

Pulpadiagnostische Methoden

Von G. Schmalz

1 Einleitung

Aufgrund ihrer anatomischen Besonderheiten ist die Pulpa einer direkten Inspektion nicht zugänglich. Sie befindet sich in einer (fast) allseits umschlossenen Kammer mit einer vergleichsweise kleinflächigen Eintrittspforte am Apex. Bei den Erkrankungen der Pulpa sind somit die bei einer Entzündung sonst offensichtlichen Symptome wie Rötung, Schwellung und Erwärmung nicht direkt erkennbar. Auch das vierte Entzündungs-Symptom, der Schmerz, tritt – insgesamt gesehen – selten, dann aber u. U. mit enormer Vehemenz in Erscheinung, ist jedoch mit dem pathohistologischen Zustand der Pulpa nicht korrelierbar [54].

Diese Besonderheiten haben dazu geführt, daß eine Vielzahl von z. T. indirekten Diagnosemethoden entwickelt wurde. Außerdem hat es sich als zweckmäßig erwiesen, Pulpaerkrankungen nach klinischen Gesichtspunkten und an den Diagnosemethoden orientiert einzuteilen. Dabei wurde bewußt auf einen ausschließlich pathohistologischen Bezug verzichtet [1, 18, 47, 49, 50].

2 Einteilung der Pulpaerkrankungen

Eine Reihe verschiedener Einteilungen von Pulpaerkrankungen wurde vorgeschlagen, oftmals dabei jedoch auf Begriffe der Pathohistologie (z. B. „Pulpitis purulenta partialis“) zurückgegriffen (Übersicht bei *Sauerwein* [46]), obgleich eine Korrelation zwischen Pathohistologie und Klinik kaum möglich ist. Dabei geht es im Prinzip meist um die Frage: Ist eine vitale Pulpa noch erhaltungswürdig oder nicht, oder liegt bereits eine Pulpanekrose/Pulpagangrän vor?

In Anlehnung an *Baume, Schroeder* [1, 47] und andere Autoren [18, 49, 50] verwenden wir eine Einteilung in vier Gruppen:

1. Asymptomatische Pulpopathien,
2. Symptomatische Pulpopathien – reversible Phase –
3. Symptomatische Pulpopathien – irreversible Phase –
4. Pulpanekrose/Pulpagangrän.

Die Zuordnung der mittels unterschiedlicher diagnostischer Hilfsmittel erhaltenen Befunde zu diesen Erkrankungen erfolgt am Ende dieses Beitrages.

3 Diagnostische Hilfsmittel – Übersicht

Zur Diagnose der Pulpaerkrankungen steht eine Vielzahl von Hilfsmitteln zur Verfügung. Die wichtigsten sind [13]:

- I. Anamnese (u. a. Allgemeinanamnese, Schmerzen),
- II. Allgemeinbefund,
- III. Lokalbefund,
 1. Inspektion,
 2. Sensibilitätsprüfung,
 3. Röntgenuntersuchung,
 4. Kaltlicht-Untersuchung,
 5. sonstige Befunde (Perkussion, Palpation, etc.),
 6. Reaktionsdiagnostik,
- IV. Befunde zur Differentialdiagnose (Okklusionsbefund, PA-Befund, etc.).

Im folgenden kann nur auf einige dieser diagnostischen Möglichkeiten eingegangen werden.

4 Zahnschmerz

4.1 Theoretische Grundlagen

Der Zahnschmerz besteht – wie jeder Schmerz – prinzipiell aus zwei Komponenten: Einerseits aus der physiologischen Reizung der Schmerzrezeptoren und der Weiterleitung zum Gehirn [8], andererseits aus der individuell sehr unterschiedlichen psychischen Reizverarbeitung im Zentralnervensystem [54]. Die Schmerzempfindung ist mit dem pathohistologischen Zustand der Pulpa (Abb. 1 und 2)

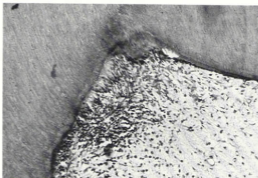


Abb. 1 Histologisch erkennbare Pulpaschädigung: lokalisierte Ansammlung von Lymphozyten als Zeichen einer chronischen Entzündung. HE-Färbung, ca. 200x

Abb. 2 Die individuell unterschiedliche Verarbeitung des Zahnschmerzes; treffend dargestellt von Wilhelm Busch (Gesammelte Werke, „Der Hohle Zahn“). Mit freundlicher Genehmigung des Gondrom-Verlags

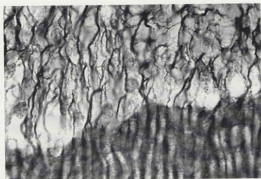


Abb. 3 Nervenfasern in der Pulpa und im Prädentin (Gomory, ca. 1000x)

nicht korrelierbar [54]. Schwerste Veränderungen bis hin zur Nekrose können ohne Schmerzen bestehen, eine vergleichsweise geringe und/oder auf einzelne Pulpabezirke begrenzte Entzündung hingegen mit starken Beschwerden einhergehen.

Ursache für diese fehlende Korrelation ist möglicherweise die beschränkte Aussagekraft der Pathohistologie für ein entzündliches Krankheitsgeschehen [49, 51]. Pathophysiologische Vorgänge, wie sie sich z. B. am Gefäßapparat abspielen, werden nicht oder nur unvollständig erfaßt [51].

