

**Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. Reinhard HICKEL**

**Vergleich zweier Pulpotomietechniken im Milchgebiss  
Eine klinische Studie**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Agnieszka Garbers  
Breslau (Wrocław)  
2004

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. C. Benz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr. h. c. W. Gernet

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. Cl. Benz

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 30.03.2004

Mojej Mamusi

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung der Vitalamputation im Milchgebiss.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ziel der Studie.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Diagnostik im Milchgebiss.....</b>	<b>2</b>
3.1	Morphologische Besonderheiten bei Milchzähnen .....	2
3.1.1	Krone .....	3
3.1.2	Pulpa.....	3
3.1.3	Wurzel .....	4
<b>4</b>	<b>Vitalamputation im Milchgebiss .....</b>	<b>7</b>
4.1	Indikationen für Vitalamputation im Milchgebiss .....	8
4.2	Kontraindikationen für Vitalamputation im Milchgebiss .....	8
4.2.1	Kardiologische Faktoren und systemische Erkrankung .....	9
4.2.2	Psychologische Faktoren .....	9
4.3	Wundverband .....	10
4.4	Amputationsverfahren im Milchgebiss .....	11
4.4.1	Amputation mit Kalziumhydroxid-Präparaten.....	11
4.4.1.1	Kalziumhydroxid.....	11
4.4.1.2	Wirkungsweisen .....	11
4.4.2	Amputation mit Formokresol .....	14
4.4.2.1	Formokresol .....	14
4.4.2.2	Wirkungsweisen .....	14
4.4.3	Amputation mit N2.....	17
4.4.4	Amputation mit Zinkoxid-Eugenol-Präparat .....	17
4.4.5	Amputation mit Eisensulfat.....	17
4.4.6	Amputation mit Glutaldehyd.....	18
4.4.7	Amputation mit Kortison-Antibiotika-Präparaten .....	18
4.4.8	Amputation mit elektrochirurgischen Verfahren .....	18
4.4.9	Amputation mit BMP-Verfahren .....	19
4.4.10	Amputation mit minimal invasiven Verfahren.....	19
<b>5</b>	<b>Eigene Untersuchungen .....</b>	<b>20</b>
5.1	Methode.....	20
5.2	Material .....	21
5.2.1	Kalziumhydroxid.....	21
5.2.2	Formokresol .....	22
5.2.3	Gingipak .....	22
5.2.4	Isotonische Kochsalzlösung .....	22
5.2.5	IRM .....	23
5.2.6	Konfektionierte Krone.....	23
5.2.7	Ketac® Fil .....	24
5.2.8	Ketac® Molar.....	24
5.3	Nachuntersuchung .....	24
5.3.1	Untersuchungszeitraum und Nachuntersuchungsbogen.....	24
5.3.1.1	Beurteilungskriterien .....	25

5.3.2	Untersuchungsziel .....	26
5.3.3	Statistische Auswertung .....	26
<b>6</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>27</b>
6.1	Allgemeine Daten.....	27
6.1.1	Patienten .....	27
6.1.1.1	Zeitpunkt der Behandlung.....	28
6.1.1.2	Zahl der Behandlungen .....	29
6.1.1.3	Art der Behandlungen .....	30
6.1.2	Behandelte Zähne .....	31
6.1.3	Versorgung .....	32
6.2	Behandlungsverlauf.....	35
6.2.1	Auftreten der Symptome .....	36
6.2.1.1	Nachuntersuchung der extrahierten Zähnen.....	39
6.2.2	Relative Risiken .....	40
6.2.2.1	Symptom - Schmerzen .....	40
6.2.2.2	Symptom - Schwellung .....	41
6.2.2.3	Symptom - Fistel .....	41
<b>7</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>59</b>
10.1	Nachuntersuchungsbogen.....	59
10.2	Elternbrief.....	60
10.3	Statistisches Aufkommen- Absolutwerte .....	61
10.4	Anhang Relatives Risiko .....	62

# **1 Einleitung und Problemstellung der Vitalamputation im Milchgebiss**

Als Vitalamputation bezeichnet man die Entfernung einer verletzten oder erkrankten Kronenpulpa und die anschließende Versorgung der Pulpawunde mittels eines Verbandpräparats. In der Endodontie ist die Durchführung einer Vitalamputation bei richtiger Indikationsstellung und lege artis Vorgehensweise eine Erfolg versprechende Behandlungsmethode.

Das Ziel der endodontischen Maßnahmen im Milchgebiss ist, erkrankte Milchzähne in Hinsicht auf die Erhaltung als funktionstüchtige Kaueinheiten und die Sicherung der optimalen Platzverhältnisse wiederherzustellen. Darüber hinaus soll die Schmerzfreiheit wiedererlangt werden.

Trotz der oft begrenzten Kooperationsbereitschaft junger Patienten zielen die endodontischen Maßnahmen im Milchgebiss darauf ab, die Keimreduzierung im Endodont und in der Mundhöhle zu erreichen. Zudem soll eine präeruptive Schädigung der bleibenden Zähne durch pathologische Prozesse vermieden werden, die von Milchzähnen ausgehen können.

## **2 Ziel der Studie**

Bei den, in dieser Studie angewandten, besonderen endodontischen Maßnahmen im Milchgebiss wird ein besonderer Wert auf die Vitalerhaltung der Wurzelpulpa gelegt. Insbesondere werden Vitalamputationen von Milchzähnen unter Anwendung einer modifizierten Kalziumhydroxid-Präparat-Methode mit Gingipak sowie der Formokresol-Methode, durchgeführt und miteinander verglichen.

### **3 Diagnostik im Milchgebiss**

Aufgrund des Alters, der Ängste und der begrenzten Kommunikationsfähigkeiten treten bei Kindern oft diagnostische Probleme auf. Daher sollte die Anamnese, die klinische Untersuchung und der radiologische Befund bei der Diagnostik sehr sorgfältig beachtet werden. Die anamnestischen Angaben zur Empfindlichkeit und zu Schmerzen sowie deren Charakter und Intensität sind oft auf ungenaue Aussagen der Kinder begrenzt und auch im Falle zusätzlicher Erläuterungen durch Elternteile nur sehr bedingt interpretierbar.

Bei der klinischen Inspektion, die mit einem Spiegel und einer Sonde erfolgt, sollten die Zähne mit kariösen Läsionen, alten Füllungen und eventuellen Frakturen begutachtet werden. Dabei wird auf die Tiefe und Lokalisation der kariösen Läsionen, Füllungsrand und eventuelle Sekundärkaries an den Milchzähnen geachtet. Beweglichkeit des Zahnes, Empfindlichkeit auf Palpation und Perkussion als auch Schwellung und Fistelbildung sind weitere Faktoren die eine exakte Diagnose erlauben. Der radiologische Befund gibt weitere Informationen für eine adäquate Therapieentscheidung, zum Beispiel ob eine Füllungstherapie, Pulpotomie, Pulpektomie oder Extraktion erforderlich ist.

Der klinische Aufwand der endodontischen Versorgung von Milchzähnen sollte mit dem angestrebten Behandlungsziel unter Berücksichtigung der befristeten Lebensdauer von Milchzähnen in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen. Neben psychologischen als auch kardiologischen und kieferorthopädischen Aspekten sind anatomische und biologische Gesichtspunkte bei der Therapiewahl und Pulpaversorgung miteinander abzuwägen.

#### **3.1 Morphologische Besonderheiten bei Milchzähnen**

Die Zähne der ersten Dentition unterscheiden sich von den Dentes permanentes prinzipiell in Bezug auf die Anzahl, die Größe, die Form und die Farbe.

Die wichtige Unterscheidungsmerkmale von Zähnen der ersten und zweiten Dentition stellen sich wie folgt dar (Kim zit. n. Staehle; Wheeler zit. n. McDonald, R.E.1999):

1. Die Kronen der ersten Zähne sind mesiodistal im Vergleich zu ihrer Kronenlänge breiter als jene der bleibenden Zähne; das Verhältnis Kronenlänge/Wurzellänge ist weiter zugunsten der Wurzel verschoben.
2. Die Wurzeln der ersten Backenzähne besitzen einen ovalen bis elliptischen Querschnitt. Zudem ist die mesiodistale Ausbreitung der ersten Wurzeln größer. Diese „Auflockerung“ gibt den Wurzeln mehr Raum zur Entwicklung der prämolaren Zahnkronen.
3. Die Kronen und Wurzel der ersten Backenzähne sind mesiodistal dünner am zervikalen Dritten als jene der bleibenden Molaren.
4. Aus bucco-palatinalen Sicht ist der zervikale Bereich der Milchmolaren wesentlich eindeutiger als bei permanenten Zähnen. Dies trifft insbesondere bei den ersten Milchmolaren im Ober- und Unterkieferbereich zu.
5. Die bukkale und linguale Oberfläche der ersten Milchmolaren sind flacher über ihrer zervikalen Krümmung als jene von bleibenden Molaren. Hierdurch ist die Kaufläche vergleichsweise dichter als bei bleibenden Zähnen.
6. Die erste Zähne sind gewöhnlich heller in ihrer Farbe als die bleibenden Zähne.

Die Zähne der ersten Dentition weisen eine Reihe von morphologischen Besonderheiten auf, die für Krankheitsverlauf, Diagnostik und Therapie von großer Bedeutung sind.

