovaskuläres Gewebe mit ausgeprägtem immunologischem und regenerativem Potenzial. Neben der Abwehr mikrobieller Reize ist sie in der Lage, durch Odontoblasten und odontoblastenähnliche Zellen Reparations- und Tertiärdentin zu bilden. Voraussetzung für diesen Heilungsprozess ist die effektive Reduktion der bakteriellen Belastung sowie ein dichter, bioaktiver Wundverschluss. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Pulpotomie als biologisch orientierte Therapieform zunehmend an Bedeutung, da sie gezielt entzündlich verändertes Gewebe entfernt und gleichzeitig die regenerative Kapazität der verbleibenden Pulpa nutzt.

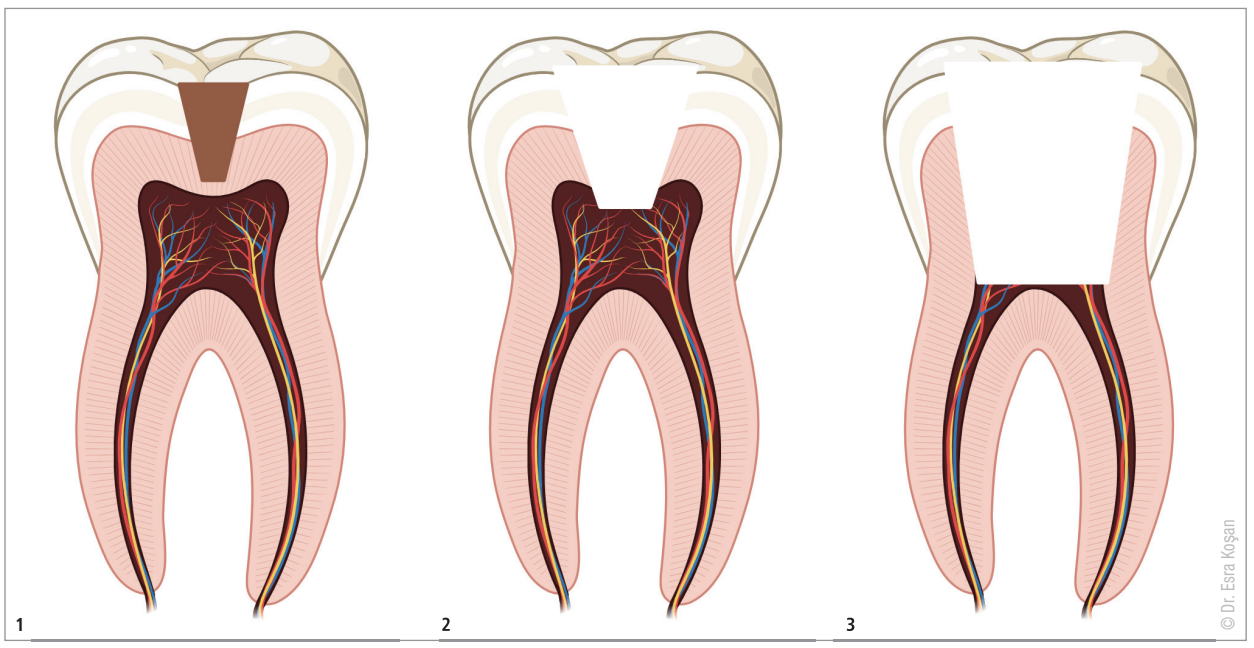


Abb. 1: Tiefe Karies. – **Abb. 2:** Partielle Pulpotomie. – **Abb. 3:** Vollständige Pulpotomie.

Klinische Entscheidungsfindung: reversible vs. irreversible Pulpitis

In der klinischen Praxis erfolgt die Entscheidung für oder gegen eine VPT traditionell anhand der Unterscheidung zwischen reversibler und irreversibler Pulpitis. Während bei reversibler Pulpitis von einer selbstlimitierenden Entzündung ausgegangen wird, galt die irreversible Pulpitis lange Zeit als klare Indikation zur Wurzelkanalbehandlung. Aktuelle Evidenz zeigt jedoch, dass diese Einteilung nur begrenzt Rückschlüsse auf den tatsächlichen histologischen Zustand der gesamten Pulpa zulässt. Auch bei klinischen Symptomen einer irreversiblen Pulpitis kann die radikuläre Pulpa vital und therapiefähig sein.