Die für die Schmerzrezeption und Schmerzleitung erforderlichen Nerven münden meist über das Foramen apicale in die Pulpa und teilen sich unterhalb der Odontoblasten im Raschkoff-Plexus auf (Abb. 3). Kleinste Nervenfasern reichen ins Prädentin und lagern sich den Odontoblastenfortsätzen an [54]. Man unterscheidet drei verschiedene Arten von Nervenfasern [54]:

1. A-Fasern (nicht myelinisiert),
2. C-Fasern (myelinisiert),
3. sympathisch-efferente Fasern zur Steuerung der Mikrozirkulation.

Für die Schmerzempfindung sind die A- und C-Fasern verantwortlich. A-Fasern rufen einen scharfen Schmerz hervor, insbesondere auf elektrische und thermische Reize. Kälte führt dabei zu einer schnelleren Schmerzauslösung als Wärme [5, 10, 54]. Eine Reizung der C-Fasern führt zu dumpfen, starken Schmerzen, insbesondere auf Druck [5, 10, 54].

Zur Art der Reizung bestehen verschiedene Theorien. Odontoblasten und ihre Fortsätze haben keine Rezeptorfunktion [53]. Aus diesem Grunde wirken auch Anästhesiemittel nicht, wenn sie auf das angeschnittene Dentin appliziert werden [5, 53, 54]. Eine heute allgemein akzeptierte Theorie der Reizentstehung beruht auf Flüssigkeitsbewegungen in den Dentinkanälchen [5, 14]. Bedingt durch den unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit in den Kanälchen und des Dentins kommt es bei thermischer Reizung zu einer Flüssigkeitsbewegung in den Dentinkanälchen, wodurch die A-Fasern gereizt werden. Die Reizschwelle, d. h. die Intensität, bei der ein entsprechender Reiz einen Impuls der A-Fasern freisetzt, ist jedoch nicht konstant, sondern von verschiedenen Faktoren [38] abhängig: So setzt eine verringerte Durchblutung diese Schwelle herauf (die Empfindlichkeit somit herab), eine initiale Entzündungsreaktion [54] sowie bestimmte Substanzen wie Prostaglandine [38, 53, 54] setzen diese Schwelle herab. Die Konzentration von Prostaglandinen in der Pulpa ist bei schmerzhaften Pulpaerkrankungen signifikant erhöht [7].

C-Fasern werden insbesondere auf Druck erregt. Bei einer fortgeschrittenen Pulpitis findet man eine solche lokalisierte Druckerhöhung (Tab. 1). A-Fasern sprechen aufgrund mangelnder Blutversorgung kaum noch an [53, 54], C-Fasern jedoch in verstärktem Maße [53, 54]. Das Ergebnis ist ein dumpfer Schmerz, der durch Wärme im Sinne einer Druckerhöhung verstärkt und durch Kälte gelindert wird (Abb. 4). Durch die starke Impulsauslösung kommt es zu einer Ausstrahlung im Stammhirn mit der Folge, daß der schuldige Zahn nicht mehr lokalisierbar ist [49].

Bei einem eher langsamen Ansteigen des Pulpadruckes im Sinne einer chronischen Erkrankung wird dieser Druck durch benachbarte gesunde Pulpastrukturen abgebaut: Schmerzreaktionen bleiben aus.

Das Phänomen des Zahnschmerzes kann mit pathophysiologischen Befunden in Einklang gebracht werden, wenn auch eine vollständige Erklärung bislang nicht gelungen ist. Allerdings wird deutlich, daß die hinlänglich bekannte fehlende Korrelation zwischen Zahnschmerz und pathohistologischem Befund auf methodische Limitationen der Pathohistologie zurückzuführen ist.

Tabelle 1 Intrapulpärer Druck bei Pulpaerkrankungen (Smulson 1984)

Klassifikation	Druck (mm Hg)
Gesunde Pulpa	8–15
Symptomatische Pulpa – reversible Phase –	13
Symptomatische Pulpa – irreversible Phase –	34,5
Pulpagangrän – akute Phase –	35,6



Abb. 4 Kälte lindert Zahnschmerz bei Reizung der C-Fasern (Wilhelm Busch)

4.2 Praktische Konsequenzen

Schmerzfreiheit ist ein Hinweis auf eine gesunde Pulpa, ein Beweis dafür ist sie nicht. Falls Schmerzen auftreten, muß zunächst geklärt werden, ob die Ursache überhaupt dentogen und ob sie schließlich pulpogen ist. So können z. B. Okklusionsstörungen [24], Parodontopathien [18], aber auch Tumoren [16] im Kopfbereich zu pulpitisähnlichen Beschwerden führen.

Lokalisierte Schmerzen auf kalt/süß/sauer sprechen im Sinne einer Reizung der A-Fasern für eine insgesamt geringe und reversible Entzündung der Pulpa. Spontane Schmerzen, lokalisiert auftretend, sprechen für einen fortgeschrittenen Krankheitsprozeß, da schmerzauslösende Substanzen in der Pulpa selbst vorhanden sind. Von manchen Autoren wird bereits eine irreversible Schädigung angenommen [49]. Spontane oder dumpfe und ausstrahlende Schmerzen, die durch Wärme verstärkt werden, sprechen für eine durch intrapulpäre Druckerhöhung bedingte Reizung der C-Fasern [53]. Es liegt eine schwere, bereits irreversible Schädigung vor. Die Schmerzausstrahlung mit fehlender Perkussionsempfindlichkeit macht die Su-

che nach dem schuldigen Zahn oftmals besonders schwierig. Es wurde vorgeschlagen [37], einen verdächtigen Zahn mittels Kofferdam zu isolieren und mit warmem Wasser zu umspülen, ein Verfahren, das nicht unbedingt als praxisnah bezeichnet werden kann. Nach anderen Angaben ist abzuwarten, gegebenenfalls Wärmeapplikationen anzuwenden, damit sich die Entzündung über den Apex hinaus ausbreiten und der schuldige Zahn durch Reizung der Propriozeptoren im Parodont lokalisiert werden kann [37].