### **3.1.1 Krone**

Nach Schug-Kösters u. Ketterl (1973) ist bei den Milchzähnen der Schmelzmantel an den Kontaktpunkten und am Fissurenfundus nur 0,3 bis 0,6 mm dick, die okklusale Wandstärke des Dentins beträgt durchschnittlich 1,8 mm, die proximale 1,4 mm. Die geringe Schmelz-Dentin-Stärke, unterschiedliche Mineralisationsqualitäten im perinatal gebildeten Schmelz sowie ein geringerer Kalzium- und Phosphatgehalt des peri- und intertubulären Dentins begünstigen den vorwiegend akuten Verlauf der Milchzahnkaries (Johnson, 1987).

### **3.1.2 Pulpa**

Kariöse Läsionen mit relativen größeren Pulpakavum und weit zur Kaufläche hin ausgedehnten Pulpahörnern führen bei den Milchzähnen im Vergleich zu den permanenten Zähnen schneller zu Pulpitis (Morris, 1985). Die Milchzähne besitzen eine dünnere Schmelzschicht, das Pulpakavum ist ausgedehnter und die Pulpahörner, speziell jene der Milchmolaren, reichen weiter in die äußeren Dentinmantel hinein. Das mesiale Pulpahorn reicht näher an die

Außenfläche heran als das distale Pulpahorn. Im Unterkiefer zeigt das Pulpakavum eine größere Ausdehnung als im Oberkiefer. Die Form des Pulpakavums folgt im Allgemeinen der Außenkontur des Zahnes, wobei sich üblicherweise unter jedem Höcker ein Pulpahorn befindet (Kim S., zit. Staehle). Diese anatomische Besonderheit kann sowohl zu schneller Pulpaentzündung führen als auch zur akzidentellen Freilegung der Pulpa während einer Kavitätenpräparation. Die im Vergleich zu bleibenden Zähnen höhere Dentinpermeabilität bedingt eine schnelle Ausbreitung der entzündlichen Vorgänge ins Pulpagewebe. In der Folge weißt die Kronenpulpa im Falle einer tiefen Karies auch bei einer klinisch scheinbar intakten, dünnen Dentinschicht in bereits entzündliche Veränderungen auf.

Im histologischen Bild unterscheiden sich die Pulpagewebe der ersten und zweiten Dentition kaum voneinander.

### **3.1.3 Wurzel**

Die Milchzahnwurzeln sind grazil, im Seitenzahnbereich oft stark gekrümmt und haben ein spaltförmiges Kanalvolumen, wodurch insbesondere die Aufbereitung des Wurzelkanals erschwert wird. Oft erweist sich für endodontische Maßnahmen zudem die unregelmäßige Resorption der Milchzahnwurzeln als problematisch.

In der Tab. 3.1 sind morphologische und anatomische Besonderheiten der Milchzähne in Vergleich zur zweiten Dentition mit der speziellen Berücksichtigung der Folgen für die endodontische Therapie dargestellt.

1960 schlussfolgert Schour aus der geringeren Lebenszeit von dentinbildenden Zellen in Milchzähnen als jener in bleibenden Zähnen eine geringere Dichte des Milchzahndentins. Moos (1965) stellt bei 20% der Milchmolaren mit Furkationsabszessen akzessorische Kanäle im Bereich des Pulpakavumbodens fest. Ringelstein findet 1989 sogar in 42,7% akzessorische Kanäle. 1993 beobachten Paras und Rapp zu 20% in der inneren und zu 50% in der äußeren Furkationsoberfläche Öffnungen (Foramina) von akzessorischen Kanälen (Moss, St. 1965; Paras, L.G. et al. 1993-1; Paras, L.G. et al. 1993-2; Ringelstein, D. 1989).

Diese Eigenschaft der Milchzähne stellt eine erleichterte pulpo-parodontale Kommunikation mit großer praktischer Relevanz dar, denn sie erklärt, dass eine akute Ausbreitung der Nerventzündung im Milchzahn in der Regel immer im Furkationsbereich und nicht apikal erfolgt. Daher lassen sich frühzeitig diagnostizierte Pulpaerkrankungen mit einer Pulpotomie (Vital-

amputation) therapieren. Die Folge eines irreversibel infizierten koronalen Pulpagewebes ist also keinesfalls eine zwangsläufige in toto Entfernung eines Milchzahnes, da eine entzündungsfreie Wurzelpulpa vorliegen kann.

Ringelstein (1989) und Gentner (1991) verweisen auf das Entzündungspotential von ins Pulpakavum eingebrachten Medikamenten, die in den Furkationsbereich durchsickern und erklären damit die Misserfolge von Pulpotomien.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass innere und äußere akzessorische Foramina nach Ringelstein (1989) keine direkte Verbindung haben, sondern häufig blind enden. Die Bedeutung dieser Kanäle resultiert weniger aus einer direkten Verbindung der verursachten geringeren Dentindichte, die vor allem die Ausbreitung pathologischer Prozesse favorisiert.

Die Milchzahnwurzeln stehen in einer engen Lagebeziehung zu den bleibenden Keimen. Mit Beginn der Wurzelresorption muss daher bei der instrumentellen Aufbereitung der Milchzahnwurzel ein großes Risiko für den nachfolgenden permanenten Zahnkeim in Kauf genommen werden. Weitere Konsequenzen auf die endodontischen Methoden im Milchgebiss hat die ungleichmäßige Wurzelresorption des Milchzahnes. Die furkationsseitigen Wurzelwände sind in der Regel bereits weiter resorbiert als die Wurzelkanalaußenseiten. Die verminderte Aktivität im Dentin-Pulpakomplex und die damit verbundene begrenzte Fähigkeit der Sekundärdentinbildung (Heinrich und Kneist 1986), die bei progressiven physiologischen Wurzelresorptionen sogar gänzlich eingestellt wird, führt zur geringeren Abwehrkraft der Milchzahnpulpa. Die schnelle Zerstörung der Zahnhartsubstanz mit darauf folgender Infektion des Zahnmarkes führt schließlich zur irreversiblen Schädigung der Pulpa in Form einer Pulpitis (purulente Entzündung), einer Pulpanekrose (nekrotische Zerfall) oder einer apikalen Ostitis. Die akuten wie auch die chronischen Infektionen der Pulpa bedingen weitere entzündliche Reaktionen im periapikalen Knochengewebe. Die Osteolyse kann zu einer Schädigung des bleibenden Zahnkeimes führen, die in Form einer Mineralisationsstörung oder Hypoplasie vorkommt. Die Mineralisation der Prämolaren kann durch einen periradikulären, ostitischen Prozess des jeweiligen Milchzahnvorgängers beeinflusst werden (Hotz 1991). Das Ausmaß der Schädigung bzw. die Lokalisation der Schmelzveränderung ist vom Alter des Kindes und somit Entwicklungs- und Mineralisationsgrad des bleibenden Zahnkeimes abhängig. Zahlreiche Untersuchungen haben berichtet, dass schwere entzündliche Noxe sowohl in qualitativer, als auch quantitativer Hinsicht eine gravierende Mineralisationsstörung, nach sich ziehen (Bauer 1946, Kaplan et al. 1967, Schug-Köstlers und Ketterl 1973, Künzel 1985). Das Ergebnis einer solchen lokalen Störung infektiösen Ursprungs wurde von Turner im Jahr 1912 be-

schrieben und wird heutzutage als „Turner-Zahn“ bezeichnet. Harndt (1948) stellte später einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von massiven strukturellen Veränderungen, wie sie bei Turner-Zähnen zu finden sind und hochakuten, eitrigen apikalen Pulpitiden auf.

<b>Bleibender Zahn</b>	<b>Milchzahn</b>	<b>Folge für Milchzähne</b>
Relativ kleines Pulpakavum	Relativ großes Pulpakavum mit weit zur Kaufläche hin ausgedehnten Pulpahörnern	Karies führt schneller zu Pulpitis
Größere Wurzelquerschnitt	Grazile, gekrümmte Wurzelkanäle	Aufbereitung der Wurzelkanäle erschwert
Rundes Kanallumen	Spaltförmige Kanallumen	Aufbereitung der Wurzelkanäle erschwert
Relativ geringe Anzahl akzessorischer Kanäle	Akzessorische Kanäle sind vermehrt und vorhanden	Vollständiges Abfüllen erschwert
Tertiärdentin (Reparationsdentin) wird aufgrund eines Reizes z.B. Atrition, Erosion, Karies oder iatrogene Schäden lokal als Abwehrbarriere gebildet	Sekundärdentinbildung geringer	Geringere Abwehrkraft
Wurzelkanaleingänge liegen mehr zentral	Kanaleingänge liegen weiter bukkal/palatinal	Wurzelinstrument muss in einem anderen Winkel eingeführt werden
Die Dentindicke beträgt 2,85 mm okklusal und 2,3 mm approximal	Der Hartsubstanzmantel ist relativ dünn (Dentindicke okklusal 1,8 mm, approximal 1,4 mm)	Beschleunigter Krankheitsverlauf

**Tab.3.1:** Anatomische und morphologische Besonderheiten der ersten und zweiten Dentition.

## 4 Vitalamputation im Milchgebiss

Trotz der Fortschritte in der Kariesprävention bleibt bei veränderter epidemiologischer Verteilung ein hohes Kariesvorkommen im Kinderalter zu beobachten, was einen hohen Anteil an vorzeitigem Zahnverlust im Milchgebiss mit sich bringt. Endodontische Maßnahmen verlangen, obwohl sie einen lediglich temporären Charakter haben, äußerste Sorgfalt in der Durchführung und eine strenge Indikationsstellung. Bei der Wahl der Therapie muss die Wertigkeit des Zahnes, die Kooperation und das Alter des Kindes berücksichtigt werden, um alternative Möglichkeiten, wie die Zahnextraktion und Eingliederung eines Platzhalters geeignet abschätzen zu können.