Für die Indikationsstellung der Pulpotomie ist daher nicht allein die präoperative Symptomatik entscheidend. Intraoperative Kriterien gewinnen zunehmend an Bedeutung. Insbesondere die Fähigkeit, nach Entfernung des koronalen Pulpagewebes eine kontrollierbare Blutung zu erzielen, gilt als verlässlicher Indikator für die Vitalität und Heilungsfähigkeit der verbleibenden Pulpa. Eine kontrollierbare Blutung mit Erreichen der Hämostase innerhalb von etwa sechs Minuten gilt als klinischer Marker für eine begrenzte pulpitische Entzündung und ist mit höheren Erfolgsraten vitalerhaltender Therapieverfahren assoziiert.[1]

Partielle versus vollständige Pulpotomie

Die Tiefe der Pulpotomie richtet sich nach dem Ausmass der pulpitischen Veränderungen. Bei der partiellen Pulpotomie wird lediglich ein begrenzter Anteil der koronalen Pulpa entfernt, während die vollständige Pulpotomie die komplette Kronenpulpa bis zu den Wurzelkanaleingängen umfasst. Beide Verfahren verfolgen das Ziel, entzündlich verändertes Gewebe zu eliminieren und die radikuläre Pulpa zu erhalten.



Für Zähne mit normaler Pulpa oder reversibler Pulpitis zeigen aktuelle Studien vergleichbare Erfolgsraten für partielle und vollständige Pulpotomien. Bei Zähnen mit klinischen Symptomen einer symptomatischen irreversiblen Pulpitis weisen die Daten jedoch darauf hin, dass die vollständige Pulpotomie tendenziell höhere und stabilere Erfolgsraten erzielt. Vor diesem Hintergrund wird bei kariös bedingten Pulpaexpositionen mit ausgeprägter Symptomatik zunehmend die vollständige Pulpotomie als bevorzugtes vitalerhaltendes Verfahren empfohlen, sofern intraoperativ eine suffiziente Blutungskontrolle erreicht werden kann.[2]

Klinisches Vorgehen bei der Pulpotomie kariöser bleibender Zähne

Das klinische Vorgehen bei der Pulpotomie zielt darauf ab, entzündlich verändertes Pulpagewebe vollständig zu entfernen und gleichzeitig die Heilungsfähigkeit der verbleibenden vitalen Pulpa zu sichern. Voraussetzung für den Erfolg ist eine strukturierte Vorgehensweise, bei der präoperative Befunde, intraoperative Beobachtungen und eine dichte definitive Versorgung gleichermassen berücksichtigt werden.

1. Zu Beginn steht die sorgfältige präoperative Beurteilung des Zahnes. Neben der klinischen Symptomatik und Sensibilitätsprüfung ist eine röntgenologische Beurteilung obligat, um ausgedehnte periapikale Veränderungen auszuschliessen. Geringfügige apikale Veränderungen stellen keine absolute Kontraindikation dar, sind jedoch mit einer reduzierten Erfolgswahrscheinlichkeit assoziiert. Entscheidend ist, dass der Zahn präoperativ als vital eingeschätzt wird.
2. Die Behandlung sollte unter absoluter Trockenlegung erfolgen. Nach Kofferdamisolation wird die kariöse Läsion vollständig entfernt, um eine Reduktion der bakteriellen Belastung zu erreichen. Kommt es dabei zur Pulpaexposition oder liegt diese bereits vor, erfolgt die Entfernung der entzündlich veränderten koronalen Pulpa. Die Tiefe der Amputation richtet sich nach dem klinischen Befund: Bei lokalisierter Entzündung kann eine partielle Pulpotomie ausreichend sein, während bei ausgeprägter Symptomatik oder diffuser Entzündung die vollständige Entfernung der Kronenpulpa bis zu den Wurzelkanaleingängen empfohlen wird.
3. Ein zentraler intraoperativer Entscheidungspunkt ist die Blutungskontrolle. Die Qualität und Dauer der Blutung liefern wichtige Hinweise auf den Zustand der verbleibenden Pulpa. Eine hellrote, gut kontrollierbare Blutung mit Erreichen der Hämostase innerhalb von etwa sechs Minuten (ohne adstringente Agenzien) gilt als günstiger prognostischer Marker für den Erfolg der Pulpotomie. Persistierende oder nicht kontrollierbare Blutungen trotz adäquater Massnahmen sprechen hingegen für eine fortgeschrittene pulpitische Schädigung und sollten Anlass geben, die Indikation für eine vitalerhaltende Therapie kritisch zu überdenken.
4. Nach erfolgreicher Hämostase erfolgt die Abdeckung der freiliegenden Pulpa mit einem bioaktiven Material, das eine dichte Versiegelung ermöglicht und die Bildung von Reparationsdentin unterstützt. Anschliessend ist eine zeitnahe definitive Restauration essenziell, da eine mangelhafte koronale Dichtigkeit als einer der häufigsten Gründe für das Versagen vitalerhaltender Therapien gilt. Provisorische Versorgungen über längere Zeiträume sollten vermieden werden.