4.3 Bewertung

Pulpaerkrankungen gehen oftmals ohne Schmerzen einher [54], daher ist der Wert des Zahnschmerzes als alleiniges diagnostisches Hilfsmittel beschränkt. Andererseits ist u. E. die Differenzierung zwischen Kälteschmerz als Leitsymptom für eine reversible Schädigung und Wärmeschmerz als Leitsymptom für eine irreversible Schädigung ein durchaus praxisnahes Vorgehen [1].

5 Sensibilitätsprüfung

5.1 Theoretische Grundlagen

Durch die Sensibilitätsprüfung (elektrischer Strom oder thermische Reize) können in der Pulpa funktionsfähige nervale Strukturen nachgewiesen werden. Eine Vitalitätsprüfung – wie dieser Vorgang fälschlicherweise bezeichnet wird – ist dies allerdings nicht [35]. Die Vitalität könnte höchstens über die Durchblutung, z. B. mit radioaktiven Isotopen, gemessen werden [52]. Dies ist jedoch für die tägliche zahnärztliche Praxis zu aufwendig.

Sensibilitätsprüfungen mit elektrischem Strom durch gepulste Gleichspannung [44] können mit zwei Elektroden („bipolar“) oder mit einer Elektrode („monopolar“) durchgeführt werden (Abb. 5 und 6). Die Reizschwelle pulpaler Nerven liegt nach unterschiedlichen Angaben verschiedener Autoren zwischen 20 und 100 μA [33, 35, 43, 44], diejenige parodontaler Strukturen zwischen 176 und 250 μA [33, 35, 43, 44]. Eine Differenzierung zwischen der Reizung pulpaler Nerven und solcher im Parodont ist somit möglich [33, 43].

Probleme bestehen bei Jugendlichen [11]: Trotz vitaler Pulpa ergeben elektrische Sensibilitäts-Tests zuweilen ein negatives Ergebnis. Als Ursache ist einmal die nicht abgeschlossene Entwicklung nervaler Strukturen der jugendlichen Pulpa zu nennen [54], zum anderen ist durch die große Ausdehnung der Pulpa (Abb. 7) die Stromdichte so niedrig, daß die Reizschwelle unter Umständen nicht erreicht wird [3]. Aber auch bei älteren Patienten beobachtet man – auch bei den thermischen

Tests – eine zunehmende Unzuverlässigkeit durch verstärkte Reizdentin-Ablagerungen und Verringerung der Zahl der Nerven in der Pulpa [3, 54, 56].

Die thermischen Tests reizen die A-Fasern, durch Kälte mehr als durch Wärme. Manche Autoren [3] vermuten zwar, daß es bei starker Kälteapplikation, z. B. mittels CO₂-Schnee, zu Schmelzrissen kommt, dies konnte jedoch ebenso wie eine

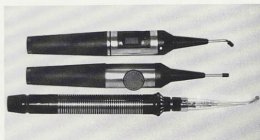


Abb. 5 Verschiedene monopolare Geräte zur elektrischen Sensibilitätsprüfung



Abb. 6 Ein bipolares Gerät zur elektrischen Sensibilitätsprüfung



Abb. 7 Bei Jugendlichen ist die elektrische Sensibilitätsprüfung wegen der großen Ausdehnung der Pulpa und der daraus resultierenden geringen Stromdichte unsicher

Schädigung der Pulpa experimentell ausgeschlossen werden [21, 39, 40]. Bei Wärmeapplikation hingegen treten bei Temperaturen, die eine Schmerzreaktion hervorrufen, bereits Pulpaschädigungen auf [10,12]. Schließlich sei als letzte Methode zur Sensibilitätsprüfung die Probetrepanation des betreffenden Zahnes als ein invasives Verfahren genannt [3, 50].

5.2 Praktische Anwendung

Viele Sensibilitätsprüfgeräte auf der Basis gepulster Gleichspannung sind heute auf dem Markt (Abb. 5 und 6). Aufgrund der individuell unterschiedlichen Empfindlichkeit der Patienten ist die Spannung variierbar. Sie wird entweder automatisch erhöht, bis die Schmerzschwelle erreicht ist, oder kann entsprechend manuell gestellt werden.

Bei diesen Verfahren muß ein geschlossener Stromkreislauf vorliegen, ein Elektrolyt (z. B. Wasser) zwischen der Elektrode (meist aus leitendem Hartgummi) und der trockengelegten Zahnoberfläche überbrückt dabei den Schmelzoberflächenwiderstand [9,33]. Bei monopolaren Geräten fließt der Strom auch durch den Behandler; er muß mit der freien Hand, z. B. mittels Mundspiegel, die Wange abhalten [9], Handschuhe dürfen nicht getragen werden [9]. Bei bipolaren Geräten entfällt diese Limitation. Die Elektrode soll bukkal im mittleren oder inzisalen Drittel des Zahnes angesetzt werden [22]. Bei manchen Geräten zeigt das Aufleuchten einer Glühlampe den geschlossenen Stromkreis an [35]. Die Anwendung elektrischer Sensibilitätsprüfungen bei Patienten mit Herzschrittmachern wird von manchen Autoren [11] abgelehnt, *Machtens* sieht darin in einer DGZMK-Stellungnahme keine Gefahren [32].