Die Literatur-Recherche zeigt, dass die endodontische Behandlung der ersten Dentition ein nicht zufriedenstellend gelöstes und teilweise sehr kontrovers diskutiertes Kapitel zahnärztlicher Tätigkeit ist. Der Ruf nach der „Extraktion als sauberer Lösung“ (Stein 1935) einerseits, und die Förderung nach „Heranziehung aller Mittel der Zahnerhaltung, um einen vorzeitigen Zusammenbruch der Stützzone zu verhindern“ (Miethke 1976) andererseits, stehen sich hierbei diametral gegenüber (zit. n. Einwag 1987).

Die im bleibenden Gebiss bewährten endodontischen Methoden lassen sich, aufgrund der morphologischen Eigenschaften des Milchzahnes, nicht auf die erste Dentition übertragen. Kommt es während der Entfernung der Karies zur Pulpafreilegung, ist die Pulpotomie die Therapie der Wahl.

Die American Academy of Pediatric Dentistry definiert als Ziel der Vitalamputation die Vitalerhaltung der Wurzelpulpa und Sicherung des ungestörten Resorptionsablaufes der Wurzel bis zur natürlichen Exfoliation oder zumindest so lange sie für die Gebissentwicklung von Bedeutung sind (Koch 1994). Rakosi (1971) hält den symptomlosen Verbleib des behandelten Zahnes bis etwa 1 Jahr vor dem zu erwartenden Zahnwechsel als erfolgreich abgeschlossen, weil der eventuelle Verlust des Milchzahnes für die weitere normale Gebissentwicklung ohne Bedeutung ist. Hiermit liegt Rakosi bereits am unteren Limit. Andere Zahnmediziner (z.B. Ketterl 1968) beziffern die Grenze etwa 1½ Jahren vor dem physiologischen Zahnwechsel.

Ebenso sollen postoperative Symptome wie Schmerz oder Schwellung sowie röntgenologische Befunde von innerer Resorption, abnormer Kalzifikation der Kanäle oder periapikaler Läsionen ausbleiben. Der nachfolgende bleibende Zahn soll nicht beschädigt werden (AAPD 1998). Mit der Wahrung der ersten Dentition werden Durchbruchs- und Mineralisationsstörungen, Zahnkeimverlagerung, Engstände und prädisponierende Faktoren für eine marginale Parodontopathie im bleibenden Gebiss vermieden (Miethke 1976, Ketterl 1968).

#### **4.1 Indikationen für Vitalamputation im Milchgebiss**

Die Indikationsstellung für die Durchführung der Vitalamputation ergibt sich gemäß der amerikanischen Literatur aus einer vitalen Milchzahnpulpa, die „durch Karies oder mechanisch symptomlos geöffnet wird“ (u.a. Berger 1965, Ranly u. Fulton 1976).

Weitere Kriterien Vitalamputation (Pulpotomie) im Milchgebiss sind:

- kurze und spontane Schmerzen ohne Hinweis auf anhaltende Schmerzen in der Anamnese,
- der okklusale Teil der Pulpa wird während der Entfernung eines kariös erweichten Dentins freigelegt,
- zwei Drittel der Zahnwurzel sind noch vorhanden,
- lediglich leichte Zerstörung des Zahnes um die Restauration zu ermöglichen,
- keine interne Resorptionen,
- keine radikuläre Pulpitis,
- keine interradikuläre Aufhellung,
- Eröffnung einer vitalen koronalen Pulpa,
- Blutung aus den Pulpastümpfen hellrot und leicht zu stillen,
- großer Wert des Zahnes als physiologischer Platzhalter und
- guter allgemeiner Zustand des Kindes.

#### **4.2 Kontraindikationen für Vitalamputation im Milchgebiss**

Auch in Falle der Erfüllung aller Indikationen ist unter Umständen von einer Pulpotomie abzusehen. Hierbei sind insbesondere folgende Kontrakriterien zusätzlich zu beachten:

- Nachtschmerzen, persistente Schmerzen,
- Aufbissschmerzen,
- Schwellung,
- Fistel,
- Abszess,
- pathologische Mobilität des Zahnes,
- starke Blutung aus den Pulpastümpfen,
- systemische Krankheiten und
- bevorstehender Zahnwechsel.

#### **4.2.1 Kardiologische Faktoren und systemische Erkrankung**

Bei einigen Kindern mit systemischen Erkrankungen muss jede Möglichkeit einer Fokusbildung ausgeschlossen werden; v.a. bei:

- immunsupprimierten Kinder (häufig Leukämie),
- Kindern mit transplantierten Organen (v.a. Hauptorgane des Körpers – Herz, Niere, Leber) oder
- kardiologischer Erkrankung.

Kardiologische Erkrankungen bedeuten in der Regel das Vorliegen von sauerstoffärmerem Blut. Folglich ist eine Pulpotomie, deren Ziel eine Heilung der vitalen Restpulpa ist kontraindiziert, da sie durch Minderversorgung des Pulpagewebes einer ungünstigen Prognose zugeführt wird. Das erhöhte Endokarditisrisiko durch Keimverschleppung bedingt die Kontraindikation der Pulpotomie.

#### **4.2.2 Psychologische Faktoren**

Die Behandlung von Kindern wirft oft größere Schwierigkeiten auf, als die gleiche Therapie bei einem Erwachsenen. Insbesondere kleine Kinder brauchen neben einer gezielten psychologischen Führung viel Zeitaufwand und Geduld, um die notwendigen therapeutischen Maßnahmen durchführen zu lassen. Ein geringfügiger Prozentsatz der Kinder zeigt sich jedoch resistent gegenüber allen Versuchen eine sinnvolle Zusammenarbeit zu erreichen. In anderen Fällen erscheint eine konventionelle Behandlung infolge des ausgeprägten Befundes aussichtslos. Da jedoch eine Therapie unumgänglich ist, muss als Alternative die Behandlung in

Sedierung (Propofol, Dormicum, Lachgas) oder in Intubationsnarkose in Betracht gezogen werden.

### **4.3 Wundverband**

Ein idealer Wundverband soll folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Er ist biokompatibel, d.h. er sollte keine bleibenden, pathologischen Veränderungen der Restpulpa induzieren.
2. Er sollte die radikuläre Wundheilung fördern und die Bildung einer Hartgewebsbarriere induzieren.
3. Das Material sollte die physiologische Wurzelresorption des Zahnes möglichst nicht beeinflussen.
4. Er ist resorbierbar und röntgenopak.
5. Das Material wirkt bakteriostatisch und bakterizid.
6. Er verursacht keine lokalen und systemischen Nebenwirkungen.
7. Seine systemische Verbreitung ist stets kontrollierbar.

Obwohl für die Vitalamputationsverfahren nach wie vor mehrere unterschiedliche Behandlungskonzepte existieren, ist das ideale Material bis heute noch nicht gefunden. Jedoch werden mit den bereits verfügbaren und teils schon seit Jahrzehnten angewandten Substanzen sehr zufrieden stellende Ergebnisse erzielt (Ranly 1984). Als Wundverband für den verbleibenden Pulpastumpf werden zahlreiche unterschiedliche Materialien empfohlen, u.a. Kalziumhydroxid, Formokresol in unterschiedlichen Konzentrationen, Glutaldehyd, Zinkoxid-Eugenol, Cresatin, Eisensulfat, Laser und elektrochirurgische Verfahren.

Die zahlreichen Wundmaterialien lassen sich drei Ebenen der Amputationsverfahren im Milchgebiss zuordnen: Devitalisation, Konservierung und Regeneration (Ranly 1994).

Die Devitalisation wird vertreten durch Formokresoltechniken und elektrochirurgische Verfahren (Ruemping, Morton, und Anderson 1983).

Die Konservierung wird z.B. durch Glutaldehyde oder Eisensulfat-Präparate unterstützt, wodurch vitales Gewebe erhalten wird, ohne dass jedoch eine reparative Dentinforma-tion stattfindet (Ranly 1994).

Die Regeneration wird mit Kalziumhydroxid Behandlung erreicht. Eine neue Methode, mit der es zur echten Heilung der Milchzahnpulpa durch so genanntes „bridging“ kommen soll, macht sich die dentinogenen Eigenschaften von „freeze-dried bone“ (FDB, University of Miami) zunutze. Hierbei regt das aufgetragene FDB die Brückenbildung des Dentins über der eröffneten Pulpa an (Fadavi und Anderson 1996).

## **4.4 Amputationsverfahren im Milchgebiss**

### **4.4.1 Amputation mit Kalziumhydroxid-Präparaten**

#### **4.4.1.1 Kalziumhydroxid**

Im 19. und 20 Jahrhundert finden sich zahlreiche Beschreibungen verschiedenster Kombinationen aus ungelöschten und gelöschten Kalk in Verbindung mit Wasser, Harzen, Ölen, Säuren und anderen Substanzen für zahnmedizinische Zwecke (Staehele 1992).

Hermann hat im Jahr 1920 auf die antimikrobielle Wirkung von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  in der Endodontie hingewiesen und damit durch seine Anfangserfolge wesentlich zu dessen Verbreitung in der Zahnheilkunde beigetragen. Seit 1939 ist  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  durch Zander auch in den USA bekannt.