Das klinische Vorgehen bei der Pulpotomie ist weniger von der präoperativen Schmerzsymptomatik allein abhängig als vielmehr von intraoperativen Befunden. Die konsequente Einhaltung eines strukturierten Ablaufs, die Beurteilung der Blutung als biologischer Marker sowie eine dichte definitive Versorgung sind entscheidend für den langfristigen Erfolg der vitalerhaltenden Therapie.

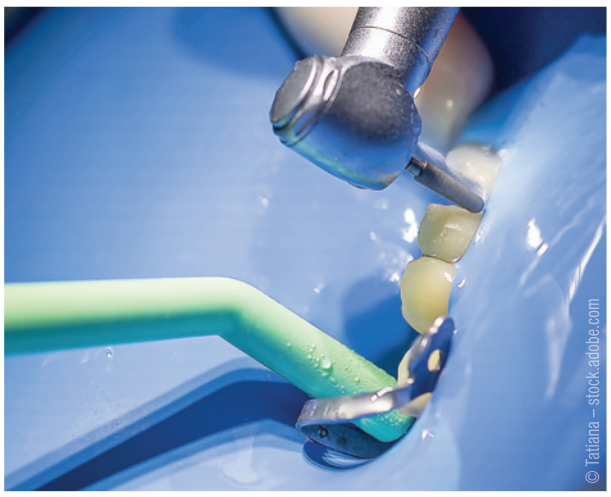
Materialien zur Abdeckung der vitalen Pulpa

Die Wahl des Wundversorgungsmaterials stellt einen entscheidenden Faktor für den Erfolg der Pulpotomie dar. Ziel des Materials ist es, die verbleibende vitale Pulpa vor mikrobieller Reinfektion zu schützen, eine dichte koronale Versiegelung zu gewährleisten und gleichzeitig biologische Heilungsprozesse wie die Bildung von Reparationsdentin zu fördern. In den letzten Jahren haben sich insbesondere bioaktive Kalziumsilikatzemente als Materialien der Wahl etabliert.[1]

Zu den am häufigsten verwendeten Kalziumsilikatzementen zählen Mineraltrioxidaggregat (MTA) und Biodentine (Septodont). Beide Materialien zeichnen sich durch eine hohe Biokompatibilität, eine gute Dichtigkeit sowie die Fähigkeit zur Freisetzung von Kalziumionen aus, welche die Differenzierung odontoblastenähnlicher Zellen und die Bildung von Hartgewebe unterstützen.[3] Systematische Reviews[1,4] zeigen für Pulpotomien mit Kalziumsilikatzementen hohe und stabile Erfolgsraten, unabhängig davon, ob die Behandlung bei Zähnen mit normaler Pulpa, reversibler oder symptomatischer irreversibler Pulpitis durchgeführt wurde.

Zwischen den einzelnen Kalziumsilikatzementen bestehen jedoch klinisch relevante Unterschiede. Während MTA als langjähriger Goldstandard gilt, ist seine Anwendung mit Nachteilen wie einer verlängerten Abbindezeit und einer ausgeprägten Neigung zur Zahnverfärbung assoziiert.[5] In aktuellen Studien wird insbesondere das Risiko ästhetisch relevanter Verfärbungen hervorgehoben, das vor allem auf den enthaltenen Röntgenkontraststoff Bismutoxid zurückgeführt wird. Biodentine enthält kein Bismutoxid und zeigt in vergleichenden Untersuchungen eine signifikant geringere Verfärbungsneigung bei vergleichbarer klinischer Erfolgsrate, sowie eine vergleichbare oder sogar überlegene Performance im Hinblick auf Biokompatibilität und Dentinbrückenbildung.[6]