Elektrische Prüfgeräte können nur im Sinne einer Ja/Nein-Antwort verwendet werden. Die individuelle Reizschwelle, die an den meisten Geräten als ein bestimmter Zahlenwert abgelesen werden kann (Abb. 8), ist kein Hinweis auf das Ausmaß der Pulpaerkrankung und somit für die Diagnose ohne Belang [9, 30, 34].

Die thermische Prüfung erfolgt mit CO₂-Schnee (-78,5 Grad C, Abb.9) oder Kältesprays, die Dichlordifluormethan (Frigen, -22 bis -50 Grad C) enthalten (Abb. 10). Diese Methoden sind zuverlässiger als die Verwendung von Eis oder Chloräthyl [11]. In der Elektronik verwendete Kältesprays sind zwar wesentlich preisgünstiger, sollten jedoch wegen mangelnder pharmakologischer Prüfung nach Angaben von *Mayer* [35] nicht am Patienten verwendet werden.

Zur Prüfung mehrerer Zähne empfehlen wir CO₂-Schnee, bei einzelnen Zähnen Kältespray (mit Kunststoff-Pellet). Die Temperaturerniedrigung in der Pulpa ist bei beiden Mitteln vergleichbar [11], beim Kältespray erfolgt sie jedoch etwas schneller. Dies ist wahrscheinlich durch den besseren Kontakt mit der Zahnober-

Abb. 8 Elektrische Sensibilitätsprüfung kann nur als Ja/Nein-Antwort verwendet werden; die individuelle Reizschwelle innerhalb des Normbereiches ist für die Diagnose ohne Belang

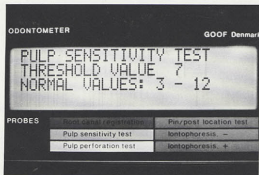
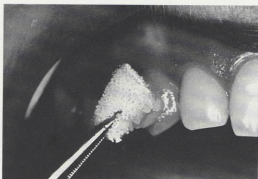


Abb. 9 Sensibilitätsprüfung mit CO₂-Schnee



Abb. 10 Sensibilitätsprüfung mit Kältespray und Pellet



fläche bedingt [11]. Ein direktes Ansprühen des Zahnes mit Kältespray ist nicht empfehlenswert.

Wärmeapplikation, z. B. durch heiße Guttapercha oder einen schnellaufenden Gummipolierer am Zahnhals, halten wir nur zur Verifizierung eines Wärmeschmerzes bei einer irreversiblen Pulpopathie für gerechtfertigt.

Die Probetrepanation als Sensibilitätstest ist z. B. bei Milchzähnen vertretbar, bei denen in der Regel andere Pulpatests keine verlässlichen Ergebnisse liefern [41].

Insgesamt ist bei der Prüfung der Pulpa-Sensibilität besonders auf folgendes zu achten:

1. Metallische Füllungen können als Bypass den Strom an der Pulpa vorbeilenken, so daß trotz vitaler Pulpa keine Schmerzreaktion entsteht [34].
2. Bei ^{60}Co -bestrahlten Patienten ist die Empfindlichkeit auf einen elektrischen Pulpatest generell stark reduziert [26].
3. Zähne mit weitem Apex, großen Füllungen, Trauma, kieferorthopädischer Behandlung und Kalzifizierungen können negativ reagieren, aber histologisch „vital“ sein [20].
4. Der Zahn muß trockengelegt sein [9].
5. Bei Kindern sind elektrische und thermische Tests generell sehr unzuverlässig [17].
6. Bei mehrwurzeligen Zähnen kann ein Wurzelkanal noch sensible Strukturen erhalten, während diese in den anderen Kanälen u. U. bereits vollständig nekrotisiert sind [50].

5.3 Bewertung

Die entscheidende Limitation von Sensibilitätstests liegt darin, daß sie nur zum Nachweis für das Vorhandensein funktionstüchtiger nervaler Strukturen, nicht jedoch für die Vitalität der Pulpa dienen können. So wurde nach histologischer Kontrolle beobachtet, daß trotz positiver Sensibilitätsreaktion in bis zu 40% der Fälle z. T. ausgeprägte Nekrosen vorlagen [20]. Es zeigte sich, daß die nervalen Strukturen zu den widerstandsfähigsten Geweben der Pulpa gehören [37]. Bei einem negativen Sensibilitätsbefund liegt die Voraussagewahrscheinlichkeit, daß es sich tatsächlich um eine avitale Pulpa handelt, bei z. T. über 90% [20]. Bei positivem Sensibilitätsbefund ist die Voraussagewahrscheinlichkeit, daß es sich tatsächlich um eine vitale Pulpa handelt, hingegen wesentlich geringer. Insgesamt tendieren Sensibilitäts-Tests dazu, ein zu optimistisches Bild zu zeichnen [20].

Die Wertigkeit der elektrischen Prüfung im Vergleich zur Kälteprüfung wird unterschiedlich beurteilt: Manche Autoren ziehen die elektrische Prüfung vor [3], an-

dere, und denen schließen wir uns an, verwenden wegen der universellen Einsetzbarkeit thermische Verfahren [35].