#### **4.4.1.2 Wirkungsweisen**

$\text{Ca}(\text{OH})_2$  wirkt durch seinen hohen pH-Wert von etwa zwölf alkalisierend. Als besonderes Charakteristika von Kalziumhydroxid-Präparaten kann daher die hohe Hydroxidionen-Freisetzung angesehen werden, infolge derer  $\text{Ca}^{2+}(\text{OH})_2^-$  antimikrobiell wirkt. Das alkalische Milieu fördert die Heilung und Kalzifizierung. Die Wirkung des  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  wurde von Glass und Zander (1939) als auch von Sauerwein und Dausch (1952) beschrieben.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  erzeugt nach Applikation bei Gewebekontakt eine oberflächige, mehrschichtige Nekrose, die als „biologischer Irritant“ wirkt. Die Koagulationsnekrose verursacht eine leichte Reizung und stimuliert die Pulpa zur Regeneration. Um das irritierende Agens zu kontrollieren und zu eliminieren, antwortet das Gewebe zunächst mit einer vaskulären und entzündlichen Reaktion. Diese endet mit der Ausbildung eines Narbengewebes. Das über der Narbe liegende

nekrobiotische Gebiet verkalkt und geht in dentinoides Gewebe über. Danach folgt der Reparaturprozess mit Zellproliferation und Bildung von neuem Kollagen. Während die Pulpa zunächst vom irritierenden Agens durch das zunächst knochenähnliche Gewebe getrennt ist, differenzieren sich später Odontoblasten und das neu gebildete Gewebe übernimmt die Aufgabe von Dentin. Somit ist die Funktion der Pulpa wiederhergestellt (Pilz et al. 1980, Koch 1994). Der alkalische pH-Wert neutralisiert nicht nur die Milchsäure der Osteoklasten und verhindert so die Auflösung mineralischer Komponenten des Dentins, sondern aktiviert auch alkalische Phosphatasen, von denen angenommen wird, dass sie eine wichtige Rolle in der Hartgewebbildung haben. Diese Schutzdecke wird von den Angloamerikanern als so genanntes „Bridging“ bezeichnet.

Die besondere Wirksamkeit von Kalziumhydroxid führt Tronstad (1988) darauf zurück, dass  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  gleichzeitig eine Hemmung der Aktivität hartgewebeauflösender Zellen sowie eine Förderung der Aktivität hartgewebbildender Zellen bewirkt.

Die Auswirkung von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ist jedoch nicht unumstritten. Noch 1976 beschreibt Harndt nur einen sehr eingeschränkten Einfluss von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  auf die Vitalerhaltung einer eröffneten Milchzahnpulpa. Er führt ins Feld, dass die Reize, welche die Zellen der Milchzahnpulpa zur Dentinbildung anregen und jene, die zu resorptiven Leistungen führen noch nicht detailliert genug bekannt seien. Er zieht in Erwägung, dass allein der zahnärztliche Eingriff, d.h. das Anschneiden oder Abtragen der Kronenpulpa in Verbindung mit dem Setzen der Ätznekrose durch das Kalziumhydroxid hinreichend wirken, um die resorptiven Eigenschaften der Milchzahnpulpa zu stimulieren und die reparativen Leistungen zu unterdrücken (Einwag 1987). Haapasalo und Orstavik (1987) haben dies durch ihre Studien über die antimikrobielle Wirkung von  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bestärkt. Die Studien belegen, dass der hemmende Einfluss von wässrigen  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Suspensionen auf das Wachstum besonders widerstandsfähiger Bakterien aufgrund des begrenzten Diffusionsvermögens gering ist.

Kalziumhydroxid ist kein Pulpitistherapeutikum. Da  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ein entzündlich verändertes Gewebe nicht ausheilt, kann man mit einer Wiedergenesung nur im Falle einer entzündungsfreien Restpulpa rechnen (Tronstad und Mjör 1972, Schroeder 1977).

Das Vorhandensein einer vollständigen Hartgewebesicht (Bridging) weist auf eine gesunde, vitale Restpulpa hin. Die potenziell großen Einsatzmöglichkeiten des Kalziumhydroxids bei der Therapie der koronalen Pulpitis im Milchgebiss werden durch folgende Faktoren begrenzt:

- die einwandfreie Diagnosestellung über einer koronalen Pulpitis und

- die Bildung eines Blutkoagels zwischen der Wundoberfläche und der medikamentösen Einlage. Diese stellt den therapeutischen Erfolg in Frage, da seine Bestandteile und insbesondere die Abbauprodukte des Koagels, eine Entzündung forcieren und den Heilungsprozess verhindern. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bestandteile des Blutkoagels und seine Abbauprodukte die Heilung verhindern. Die Formation eines Blutkoagels ist daher unbedingt zu vermeiden. Die entzündliche Reaktion wird auch durch die vom  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  erzeugte Nekrose ermöglicht. Das Blutkoagel induziert eine interne Dentinresorption, bei der das Fibrin durch seine chemotaktischen Effekte auf polymorphkernige, neutrophile Leukozyten die Entzündung fördert (Schröder u. Granath 1971).

Nach der Pulpotomie mit Kalziumhydroxid-Präparaten kommt es sehr häufig zur internen Resorption (Via 1955, Magnusson 1970a, Schröder u. Granat 1971). Nach Schröder und Granat sind zwei Arten der Resorptionen zu unterscheiden: die aktive Resorption, die durch Osteoklastenaktivität zustande kommt und die passive Resorption, bei welcher die Resorptionslakunen durch eine basophile Zone deutlich vom übrigen Dentin abgegrenzt sind.

Die möglichst geringe traumatisierende Behandlungsmethode entscheidet über den Behandlungserfolg. Die hohe Reizintensivität ist jedoch eine Voraussetzung für die Dentinbildung. Für die Entwicklung einer internen Resorption kann auch die Traumatisierung, die während der Amputation entsteht, verantwortlich sein. Durch das Abtragen des koronalen Teiles wird die restliche Pulpa unvermeidlich gequetscht, Zellen werden zerdrückt und Dentinstückchen können in die vitale Pulpa eingelagert werden (Seltzer u. Bender 1971). Durch rotierende Handinstrumente kann die Pulpa verdreht oder verschoben werden (Mejare et al. 1970).

Das  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sollte mit direktem Kontakt auf die Schnittoberfläche aufgebracht werden.

Gemäß einer Empfehlung nach Magnusson (1980) sollte  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  zunächst nur punktförmig auf die Kanaleingänge appliziert werden und eine Verteilung des Präparats auf der ganzen Pulpaboden erst nach der eintretenden Blutstillung geschehen.

Schröder 1978 hält eine sanfte Amputation für die wichtige Voraussetzung zur die Gesunderhaltung der Restpulpa. Um dies zu erreichen haben Granath und Hagman (1971) eine besondere Schnitttechnik vorgeschlagen. Bei diesem Amputationsverfahren werden Schmelz und Dentin mit einem drei oder vier Millimeter starken runden oder zylindrischen Diamanten entfernt. Dabei ist es wichtig, dass das Pulpdach noch unberührt bleibt. Die Pulpa wird dann mit einem zylindrischen, nur kopfseitig belegten Diamanten mit glatten Seitenflächen geöffnet. Sein Durchmesser sollte geringfügig größer sein als jener des vorher verwendeten Instrumentes. Das umgebende Hartsubstanzgewebe gewährleistet genügend Abstützung. Nach den An-

weisungen von Granath und Hagman sollte die Kronenpulpa bis zum größten Querschnitt des Kavums entfernt werden. Bei einer Geschwindigkeit von ca. 100.000 Umdrehungen pro Minute werden alle Schleifmaßnahmen unter Berieselung durch eine physiologische Kochsalzlösung durchgeführt. Die Amputation der Kronenpulpa erfolgte nur bis zum größten Kavumdurchmesser. Die rasche Ausbreitung der Entzündung in Milchzahnpulpa stellt die Anwendung dieser Technik in der Kinderzahnheilkunde in Frage.

#### **4.4.2 Amputation mit Formokresol**

##### **4.4.2.1 Formokresol**

Das Ziel einer Formokresol-Pulpotomie ist die Fixierung des radikulären Gewebes. Dadurch werden pathologische Prozesse aufgehalten und auch eine Gesundung des fixierten Gewebes ermöglicht (Lazzari et al. 1978). Der Wirkungsmechanismus des Formokresols wurde auch als Mumifikation (Berger 1972) oder Desinfektion (S'Gravenmade 1975) beschrieben.

Für die Pulpotomieverfahren wird das bereits 1904 von Buckley entwickelte und erstmalig beschriebene Formokresol in modifizierter Form angewendet. Er erklärte die Wirkung als eine chemische Reaktion von Formalin und Trikresol mit den Zwischen- und Endprodukten einer ablaufenden Pulpaentzündung. Das Ergebnis seien „new, odorless and non infective compounds of a harmless nature“ (Buckley 1904).

##### **4.4.2.2 Wirkungsweisen**

Formaldehyd (Methanal) ist chemisch gesehen eine sehr reaktive Substanz. Die funktionelle Gruppe ist ein Aldehyd, das durch spezifische Reaktionen mit den Aminogruppen in den Proteinseitenketten ein weiteres Fortschreiten der Entzündung unmöglich macht. Die Proteine verketteten sich dabei untereinander, wodurch es zu einer Stabilisierung der Pulpa kommt (Lazzari et al. 1978). Das Prinzip - Aldehydbildung an Eiweiß - ist das gleiche wie bei der Fixierung von Geweben, wobei die Reaktion von Formaldehyd mit den Proteinen recht langsam abläuft. Die Diffusion von Formaldehyd durch Weichgewebe erfolgt ca. fünfmal langsamer als durch Blutplasma. Eine bedeutende Rolle spielt dabei der pH-Wert der Umgebung. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist am größten unter schwach alkalischen Bedingungen (pH 7,5–8,5). Im räumlichen Verband haben die Proteine sogar antigene Eigenschaften und aktivieren als so genannter Fremdkörper das Immunsystem (Nishida et al. 1971, Block et al. 1977). Dabei spricht man dem Formokresol fixierende und desinfizierende Qualitäten zu. Die antiseptische Wirkung von Formaldehyd ist in vielen Untersuchungen

bestätigt worden, u.a. Dankert et al. 1976, Verco 1984. Formaldehyd bildet die chemische Bindung nicht nur an der Pulpa, sondern auch mit den Proteinen der Mikroorganismen (S'Gravenmade 1975).