Kalziumhydroxid, das über Jahrzehnte als Standardmaterial in der Pulpatherapie verwendet wurde, zeigt im Vergleich zu Kalziumsilikatzementen geringere Langzeiterfolge.[7] Zwar besitzt es antibakterielle Eigenschaften und kann die Bildung von Hartgewebe induzieren, jedoch ist die resultierende Dentinschranke häufig porös und unvollständig. Zudem weist Kalziumhydroxid eine geringere Randdichtigkeit auf, was das Risiko mikrobieller Leckagen erhöht. Vor diesem Hintergrund wird Kalziumhydroxid in aktuellen Leitlinien und Übersichtsarbeiten nicht mehr als bevorzugtes Material für die Pulpotomie empfohlen.[1,8]



Unabhängig vom verwendeten Pulpotomiematerial kommt der koronalen Restauration eine zentrale Bedeutung zu. Eine dichte definitive Versorgung ist essenziell, da koronale Mikroinfiltration als einer der häufigsten Gründe für das Versagen vitalerhaltender Therapien gilt. Studien zeigen, dass selbst bei biologisch geeigneten Materialien der langfristige Erfolg der Pulpotomie massgeblich von der Qualität der abschliessenden Restauration abhängt.[1,8]

Kalziumsilikatzemente gelten heute als klinischer Standard für die Wundversorgung bei der Pulpotomie kariöser bleibender Zähne. Unter diesen Materialien bietet Biodentine insbesondere im ästhetisch relevanten Bereich Vorteile gegenüber MTA, während Kalziumhydroxid aufgrund geringerer Erfolgsraten zunehmend an Bedeutung verliert. Die Materialwahl sollte stets in Kombination mit einer sorgfältigen Blutungskontrolle und einer dichten definitiven Restauration betrachtet werden.

Pulpotomie vs. Wurzelkanalbehandlung

In den letzten Jahren hat sich die Evidenzlage zur Pulpotomie bei kariösen bleibenden Zähnen deutlich erweitert. Mehrere systematische Übersichtsarbeiten und randomisierte klinische Studien zeigen übereinstimmend, dass vitalerhaltende Verfahren – insbesondere die



vollständige Pulpotomie – auch bei Zähnen mit klinischen Symptomen einer symptomatischen irreversiblen Pulpitis hohe Erfolgsraten erzielen können.

Ein aktuelles systematisches Review mit Metaanalysen von Coll et al. 2025 untersuchte den Erfolg verschiedener VPT-Verfahren in bleibenden Zähnen über unterschiedliche Nachbeobachtungszeiträume.[1] Für Zähne mit normaler Pulpa oder reversibler Pulpitis zeigten indirekte Vergleiche nach 24 Monaten Erfolgsraten zwischen etwa 91 und 97 Prozent für indirekte Überkappung, direkte Überkappung, partielle sowie vollständige Pulpotomie, ohne signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren. Damit bestätigt sich, dass bei vitaler oder geringgradig entzündeter Pulpa mehrere VPT-Optionen mit vergleichbarer Prognose zur Verfügung stehen.

Von besonderer klinischer Relevanz sind die Ergebnisse für Zähne mit symptomatischer irreversibler Pulpitis. Coll et al. 2025 berichten, dass vollständige Pulpotomien unter Verwendung von Kalziumsilikatzementen nach zwölf Monaten Erfolgsraten von etwa 90 bis 97 Prozent erreichen. Auch nach 24 Monaten bleiben die Erfolgsraten mit etwa 95 Prozent hoch, wobei die vollständige Pulpotomie tendenziell bessere und stabilere Ergebnisse zeigt als die partielle Pulpotomie. Diese Daten stützen die zunehmende Empfehlung, bei kariösen Pulpaexpositionen mit ausgeprägter Symptomatik primär eine vollständige Pulpotomie in Betracht zu ziehen, sofern intraoperativ eine suffiziente Blutungskontrolle möglich ist.[1]

Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Befunden von Louzada et al. 2025, die in ihrem systematischen Review keinen signifikanten Unterschied in der Ein-Jahres-Überlebensrate zwischen partieller und vollständiger Pulpotomie bei Zähnen mit klinischen Zeichen einer irreversiblen Pulpitis feststellen konnten.[2] Beide Verfahren zeigten hohe Erfolgsraten, wobei die Evidenzlage aufgrund der begrenzten Zahl randomisierter Studien als moderat einzuschätzen ist. Die Autoren betonen jedoch, dass die vollständige Pulpotomie in der klinischen Praxis häufig reproduzierbarer ist, da sie eine umfassendere Entfernung entzündlich veränderten koronalen Pulpagewebes ermöglicht.