6 Inspektion

Karies ist die häufigste Ursache von Pulpaerkrankungen. Die Kariesdiagnostik (z. B. durch Inspektion) ist daher auch ein fester Bestandteil der Pulpadiagnostik. So ist bei dem klinisch manifesten Übergang der Schmelzkaries ins Dentin mit dem Beginn einer Pulpaveränderung zu rechnen [2]. Zum Teil kann der exakte Lokalbefund (Pulpaeröffnung?) erst nach Vorbehandlung (z. B. Kariesentfernung) erhoben werden. Seltene Zustände wie Infraktionen [29] können als Schmerzursache erkannt werden. Im folgenden sollen Röntgenbilder und Kaltlichtdiagnostik als Methoden zur Kariesdiagnose behandelt werden.

7 Röntgenbild

7.1 Theoretische Grundlagen

Das Röntgenbild (meist Zahnfilm) gibt Hinweise auf osteolytische Prozesse, bei denen mindestens 30 bis 50% Demineralisation vorliegt [31]. Auch im Rahmen der Kariesdiagnostik kann man nur ausgeprägte Demineralisationen der Zahnhartsubstanz im Röntgenbild erkennen. So war bei röntgenologischer Kariesfreiheit (an Approximalfächchen) histologisch bereits eine 0,5 mm tiefe Läsion vorhanden [37].

Bei manchen Fällen einer irreversiblen Pulpaerkrankung findet man im apikalen Bereich einen leicht verbreiterten Parodontalspalt. Der Verdacht einer Pulpagan-



Abb. 11 Interradikuläre Aufhellung bei einem gangränösen Milchzahn

grän kann bei einer apikalen Mitbeteiligung (z. B. apikales Granulom) durch einen Zahnfilm verifiziert werden. Bei Milchzähnen ist zu beachten, daß derartige Aufhellungen eher intraradikulär (Abb. 11) als periapikal auftreten [6].

7.2 Praktisches Vorgehen

Zahnfilme sollen nach der Paralleltechnik erstellt werden. E-Speed-Filme benötigen eine nur halb so lange Belichtungszeit wie D-Speed-Filme. Die dadurch bedingte Erhöhung der Korngröße (Abb. 12 und 13) ist für unsere Zwecke ohne Belang [15, 25]. E-Speed-Filme reagieren allerdings empfindlicher auf Fehler bei der Belichtung und der Entwicklung [15].

Seit einigen Jahren wird an der Methode der Xeroradiographie für den Einsatz in der Zahnmedizin gearbeitet [45]. Im Rahmen der Endodontie wurde von *San Marco* und *Montgomery* eine verbesserte Detail- und Weichgewebstdarstellung be-

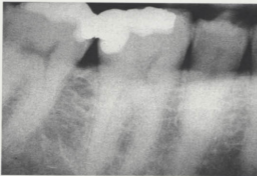


Abb. 12 Mundfilm – E-Speed Film: hohe Empfindlichkeit bei Erhöhung der Korngröße



Abb. 13 Mundfilm – D-Speed Film: geringere Empfindlichkeit bei geringerer Korngröße

schrieben. Somit scheinen für den Bereich der Pulpadiagnostik, vor allem aber der Therapie, Vorteile zu bestehen [45]. Eine geringere Strahlenbelastung kommt hinzu [45]. Inwieweit sich dieses sehr aufwendige Verfahren in der Praxis schließlich durchsetzen wird, bleibt abzuwarten.

Gleiches gilt für die Röntgenbilddarstellung mittels Videokamera. Der geringen Strahlenbelastung und der Weiterverarbeitbarkeit des Bildes, z. B. durch elektronische Vergrößerung, stehen u. a. der noch hohe finanzielle Aufwand und Probleme bei der Dokumentation gegenüber.

7.3 Bewertung

Das Röntgenbild dient der Ergänzung des Lokalbefundes hinsichtlich Karies, Füllungsausdehnung, bereits erfolgter Pulpabehandlung etc. Eine Diagnose des Erkrankungszustandes der Pulpa ist nicht möglich.

Obwohl die Auswertung eines Röntgenbildes starken individuellen Schwankungen unterworfen ist und eine – wenn auch sehr geringe – Strahlenbelastung mit der Röntgenaufnahme verbunden ist, so ist es doch das einzige nicht invasive Hilfsmittel zur optischen Darstellung des Zahnes und seines periradikulären Bereiches einschließlich der dort zu beobachtenden Besonderheiten [4, 15, 48, 52]. So können z. B. durch einen eingeführten Guttaperchastift parodontale von apikalen Prozessen unterschieden werden [14, 15].

8 Kaltlicht-Untersuchung

8.1 Theoretische Grundlagen

Die Kaltlicht-Untersuchung dient der Erfassung approximaler Karies und beruht auf der Tatsache, daß gesunde Zahnhartsubstanz eine andere Lichtdurchlässigkeit besitzt als demineralisierte [36, 42, 50]. Kariöse Zahnhartsubstanz stellt sich als (diskreter) Schatten (Abb. 14 und 15) dar [42].

Spezielle Diagnose-Sonden wurden entwickelt [4, 42], wobei der offensichtliche Vorteil dieser Geräte die fehlende Strahlenbelastung ist. Untersuchungen von *Pieper* und *Schurade* [42] haben gezeigt, daß mittels Kaltlicht mehr als dreimal soviel Dentinkaries entdeckt werden konnte wie mit Spiegel und Sonde. Röntgenaufnahmen waren im Schmelzbereich aufschlußreicher, im Dentin hingegen die Kaltlicht-Untersuchung [42].