Der Zustand der Pulpa nach der Behandlung mit Formokresol lässt sich wie folgt charakterisieren:

- a) an der Amputationsstelle befinden sich Zelltrümmer und Dentinspäne, darunter
- b) eine Zone fixierten Gewebes, danach schließt sich
- c) ein Bezirk entdifferenzierter Zellen an. Es folgt
- d) ein Gebiet mit entzündlich veränderten Zellen und erkennbarer Aktivität zum bindegewebigen Ersatz, das in
- e) ein normal erscheinendes, vitales Pulpagewebe übergeht

(Doyle et al. 1962; Beaver et al. 1966; Rolling et al. 1976; Rolling und Lambjerg-Hansen 1978, Einwag 1987).

Ein Hartschubstanzverschluss der Wurzelpulpa im Sinne eines „Bridging“ kann also nicht erwartet werden. Bei der Anwendung dieses Verfahrens ist auch kein gesunder, entzündungsfreier, „geheiltes“ Pulpazustand zu erreichen.

Ein Bestandteil des Formokresol ist das Trikresol. Es wirkt stark desinfizierend (S'Gravenmade 1975). Daher wird der anhaltende antibakterielle Effekt von Formokresol zum größten Teil auf das Trikresol zurückgeführt (Mejare et al. 1978). Über die Wirkung von Trikresol auf das Gewebe ist jedoch bisher nur wenig bekannt. Trikresol schwächt die schädlichen Wirkungen des Formaldehyds ab. Das Reaktionsprodukt ist ein großes Molekül und soll der Grund für die verhinderte Diffusion des Formaldehyds über die Wurzelspitze hinaus sein. Trikresol hat keinen Einfluss auf die Proteinlöslichkeit, aber als Fettlösungsmittel kann es zur erhöhten Membranpermeabilität beitragen und auf diese Weise die Wirkung des Formokresol verstärken (Nelson et al. 1979).

Die dritte Komponente von Formokresol - das Glycerin - verhindert die Polymerisation von Formaldehyd zu Paraformaldehyd und dient deshalb als Kurzzeitemulgator (Teplitzky und Grieman 1984).

Folgende Vorteile von Formokresol zeigen sich in der klinischen Anwendung:

- Die Problematik der diagnostischen Abklärung zwischen einer Pulpitis coronalis und einer Pulpitis totalis besteht nicht, da das Verfahren in beiden Indikationsbereichen mit gleichem Erfolg eingesetzt werden kann (Mejare 1979).
- Der Grad der Wurzelresorption ist unerheblich für das Ausmaß des Behandlungserfolges (Mejare 1979, Verco und Allen 1984).
- Interne Resorptionen im Bereich der Wurzel kommen nur extrem selten vor (Magnusson 1980).

Die Nachteile von Formokresol in der klinischen Anwendung sind

1. lokale Effekte:

Präparate, die hohe Konzentration von Formaldehyd enthalten, führen zu Gewebsnekrosen. Selbst wenn entsprechende Präparate (z.B. Pulpadevitalisierungsmittel) gezielt in Kavitäten eingebracht wurden, sind in Einzelfällen ausgedehnte Schädigungen der den Zahn unmittelbar umgebenden Areale (marginales und periradikuläres Parodont) beobachtet worden (Staehele, Koch 1997).

2. systemische Effekte:

Formokresol hat bei niedrigdosierter, dauerhafter Exposition eine chronisch-toxische Wirkung, deren Symptome meist unspezifisch sind (Unwohlsein, Beeinträchtigungen des Antriebs, der Reaktionsfähigkeit oder Geschicklichkeit). Es gibt allerdings bis dato keine Hinweise darauf, dass derartige Befindlichkeitsstörungen in einem Zusammenhang mit formaldehydhaltigen Dentalmaterialien stehen (Staehele und Koch 1997).

Der Zusammenhang zwischen Pulpotomien und dem Auftreten von Schmelzdefekten an nachfolgenden Zähnen ist nicht eindeutig. Nach Pruhs et al. 1977, Messer et al. 1980, Jeurissen und Schols 1981, Kilgert- Hartmann 1990 treten die Hypoplasien und Mineralisationsstörungen auf, wenn eine Pulpotomie des Milchzahnes zu dem einem Zeitpunkt erfolgt, zu welchem die Krone des bleibendes Zahnes noch nicht ausgebildet ist. Diese Meinung steht im Widerspruch zu Rölling und Poulsen 1978, van Amerongen 1987, Alacam 1989a u. b, die keinen Zusammenhang zwischen Pulpotomien und Schmelzdefekten sehen. Durch den Einsatz von Formokresol konnten Änderungen der Durchbruchzeiten nachgewiesen werden. Während Lauterstein von einem vorzeitigen Durchbruch des bleibenden Nachfolgers spricht, berichtet Starkey hierbei von einem verzögerten Durchbruch (Starkey 1973, Lauterstein 1962). Verschiedene Autoren berichten zudem von einem ektopischen Durchbruch der Prä-

molaren nach einer Pulpotomie der Milchmolaren im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe (Messer et al. 1980, Kim et al. 1961, Ayers et al. 1981).

Ende der 70er Jahre mehrten sich aufgrund der tierexperimentell nachgewiesenen mutagenen, kanzerogenen, immunogenen und toxischen Eigenschaften der Formaldehyde kritische Stimmen gegen das Verfahren (Lewis B 1998, Ranly 1994, Waterhouse 2000).

#### **4.4.3 Amputation mit N2**

Das N2-Präparat wurde von Sargenti 1952 in der Zahnheilkunde eingeführt. In seiner klinischen und histologischen Auswirkung unterscheidet sich N2 nicht sehr vom Formokresol. Der Wirkstoff in N2-Präparaten ist Paraformaldehyd und die Trägersubstanz ist Zinkoxid-Eugenol.

Die N2-Paste kann direkt nach der Amputation der Kronenpulpa appliziert werden, so dass im Vergleich zur Formokresoltechnik die 5-minütige Applikationszeit entfällt.

#### **4.4.4 Amputation mit Zinkoxid-Eugenol-Präparat**

Direkt auf die fixierten Pulpastümpfe appliziertes ZOE führt zur internen Resorption und zur Nekrose wie schon Magnusson 1971 und Garcia-Godoy 1981 nachwiesen. Ebenso haben Versuche zu ungenügendem Erfolg geführt, in denen eine 2 %ige Glutaldehydlösung in ZOE-Paste emulgiert wurde und anstelle der vorherigen 5-Minuten-Pellet-Applikation zum dauernden Verbleib aufgebracht wurden. Dies kann sowohl einer zu niedrigen Konzentration des Glutaldehyd, als auch der nekrotisierenden und resorptiven Wirkung des auf die Pulpawunde aufgetragenen Zinkoxid-Eugenols zugeschrieben werden (Garcia-Godoy, Ranly, 1987).

#### **4.4.5 Amputation mit Eisensulfat**

Bei der Anwendung von Eisensulfat kommt es zur Komplexbildung von Eisenionen und Proteinen des Blutes. Die Blutstillung wird hierbei ohne Ausbildung eines Blutkoagels erreicht. Eisensulfat verfügt zusätzlich über bakteriostatische Eigenschaften. Systemisch toxische Wirkungen sind bislang nicht bekannt. Eisensulfat scheint es als Wundverband bei der Vitalamputation der neuen Hoffnungsträger zu sein. In der Literatur werden die Erfolgsraten sehr unterschiedlich angegeben (Fei 1991, Cotes 1997, Fuks 1997a und b, Smith 2000).

#### **4.4.6 Amputation mit Glutaldehyd**

Glutaldehyd wurde als Alternative für Formokresol vorgeschlagen, da es eine geringere toxische Wirkung als Formaldehyd besitzt. Sein Einsatz fand jedoch über Pilotstudien hinaus keine Fortsetzung (Fuks 1986, Garcia-Godoy 1983, Garcia-Godoy 1987, Waterhouse 1995). Neben klinischen Misserfolgsraten um 50 % dürfte letztlich sein mit Formaldehyd vergleichbares negatives Wirkungsspektrum den Einzug in die klinische Praxis ad absurdum geführt haben (Lewis 1998, Ranly 1994, Waterhouse 2000).

#### **4.4.7 Amputation mit Kortison-Antibiotika-Präparaten**

Kortison-Präparate haben infolge ihrer Entzündung hemmenden Wirkungsmechanismen und der schnellen Schmerzausschaltung bei gleichermaßen immunsuppressiver und antibiotischer Wirkung große Hoffnungen bei der Heilung einer entzündet veränderten Pulpa erzeugt. Eine echte Heilung im biologischen Sinne konnte nach der Anwendung von Kortikoid-Präparaten jedoch niemals festgestellt werden. Es ist insbesondere zu beachten, dass auch die natürlichen Abwehrreaktionen des Organismus durch die anti-inflammatorische Wirkung verschwinden. Daher werden vom Körper keine Abwehrstoffe gegen etwaige durch den Kanal bis zum Apex wandernde Eitererreger gebildet. Die Bakterien treffen an der Wurzelspitze auf Gewebe, welches durch die Kortikoidwirkung wiederum in seiner Abwehr geschwächt ist: die Ausbildung eines Granuloms, das normalerweise den Restorganismus bei gangrenöser Pulpa vor Sepsiserregern schützt, kann nicht stattfinden. Infolge der Gefahr einer Fokalinfection ist die Applikation von Kortison-Präparaten kontraindiziert. Bei den widerstandsfähigen Bakterien ist die Wirkung von Standard-Antibiotika allerdings nicht ausreichend - es besteht Gefahr, dass resistente Stämme entstehen (Büttner 1963, Triadan und Schroeder 1962, Hermann 1966, Hansen et al. 1971).