Langzeitdaten stammen insbesondere aus Studien von Asgary et al., die die vollständige Pulpotomie als definitive Therapieoption bei symptomatischer irreversibler Pulpitis untersucht haben.[9–11] Langzeitdaten zur vollständigen Pulpotomie bei symptomatischer irreversibler Pulpitis stammen aus einer randomisierten Studienkohorte von Asgary et al. 2014, 2015. Während nach zwei Jahren Erfolgsraten von über 90 Prozent berichtet wurden,[9] zeigte die Fünf-Jahres-Nachbeobachtung eine Gesamt-Erfolgsrate von 78 Prozent, mit signifikant besseren Ergebnissen bei Zähnen ohne präoperative periapikale Beteiligung (82 Prozent) im Vergleich zu Zähnen mit apikalen Veränderungen (66 Prozent).[12] Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die präoperative Ausgangssituation einen wesentlichen Einfluss auf die Langzeitprognose hat, ohne die grundsätzliche Eignung der Pulpotomie infrage zu stellen.

Besonders relevant für die klinische Entscheidungsfindung ist der direkte Vergleich zwischen vollständiger Pulpotomie und Wurzelkanalbehandlung. Coll et al. 2025 berichten, dass sich die Erfolgsraten beider Verfahren nach ein bis zwei Jahren nicht signifikant unterscheiden. In einzelnen Studien lagen die Erfolgsraten der Pulpotomie numerisch sogar über denen der Wurzelkanalbehandlung, ohne statistisch signifikante Unterschiede zu erreichen. Auch in längerfristigen Beobachtungen zeigten beide Therapien vergleichbare Ergebnisse, wenngleich die Evidenzqualität für Fünf-Jahres-Daten als niedrig einzustufen ist.[1]

Limitationen

Trotz vielversprechender Ergebnisse basieren Langzeitdaten überwiegend auf wenigen randomisierten Studien. Die klinische Diagnostik der irreversiblen Pulpitis bleibt heterogen, sodass eine sorgfältige Fallselektion entscheidend ist.

Ausblick in die Zukunft

Kürzlich erschien eine S3 Leitlinie zur Behandlung tiefer Karies (Deep Caries Management: EFCD-ESE-ORCA S3-Level Clinical Practice Guideline) entwickelt von der European Federation of Conservative Dentistry (EFCD), der European Society of Endodontology (ESE), der European Organisation for Caries Research (ORCA) sowie der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ). Diese fasst die aktuelle Evidenz zur Diagnostik und Therapie tiefer kariöser Läsionen - einschließlich vitalerhaltender Maßnahmen- hervorragend zusammen und kann als Grundlage für die klinische Entscheidungsfindung dienen.

Als Mitglied der internationalen Leitlinienkomitees war die Autorin massgeblich an der Organisation und Koordination des Leitlinienprozesses beteiligt.

Schlussfolgerung

Die vollständige Pulpotomie bei kariösen bleibenden Zähnen ist also heute schon eine evidenzbasierte Behandlungsoption mit hohen kurz- und mittelfristigen Erfolgsraten. Insbesondere bei vitalen Zähnen mit symptomatischer irreversibler Pulpitis kann sie, bei sorgfältiger Fallselektion und adäquater Durchführung, eine prognostisch vergleichbare Alternative zur Wurzelkanalbehandlung sein. Für die generalistische Praxis bedeutet dies eine Erweiterung des therapeutischen Spektrums hin zu minimalinvasiveren, biologisch orientierten Behandlungsstrategien. DT

Literatur

Infos zur Autorin



Dr. med. dent. Esra Koşan
Zahnärztin
Tätigkeitsschwerpunkte Endodontie und Parodontologie
Berlin, Deutschland
zahnaerztinkosan@gmail.com

ANZEIGE