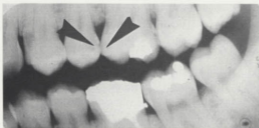


Abb. 14 Bißflügelaufnahme zur Kariesdiagnostik

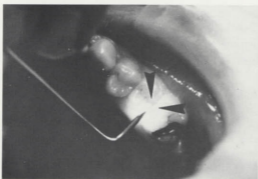


Abb. 15 Kaltlicht-Untersuchung (derselbe Patient wie Abb. 14)

8.2 Praktisches Vorgehen

Bislang ist unseres Wissens nur ein Gerät mit entsprechendem optischen Ansatz zu möglichst streustrahlenarmer Durchleuchtung der approximalen Zahnbereiche auf dem Markt [42]. Die zahnärztliche Operationsleuchte sollte während der Anwendung der Kaltlichtsonde ausgeschaltet sein.

8.3 Bewertung

Bislang liegen außer den oben genannten Untersuchungen unseres Wissens wenig Erfahrungen mit entsprechenden Geräten vor. Die Methode der Kaltlicht-Untersuchung erscheint jedoch als Ergänzung zum Röntgenbild denkbar. Bei Patienten, die keiner Strahlenexposition ausgesetzt werden können, mag dieses Verfahren gute Zukunftsaussichten haben.

9 Weitere Hilfsmittel zur Diagnose von Pulpaerkrankungen

Der Vollständigkeit halber sollen in diesem Abschnitt weitere Diagnosemethoden nur kurz angesprochen werden, ohne daß damit eine Wertung verbunden ist.

Perkussionsempfindlichkeit, die z. B. mittels Sondengriff oder einem speziell kalibrierten Perkussionsprüfinstrument erfaßt werden kann [55], soll auf eine periapikale Ausdehnung der Pulpaentzündung schließen lassen. Manche Autoren [46] sehen einen positiven Perkussionsbefund im Zusammenhang mit einer irreversiblen Pulpaschädigung, andere Autoren [47] sind diesbezüglich eher zurückhaltend.

Ein positiver *Palpationsbefund* läßt oftmals auf eine deutliche Mitbeteiligung periapikaler Strukturen schließen und kann auf eine Gangrän hinweisen. Dies gilt besonders für die *Aufbißempfindlichkeit*. Vorsichtige Palpation am Zahnhals bei vitalen Zähnen hingegen kann hypersensible Bereiche erkennen lassen [23].

Schließlich dient die *Reaktionsdiagnostik* als Hilfsmittel zur Bestätigung der Diagnose. Das dabei verwendete Zinkoxideugenol wirkt in niedrigen Konzentrationen (d. h. Eugenol-arm angemischt, bei geschlossener Pulpa appliziert) in der Pulpa entzündungshemmend, indem es die Enzyme der Prostaglandinsynthese blockiert, die Empfindlichkeit der Schmerzrezeptoren herabsetzt und die Schmerzleitung hemmt [53]. Kalziumionen in Konzentrationen, wie sie aus entsprechenden Kalziumhydroxid-Pasten und -Suspensionen freigesetzt werden, besitzen diese Eigenschaften nicht [38].

10 Analyse der Befunde

Kein einzelnes Ergebnis pulpadiagnostischer Methoden ist für sich alleine in der Lage, zu einer Diagnose zu führen, sie müssen vielmehr zusammen bewertet werden [28]. Dies kann auch mittels Computer erfolgen, wie es im Sinne von Experten-Systemen aus der Informatik bekannt ist [19]. Grundlage sind statistische Wahrscheinlichkeiten, mit denen bestimmte Einzelbefunde mit einer Diagnose assoziiert sind. Die Überprüfung eines Diagnoseprogrammes für Pulpaerkrankungen mit der Diagnose eines Praktikers ergab – je nach Erkrankung der Pulpa – eine 83 bis 100%ige Übereinstimmung [19]. Die Autoren selbst bewerten ihr Programm allerdings nur als ein weiteres Hilfsmittel im Rahmen der Pulpadiagnostik. Die abschließende Beurteilung durch den Arzt wird auch dadurch nicht überflüssig.

11 Zuordnung der Befunde

Die aus den genannten pulpadiagnostischen Methoden erhaltenen Befunde lassen sich folgendermaßen den anfangs genannten Krankheitsbildern zuordnen:

1. *Asymptomatische Pulpopathie*

- Schmerz: keiner.
 Sensibilitätstest: positiv.
 Lokalbefund: Karies über Schmelz-Dentin-Grenze hinausreichend,
 Pulpa nicht eröffnet.

Eine asymptomatische Pulpopathie ist eine reversible Erkrankung. Ist die Pulpa im Kariösen eröffnet/offen, liegt eine irreversible Pulpopathie vor, auch wenn keine Schmerzen bestehen.

2. *Symptomatische Pulpopathie – reversible Phase*

- Schmerz: auf kalt/süß/sauer lokalisierbar.
 Sensibilitätstest: positiv.
 Lokalbefund: Karies über die Schmelz-Dentin-Grenze hinausreichend und/
 oder tiefe Füllung,
 Pulpa nicht eröffnet,
 tiefe Füllung,
 Perkussion: negativ oder fraglich.

3. *Symptomatische Pulpopathie – irreversible Phase*

- Schmerz: spontan, auf Wärme verstärkt, nicht lokalisierbar.
 Sensibilitätstest: positiv.
 Lokalbefund: Karies über Schmelz-Dentin-Grenze hinausreichend und/oder
 tiefe Füllungen,
 Pulpa eröffnet oder geschlossen,
 Perkussion: positiv oder negativ.