#### **4.4.8 Amputation mit elektrochirurgischen Verfahren**

Durch die Vorteile bei der Schnelligkeit des Eingriffs, der sofortigen Hämostase und der geringen Komplikationsrate wird diese Methode zur Milchzahnampputation empfohlen (Andermann 1989). Diese Technik hat gegenüber Formokresol-Pulpotomie keinen entscheidenden Vorteil, weil die Amputationswunde mit Formokresol abgedeckt wird. Nach Abtragen des Pulpadaches und die Entfernung der Kronenpulpa mit einem Diamanten wird die Pulpawunde durch eine Mischung aus Zinkoxid-Eugenol und Formokresol ausgekleidet.

Einige Autoren weisen darauf hin, dass die Erfolgsquote über 99 % liegt (Mack u. Dean 1993), die experimentelle Studie von Shaw et al. 1987 zeigt hingegen eine Quote von lediglich 80 % (Andermann 1989, Arrastia 1995, Ruemping 1983).

Bis dato fehlen jedoch noch Langzeitstudien und histologische Untersuchungen zu dieser Methode. Sehr kritisch zu betrachten ist die klinische Anwendung unter Berücksichtigung von möglichen thermischen Nebenwirkungen. Die Risikoabschätzung über potentielle Immunreaktionen muss in Abhängigkeit von der optimalen Stromstärke, Wellenlänge, Energiedichte, Expositionszeit und dem Entzündungsausmaß getroffen werden. Letztlich sollte die Anwendungszeit in direkter Abhängigkeit zum Stand der Resorption stehen (Oeztas 1994, Sheller 1987, Wilkerson 1996).

#### **4.4.9 Amputation mit BMP-Verfahren**

Alle Hoffnungen auf eine Lösung des Pulpotomieproblems werden gegenwärtig in die knocheninduktiven Proteine (bone morphogenetic proteins, BMP) gesetzt. Im Vergleich zu der konventionell mit Kalziumhydroxid überkappten Pulpa wurde nach der BMP-Applikation eine gesteigerte und deutlich schnelle Dentinneubildung beobachtet (Differenzierung von Pulpazellen zu Odontoblasten nach Jepsen 1995, Jepsen 1997). Die Wundheilung erfolgt direkt auf der Wundfläche und nicht auf Kosten des Pulpagewebes. Einziger Nachteil der Methode sind derzeit die damit einhergehenden hohen Behandlungskosten.

#### **4.4.10 Amputation mit minimal invasiven Verfahren**

Basierend auf dem minimal invasiven Therapieansatz entwickelte Davina (1998) das Konzept einer konservativen Pulpotomietechnik. Bei diesem theoretisch interessanten Ansatz besteht praktisch allerdings die Gefahr, dass die vollständige Ausräumung der koronalen Pulpa ohne Sichtkontrolle misslingt. Ein weiteres nicht zu unterschätzendes Problem ergibt sich durch einen starken Dentinabtrag am Pulpakammerboden. In morphologischen Untersuchungen wurden bei 5 bis 20 % aller pulpotomierten Milchzähne entsprechende Schäden nachgewiesen, die im Einzelfall zur Fraktur des Zahnes führen können (Heinrich-Weltzien 2001, Gentner 1991).

## 5 Eigene Untersuchungen

### 5.1 Methode

Aus den Patienten der Universitätsklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München wurden zwischen Februar 1992 und April 1998 insgesamt 190 Kinder im Alter von 2 bis 11 Jahren endodontisch behandelt. Nach der Pulpotomie wurden die Patienten über einen Zeitraum von 3 Jahren alle 4-6 Monate schriftlich zur Nachuntersuchung aufgefordert. Dieser Beobachtungszeitraum wurde allerdings verkürzt, sofern der Zahn bereits vorzeitig durch die physiologische Exfoliation ausfiel oder infolge von klinischen Symptomen entfernt wurde. 165 Patienten (75 Mädchen, 90 Jungen) erschienen regelmäßig zu diesen Nachuntersuchungsterminen und wurden im Rahmen dieser retrospektiven Studie erfasst. Von den 394 wurzelbehandelten Milchmolaren wurden 181 Zähne (46,1 %) mit Formokresol und 213 Zähne (53,9 %) mit  $\text{Ca(OH)}_2$ -Präparat versorgt. Alle endodontischen Maßnahmen wurden unter absoluter Trockenlegung, unter Lokalanästhesie und mittels Kofferdam durchgeführt. 121 (30,6 %) Wurzelbehandlungen wurden bei kooperativen Kindern in konventioneller Behandlung gelegt. Bei unkooperativen oder behinderten Kindern wurden in Intubationsnarkose 175 Zähne (44,4 %) und in Sedierung 99 Zähne (25 %) behandelt.

Während der Untersuchung von 165 Kindern wurde Caries profunda diagnostiziert. Während der Exkavation infolge von tiefer Karies wurde die Pulpa geöffnet. Bei 394 Milchzähnen wurden Vitalamputationen durchgeführt.

Nach lokaler Anästhesie (Oberflächeanästhetikum - Benzo-Jet, Henry Schein Inc., Ultracain D-S-Forte, Hoechst), sorgfältigen Exkavation jeglichen kariösen Dentins erfolgte die Entfernung des Pulpakavums. Das Pulpdach wurde unter Wasserkühlung mit einem Diamanten abgetragen. Unter Berieselung mit isotonischem Kochsalz wurde die Kronenpulpa mit einem sterilen birnenförmigen Diamanten soweit entfernt, dass der Boden des Pulpakavums sichtbar, aber nicht beschädigt wurde. Die blutende Wurzelpulpa wurde mit NaCl (Kochsalzlösung) drucklos gespült.

Bei der Kalziumhydroxid-Methode wurde die Wunde mit einem sterilen Wattepellet komprimiert. Anschließend wurde Gingipak für 5 Minuten auf die Stümpfe aufgebracht und mit weiteren sterilen, trockenen Pellets abgedeckt. Nach der Entnahme der Wattepellets wurde die Hämostase kontrolliert. Die Kanaleingänge wurden mit einer Kalziumhydroxidpaste verschlossen. Mit Hilfe von einem kleinen Wattepellet wurden die Pulpastümpfe lokal mit einem  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Präparat versorgt. Auf die  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Präparat-Schicht wurde eine Zinkoxid-Eugenol-Paste (IRM) aufgetragen. Bei 60 Zähnen wurde eine provisorische Versorgung mit einer Glassionomerzement-Füllung (Ketac® Fil) durchgeführt. Bei 153 Zähnen erfolgte eine Versorgung mit einer Kinderstahlkrone (3M-Dental).

Die Durchführung der Formokresol Methode erfolgte bis zur Eröffnung des Pulpakavums in gleichen Schritten wie bei der  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Präparat Methode. Nach einer NaCl-Spülung und der Blutstillung der Wunde wurde das Agens durch getränkte und ausgedrückte Wattepellets auf die Stümpfe aufgebracht und unter Verschluss mit weiteren trockenen Pellets für 5 Minuten belassen. Nach Entnahme der Pellets bei bestehender Hämostase wurde auf die Amputationsstelle IRM appliziert. Als Versorgung des Zahnes erfolgte bei 58 Zähnen eine Glassionomerzement-Füllung und bei weiteren 123 Zähnen wurde nach entsprechender Präparation eine Kinderkrone eingesetzt.

## **5.2 Material**

### **5.2.1 Kalziumhydroxid**

Kalziumhydroxid wurde von Underwood 1859 zur Behandlung eines Zahnes genutzt, dessen Pulpa freigelegt worden war. Zwei Jahre später wurden kalziumhydroxidhaltige Präparate von Cartwright zur Überschichtung des kariösen Dentins im Rahmen der schrittweisen Kariesentfernung angegeben. Bei der Suche nach einem Präparat mit einer bakteriziden Wirkung verwendete Hermann (1920) erstmalig das Kalziumhydroxid in der Endodontie. Zur Versorgung einer Pulpotomiewunde fanden wässrige Suspensionen große Anwendung. Ein Vertreter dieser Gruppe ist Calxyl.

Calxyl wird als pastenförmige Suspension verwendet, die 2,3 g Kalziumhydroxid und 2,7 g Bariumsulfat auf 10 g Paste enthält. Das Bariumsulfat-Pulver wird wegen seiner Röntgenopazität beigemischt.

Aufgrund seines hohen pH-Wertes von 12,4 wirkt Calxyl bakterio­statisch und bildet einen Schutz gegen Reinfektion.

### 5.2.2 Formokresol

Der von Buckley entwickelte und im Jahre 1904 erstmals beschriebene Wirkstoff Formokresol wird vor allem im angloamerikanischen Sprachraum als Standardversorgung der Pulpitis coronalis in der primären Dentition angesehen (Law et al. 1964, Berger 1972, Wijnbergen et al. 1979, Städler 1982, Verco & Kevin 1984).

Zusammensetzung der Buckley'schen Lösung:

Formaldehyd 35 %	19 ml
Trikresol	35 ml
Glycerin	15 ml
Aqua dest.	31 ml
<hr/>	
Gesamt:	100 ml

Um das Verhältnis von Effektivität zu Toxizität zu optimieren, wird die Anwendung einer 1:5 Verdünnung dieser Lösung mit Aqua dest. vorgeschlagen (Fuks 1986, Garcia-Godoy 1984, Morawa 1975, Prakash 1989).

### 5.2.3 Gingipak

Die adrenalin­haltigen Wattepellets Gingipak sind ein Markenartikel der Sigma Dental Systems-Emasdi GmbH zur Blutstillung.

### 5.2.4 Isotonische Kochsalzlösung

Zum Befeuchten von Verbänden wurde eine isotonische Kochsalzlösung NaCl (Fresenius AG) als plasmaisotoner Flüssigkeitsersatz verwendet.

Arzneilich wirksame Bestandteile:

Natriumchlorid	9,0 g/l	entsprechend
Na <sup>+</sup> 154,0 mmol/l	Cl <sup>-</sup> 154,0 mmol/l	

Sonstige Bestandteile:

Salzsäure, Natriumhydroxid, Wasser,

theor. Osmolarität = 308 mosm/l

### 5.2.5 IRM

Der Zinkoxid-Eugenol-Zement IRM (Dentsply, Detrey) findet seine hauptsächliche Anwendung bei der provisorischen Versorgung von Kavitäten. Eugenol ist ein hellgelbes Öl, das aus Nelken extrahiert wird. ZnO-Eugenol-Präparate sind gingivaverträglich und zeigen oft sedierende Wirkung.

Wirksame Bestandteile:

1g Pulver enthält:	Zinkoxid	0,60g
	Polymethylmethackrylat	0,20g
1g Flüssigkeit enthält:	Eugenol	0,99g

Empfohlenes Mischungsverhältnis:

Pulver zu Flüssigkeit in den Gewichtsteilen 6:1.

### 5.2.6 Konfektionierte Krone

Die konfektionierten Edelstahlkronen (3M Dental) wurden für die Langzeitversorgung von Milchzähnen entwickelt. Die Kronen besitzen eine natürliche Höhe und Wandgestaltung und sind im Zervikalbereich so vorgeformt, dass sie eine feste elastische Anpassung ermöglichen.

Zusammensetzung:

Eisen	64,9-70,9 %
Chrom	18-20 %
Nickel	8-12 %
Magnesium	2 % max.
Silizium	1 % max.
Phosphor	0,045 % max.
Schwefel	0,03 % max.
Kohlenstoff	0,03 %

### **5.2.7 Ketac® Fil**

Das Ketac® Fil Aplicap (Firma ESPE) gehört zu den Glasionomer-Füllungsmaterialien. Ketac® Fil Aplicap Kapseln werden mit dem ESPE Aplicap System verarbeitet, wodurch die Aktivierung des Kapselinhalts direkt in der Füllapparatur der Kavität ermöglicht wird.

Zusammensetzung:

1 Kapsel mit 272 mg Pulver und 92 mg Lösung enthält

im Pulver:

152,4 mg Silicat

43,5 mg Aluminium

35,4 mg Fluor

29,9 mg Kalzium

5,4 mg Natrium

5,4 mg Phosphor

in der Lösung:

14,63 mg Polyakrylsäure

14,63 mg Polymaleinsäure

8,37 mg Weinsäure

### **5.2.8 Ketac® Molar**

Die Kinderstahlkronen wurden mit Ketac® Molar (Firma ESPE) einzementiert.

## **5.3 Nachuntersuchung**

Die klinische Nachuntersuchung der endodontischen Maßnahmen wurde von einer Zahnärztin durchgeführt, die selbst nicht an den endodontischen Behandlungen beteiligt war.

Nach einer relativen Trockenlegung wurden die behandelten Zähne klinisch mit Spiegel und Explorersonde (EXD 5, Hu Friedy, Leimen) beurteilt und die Ergebnisse dokumentiert.

Die Kinder wurden regelmäßig zur Kontrolle einbestellt, um eventuelle Komplikationen nach der Behandlung zu verhüten.

### **5.3.1 Untersuchungszeitraum und Nachuntersuchungsbogen**

Der Beobachtungszeitraum variiert zwischen 3 und 36 Monaten. Für diese Schwankungen zeichnen sich zwei Parameter verantwortlich: Zum einen wurden Patienten, deren Erstbehand-

lung im Zeitraum zwischen April 1995 und Juli 1997 lag, lediglich bis zum Schluss der klinischen Datenaufnahme (April 1998) berücksichtigt. Zum anderen führte ein Behandlungserfolg zum vorzeitigen Abbruch der Untersuchung. Im Vergleich der durchschnittlichen Beobachtungszeiten spiegelt sich daher die höhere Erfolgsrate der Formokresol-Behandlung wider: der Durchschnitt über alle erfassten Patienten bei der Calxyl-Methode liegt mit knapp 23 Monaten um 4,5 Monate unter dem Durchschnitt der mit Formokresol behandelten Patienten. Die Untersuchung umfasste alle Kinder, bei denen in der Klinik Vitalamputation durchgeführt wurden und die der Aufforderung zur Nachuntersuchung folgten (vgl. Kap. 6.1.1).

Auf Grundlage des Bewertungsschemas des United-States-Public-Health-Service wurde ein Nachuntersuchungsbogen erarbeitet, der modifizierte Kriterien zur klinischen Beurteilung der endodontischen Maßnahmen enthält (s. Anhang 10.1).

Auf dem Nachuntersuchungsbogen wurden folgende Daten vermerkt: Name, Geschlecht, Alter, Untersuchungsdatum, behandelter Zahn, das Ausmaß der Kavität, Art der Vitalamputation und Versorgung des Zahnes. In diesen klinischen Untersuchungen wurden eventuelle Schmerzen, der Zustand der umgebenden Gingiva wie z.B. Rötung, Schwellung, Beweglichkeit des behandelten Milchzahnes, der Zustand vorhandenen Restaurationen sowie das Auftreten von Fisteln überprüft.

### **5.3.1.1 Beurteilungskriterien**

Zur Auswertung wurde ausschließlich klinisches Material verwendet. Histologische Daten wurden nicht herangezogen.

Wegen der mangelhaften Mitarbeit einiger Kinder, geringeren Alter, traumatischen Erlebnissen oder Behinderung konnte die röntgenologische Kontrolle nur bei 71 (43 %) Kindern durchgeführt werden. Aufgrund dessen kann einer röntgenologischen Auswertung im Rahmen dieser Studie nicht nachgegangen werden.

#### **a) Erfolg der Behandlung**

Die klinische Symptomlosigkeit in den ersten 3 Jahren nach der durchgeführten Vitalamputation und Erhaltung der Zähne bis zur natürlichen Exfoliation wurde als entscheidendes Erfolgskriterium angesehen. Bei allen Fällen, in denen ein behandelter Zahn extrahiert wurde um den Durchbruch des bleibenden Zahnes nicht zu behindern, wurde die Behandlung als erfolgreich abgeschlossen gewertet. Die Patienten, die das Alter des physiologischen Zahnwechsel noch nicht erreicht hatten und die so genannten „Spätzahner“, wurden als erfolgreich

eingestuft, wenn bis zum Abschluss der Analyse ein symptomloser Verbleib des behandelten Zahnes dokumentiert wurde.

#### b) Misserfolg der Behandlung

Das Auftreten von klinischen Symptomen wie Schmerzen, Fistelung, Weichteilgewebeschwellung, abnorme Beweglichkeit des Zahnes als auch von röntgenologischen Symptomen wie interradikulären, apikalen Aufhellungen wurden als Misserfolg bewertet. Die betroffenen Zähne wurden bei beiden Behandlungsmethoden (Calxyl-, Formokresolgruppe) extrahiert.

### **5.3.2 Untersuchungsziel**

Das Ziel des Vergleiches zwischen der Vitalamputation mit Formokresol und jene mit Kalziumhydroxid war neben der Erfolgskontrolle die Bewertung der jeweiligen Vor- und Nachteile der Milchmolarbehandlung mit einer verdünnten Buckley'schen Lösung und einer Gingipak/Kalziumhydroxid-Kombination.

### **5.3.3 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS 10.0. Entsprechend des orientierenden Charakters der Studie wurde das Signifikanz-Niveau auf 5% festgesetzt. Die angegebenen p-Werte sind zweiseitig da keine Trendvorhersage vorliegt. Für die Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Behandlungsmethode und den übrigen Variablen, die ein rein nominales Skalenniveau aufwiesen, wurde als statistischer Test der Vier- bzw. Mehrfeldertest in der exakten Version nach Fischer benutzt.

Einigen der ermittelten Variablen kann aber durchaus ein ordinales Skalenniveau zugesprochen werden, so dass die dafür indizierten Tests, wie die Ermittlung des Korrelationskoeffizienten  $\tau$  nach Kendall (und dessen Signifikanz) berechnet wurden um weitere Hinweise auf Zusammenhänge zu finden. Die in den zur Veranschaulichung der Ergebnisse dienenden Grafiken automatisch eingezeichneten p-Werte des t-Tests bzw. Least-Significance-Difference-Tests (LSD-Test) auf Kontraste können - wenn auch hier eigentlich nicht indiziert - ebenfalls Hinweise auf Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsmethoden geben.