4. *Pulpanekrose/Gangrän*

- Schmerz: fehlend oder sehr stark (periapikale Mitbeteiligung).
 Sensibilitätstest: negativ.
 Lokalbefund: variabel, gegebenenfalls apikale Mitbeteiligung im Röntgen-
 bild erkennbar.

Die beschriebenen Zuordnungen können natürlich nur als eine grobe Richtlinie angesehen werden. Vor allem Befunde, die differential-diagnostisch von Bedeutung sind (Okklusionsbefund, PA-Befund etc.) müssen erforderlichenfalls zusätzlich erhoben und in die Bewertung einbezogen werden. Man muß auch der Versuchung widerstehen, den vermeintlich schuldigen Zahn isoliert zu sehen. Vielmehr ist die Beurteilung des Gebisses, schließlich des gesamten Patienten erforderlich [18, 47, 50], um diesem Patienten eine seiner Erkrankung und seinen Bedürfnissen entsprechende Gesamtbehandlung zukommen zu lassen (Abb. 16 und 17).



Abb. 16 Im Falle des Bauern Knake erfolgte die Extraktion des schuldigen Zahnes (Wilhelm Busch)



Abb. 17 Die Mienen der Beteiligten zeigen eine erfolgreiche „bedürfnisorientierte (Gesamt-) Behandlung“ (Wilhelm Busch)

Literatur

- [1] Baume, L. J.: The biology of pulp and dentine. Karger, Basel 1980
- [2] Beer, R., Gängler, P.: Reaktionen des Endodonts bei Initialkaries – eine histopathologische Studie. Stomatol DDR 36, 491 (1986)
- [3] Bender, I. B., Freedland, J. B.: Clinical considerations in the diagnosis and treatment of intra-alveolar root fractures. J Am Dent Assoc 107, 595 (1983)
- [4] Bender, I. B., Mori, K.: The radiopaque lesion: A diagnostic consideration. Endod Dent Traumatol 1, 2 (1985)
- [5] Bergenholz, G., Mjör, I. A., Cotton, W. R., Hanks, C. T., Kim, S., Torneck, C. D., Trowbridge, H. O.: Consensus report. J Dent Res 64, 631 (1985)
- [6] Camp, J. H.: Pulp therapy for primary and young permanent teeth. Dent Clin North Am 28, 651 (1984)
- [7] Cohen, J. S., Reader, A., Fertel, R., Beck, M., Meyers, W. J.: A radioimmunoassay determination of the concentrations of prostaglandins E₂ and F₂ in painful and asymptomatic human dental pulps. J Endod 11, 330 (1985)
- [8] Constantin, I., Stratone, A., Hietsch, E.: Zerebrale bioelektrische Effekte bei Pulpaerkrankungen. Stomatol DDR 36, 485 (1986)
- [9] Cooley, R. L., Stille, J., Lubow, R. M.: Evaluation of a digital pulp tester. Oral Surg 58, 437 (1984)
- [10] Edwall, L.: Sensory nerve recordings in human teeth. J Endod 12, 462 (1986)

- [11] *Fuss, Z., Trowbridge, H., Bender, I. B., Rickoff, B., Sorin, S.*: Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 12, 301 (1986)
- [12] *Gängler, P., Pilz, W.*: Bedeutung, Probleme und neue Gesichtspunkte der Sensibilitätsprüfung. *Dtsch Stomat* 21, 721 (1971)
- [13] *Gargiulo, A. V.*: Endodontic-periodontic interrelationships – diagnosis and treatment. *Dent Clin North Am* 28, 767 (1984)
- [14] *Geurtsen, W., Ehrmann, E. H., Löst, C.*: Die kombinierte endodontal-parodontale Erkrankung. *Dtsch Zahnärztl Z* 40, 817 (1985)
- [15] *Girsch, W. J., Matteson, S. R., McKee, M. N.*: An evaluation of Kodak Ektaspeed periapical film for use in endodontics. *J Endod* 9, 282 (1983)
- [16] *Goldenberg, A. S.*: The symptoms of an angiosarcoma mimicking pulpal pain. *J Endod* 9, 65 (1983)
- [17] *Goodman, J. R.*: Endodontics in practice: Endodontic treatment for children. *Br Dent J* 158, 363 (1984)
- [18] *Guldener, P. H. A., Langeland, K.*: Endodontologie – Diagnostik und Therapie. Thieme, Stuttgart 1987
- [19] *Hyman, J. J., Doblecki, W.*: Computerized endodontic diagnosis. *J Am Dent Assoc* 107, 755 (1983)
- [20] *Hyman, J. J., Cohen, M. E.*: The predictive value of endodontic diagnostic tests. *Oral Surg* 58, 343 (1984)
- [21] *Ingram, T. A., Peters, D. D.*: Evaluation of the effects of Carbon Dioxide used as a pulpal test. Part 2. In vivo effect on canine enamel and pulpal tissues. *J Endod* 9, 296 (1983)
- [22] *Jacobson, J. J.*: Probe placement during electric pulp-testing procedures. *Oral Surg* 58, 242 (1984)
- [23] *Kim, S.*: Hypersensitive teeth: desensitization of pulpal sensory nerves. *J Endod* 12, 482 (1986)
- [24] *Kleier, D. J.*: Referred pain from a myofascial trigger point mimicking pain of endodontic origin. *J Endod* 11, 408 (1988)
- [25] *Kleier, D. J., Hicks, M. J., Flaitz, C. M.*: Die Dentalröntgenfilme Ultraspeed und Ektaspeed im Vergleich: In-vitro-Studien des röntgenographischen und histologischen Erscheinungsbildes von approximalen Läsionen. *Quintessenz* 39, 675 (1988)
- [26] *Knowles, J. C., Chalian, V. A., Shidnia, H.*: Pulp innervation after radiation therapy. *J Prosth Dent* 56, 708 (1986)
- [27] *Krauser, J. T.*: Hypersensitive teeth. Part I: etiology. *J Prosth Dent* 56, 153 (1986)
- [28] *Kröncke, A.*: Mortal- oder Vitalexstirpation? *Österr Z Stomatol* 61, 82 (1964)
- [29] *Kröncke, A.*: Zur Klinik und Problematik traumatischer Infraktionen im Dentin. *Dtsch Zahnärztl Z* 38, 600 (1983)
- [30] *Lado, E. A.*: Use, abuse, and misuse of the electric pulp tester. *Operative Dent* 8, 140 (1983)
- [31] *Lin, L., Shovlin, F., Skribner, J., Langeland, K.*: Pulp biopsies from the teeth associated with periapical radiolucency. *J Endod* 10, 436 (1984)
- [32] *Machtens, E.*: Die zahnärztliche Behandlung von Patienten mit Herzschrittmachern. *DGZMK-Mitteilungen* 4/83, 9 (1983)
- [33] *Mathews, B., Searle, B. N.*: Some observations on pulp testers. *Br Dent J* 137, 307 (1974)
- [34] *Mathews, B., Searle, B. N., Adams, D., Linden, R.*: Thresholds of vital and non-vital teeth to stimulation with electric pulp testers. *Br Dent J* 137, 352 (1974)
- [35] *Mayer, R.*: Zur Feststellung der Vitalität der Pulpa. *Dtsch Zahnärztl Z* 30, 307 (1975)
- [36] *Mitropoulos, C. M.*: The use of fiber-optic transillumination in the diagnosis of posterior approximal caries in clinical trials. *Caries Res* 19, 379 (1985)
- [37] *Montgomery, S., Ferguson, C. D.*: Endodontics – Diagnostics, treatment planning, and prognostic considerations. *Dent Clin North Am* 30, 533 (1986)

- [38] *Olgart, L. M.*: The role of local factors in dentin and pulp in intradental pain mechanisms. *J Dent Res* 64, 572 (1985)
- [39] *Peters, D. D., Lorton, L., Mader, C. L., Augsburg, R. A., Ingram, T. A.*: Evaluation of the effects of Carbon Dioxide used as a pulpal test. I. In vitro effect on human enamel. *J Endod* 9, 219 (1983)
- [40] *Peters, D. D., Mader, C. L., Donnelly, J. C.*: Evaluation of the effects of Carbon Dioxide used as a pulpal test. 3. In vivo effect on human enamel. *J Endod* 12, 13 (1986)
- [41] *Petersson, K., Wennberg, A., Olsson, B.*: Radiographic and clinical estimation of endodontic treatment need. *Endod Dent Traumatol* 2, 62 (1986)
- [42] *Pieper, K., Schurade, B.*: Die Untersuchung mit der Kaltlicht-Diagnosesonde – Eine Alternative zum Flügelbißstatus? *Dtsch Zahnärztl Z* 42, 900 (1987)
- [43] *Raab, W. H.-M.*: Schmerzkorrelierte Hirnrindenelemente des Menschen nach elektrischer Stimulation der Zahnpulpa. *Dtsch Zahnärztl Z* 40, 312 (1985)
- [44] *Raab, W. H.-M., Petschelt, A.*: Elektronische Erregungshemmung der menschlichen Zahnpulpa. *Dtsch Zahnärztl Z* 41, 185 (1986)
- [45] *San Marco, P. A., Montgomery, S.*: Use of xeroradiography for length determination in endodontics. *Oral Surg* 57, 308 (1984)
- [46] *Sauerwein, E.*: Zahnerhaltungskunde. Thieme, Stuttgart 1985
- [47] *Schroeder, A.*: Endodontie – Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Quintessenz, Berlin 1981
- [48] *Shay, J.-C.*: Foreign body in a tooth. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 59, 431 (1985)
- [49] *Smulson, M. H.*: Classification and diagnosis of pulpal pathoses. *Dent Clin North Am* 28, 699 (1984)
- [50] *Stock, C. J. R.*: Endodontics in practice: Diagnosis and treatment planning. *Br Dent J* 158, 163 (1985)
- [51] *Tönder, K. J. H.*: Vascular reactions in the dental pulp during inflammation. *Acta Odontol Scand* 41, 247 (1983)
- [52] *Trope, M. J., Jaggi, J., Barnett, F., Tronstad, L.*: Vitality testing of teeth with a radiation probe using Xenon radioisotope. *Endod Dent Traumatol* 2, 215 (1986)
- [53] *Trowbridge, H. O.*: Intradental sensory units: physiological and clinical aspects. *J Endod* 11, 489 (1985)
- [54] *Trowbridge, H. O.*: Review of dental pain – histology and physiology. *J Endod* 12, 445 (1986)
- [55] *Weisman, M. I.*: The use of a calibrated percussion instrument in pulpal and periapical diagnosis. *Oral Surg* 57, 320 (1984)
- [56] *Zakariasen, K. L., Walton, R. E.*: Complications in endodontic therapy for the geriatric patient. *Gerodontology* 1, 34 (1985)

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. G. Schmalz, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universitätsstr. 31, D-8400 Regensburg.