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Allgemeine Daten

#### 6.1.1 Patienten

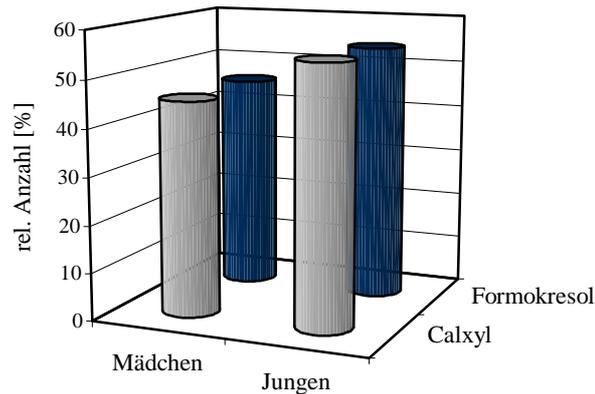
Das Patientenkollektiv, bei den Milchmolaren mit der Pulpotomie behandelt worden sind, umfasste zusammen 190 Kinder. Einer schriftlichen Aufforderung zur Nachuntersuchung folgten 165 (86,8 %) Patienten, die sich für eine klinische Kontrolle zur Verfügung stellten (s. Tab. 6.1). Diese Probandengruppe teilte sich in 90 (54,5 %) Jungen und 75 (45,5 %) Mädchen auf, die im Rahmen dieser Studie erfasst wurden. Insgesamt wurden bei ihnen 394 Pulpotomien durchgeführt.

	Patienten	[%]	Vitalamputationen	[%]
Behandelt	190	100	451	100
Nachuntersucht	165	86,8	394	87,4
Nicht erschienen	25	13,2	57	12,6

**Tab. 6.1:** Probandengruppe

Aufgrund der mangelhaften Kooperation war bei 101 (61,2 %) der jungen Patienten eine Begleitmedikation zur Behandlung der Zähne nötig, die entweder in einer Behandlung in der Sedierung oder in Intubationsnarkose bestand. 64 (38,8 %) der kooperativen Kinder wurden im Kinderbehandlungszimmer saniert.

Bei 95 (57,6 %) Kindern, davon 52 (54,7 %) Jungen und 43 (45,3 %), Mädchen wurde eine Kalziumhydroxid-Pulpotomie durchgeführt und bei 70 (42,4 %) Kindern, davon 38 (54,3 %) Jungen und 32 (45,7 %) Mädchen, eine Pulpotomie mit Formokresol. Wie in Abb. 6.1 gezeigt verteilen sich die Behandlungen mit den beiden Präparaten jeweils etwa gleichmäßig unter den Jungen und Mädchen.



**Abb. 6.1:** Die geschlechtsspezifische Statistik der Probandengruppe zeigt eine relative Gleichverteilung von Jungen und Mädchen auf die Behandlungsmethoden.

Die Verteilung der Kinder weist auf eine größere endodontische Behandlungsbedürftigkeit bei den Jungen (54,5 %) als bei den Mädchen (45,5 %) hin.

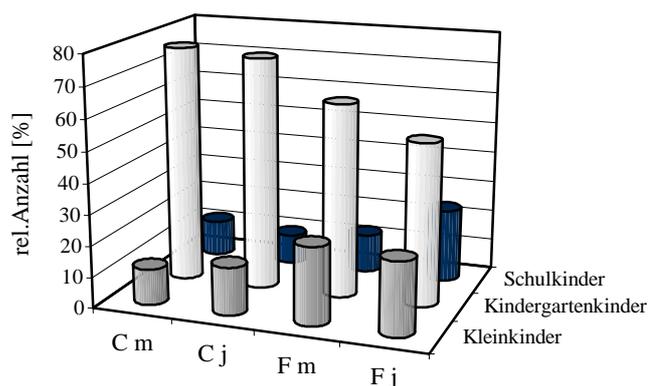
#### 6.1.1.1 Zeitpunkt der Behandlung

Die Behandlungen wurden bei gegebener Indikation unabhängig vom Alter der Probanden durchgeführt, welches zwischen 2 und knapp 11 Jahren lag.

Zur Auswertung wurden Patienten in drei Altersgruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: die Kleinkinder im Alter bis einschließlich des 36 Lebensmonats,
- Gruppe 2: die Kindergartenkinder im Alter von 37 bis 72 Lebensmonaten und
- Gruppe 3: die Schulkinder im Alter ab dem 73. Lebensmonat.

In der Abb. 6.2 wird die Verteilung der Altersstruktur der behandelten Jungen und Mädchen über die beiden Methoden gezeigt. Es zeigen sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede und insbesondere die stark ausgeprägten Altersgipfel liegen unabhängig von Geschlecht und Methode jeweils in der Kindergartengruppe. Es ist allerdings anzumerken, dass die relativen Anteile der Kindergartenkinder, die mit Calxyl behandelt wurden, signifikant über den Altersgipfel der Formokresol-Methode hervorstehen.



**Abb. 6.2:** Altersstruktur der Patienten zum Behandlungszeitpunkt (Cm-Calxyl/Mädchen, Cj-Calxyl/Jungen, Fm-Formokresol/Mädchen, Fj-Formokresol/Jungen)

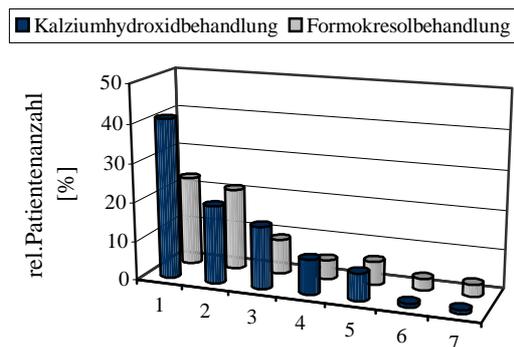
Dieses statistische Aufkommen bestätigt sich in der Altersaufschlüsselung der insgesamt behandelten Zähne (s. Tab. 6.2).

Methode/Alter	6 – 36 Mo.	37 – 72 Mo.	Ab 73 Mo.	Gesamt
Kalziumhydroxid	28	162	23	213
Formokresol	36	115	30	181
Gesamt	64	277	53	394

**Tab. 6.2:** Patientenalter zur Zeitpunkt der Pulpotomie

### 6.1.1.2 Zahl der Behandlungen

Entsprechend der obigen Statistiken flossen insgesamt 394 Vitalamputationen in die Studie ein, darunter 213 (54,1 %) mit Kalziumhydroxid und 181 (45,9 %) mit Formokresol. Die Verteilung der Pulpotomieanzahl pro Kind ist in Abb. 6.3 dargestellt. Bei 40 % aller Kinder war lediglich eine endodontische Milchzahnbehandlung nötig. Knapp 25 % der Kinder haben zwei Pulpaamputationen benötigt. Bei 15 % der Kinder wurden 3 Vitalamputationen durchgeführt. Jeder fünfte Patient (20 %) wurde mit 4 oder mehr Behandlungen versorgt.



**Abb. 6.3:** Anzahl der Patienten in Abhängigkeit zur Anzahl der jeweils durchgeführten Pulpotomien

Die altersspezifische Verteilung der Pulpotomien (s. Anhang Tab.10.3) weist keine signifikante Besonderheiten auf.

### 6.1.1.3 Art der Behandlungen

Die Kinder wurden bevorzugt im Kinderbehandlungszimmer behandelt. In Abhängigkeit von der Patientenkooperativität wurde die Pulpotomiebehandlung jedoch durch eine Sedierung oder Intubationsnarkose unterstützt.

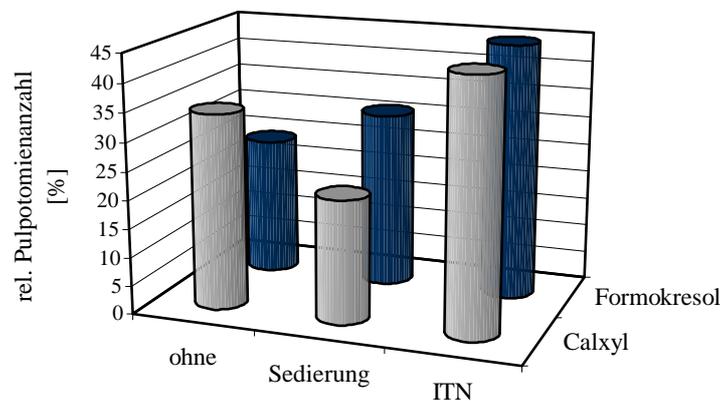
Insgesamt mussten 66 (40 %) der Kinder in der Intubationsnarkose behandelt werden und 35 (21,2 %) in der Sedierung. Bei 64 (38,8 %) Kindern konnte die Vitalamputation ohne zusätzliche Medikation im Kinderbehandlungszimmer durchgeführt werden (s. Tab. 6.3).

Methode / Beh.-Art	Kinderzimmer	Sedierung	ITN	gesamt
Calxyl	40	16	39	95
Formokresol	24	19	27	70
gesamt	64	35	66	165

**Tab. 6.3:** Anzahl der mit und ohne Zusatzmedikation behandelten Kinder

Die Behandlungen verteilten sich etwa gleichmäßig zwischen Jungen und Mädchen und es zeigt sich zwischen beiden Methoden kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der verordneten Beruhigungsmaßnahmen.

Insgesamt wurden 175 (44,4 %) Zähne während der Intubationsnarkose (ITN) behandelt, 102 (25,9 %) Zähne in der Sedierung und 117 (29,7 %) während der Behandlung im Kinderzimmer (s. Abb. 6.4). Hiervon verteilen sich den Kalziumhydroxid-Patienten 94 Zähne (44,1 %) auf die ITN, 46 (21,6 %) auf die Sedierung und 73 (34,3 %) auf das Kinderzimmer (s. Anhang Tab. 10.1). In der Formokresolgruppe wurden während der ITN 81 Zähne (44,8 %) behandelt, in der Sedierung 56 (30,9 %) und im Kinderzimmer 44 (24,3 %).



**Abb. 6.4:** Die relative Anteile der Pulpotomien über die Zusatzmedikationen

### 6.1.2 Behandelte Zähne

Bei den endodontisch behandelten Zähnen handelte es sich ausschließlich um Milchmolare. Die Tab. 6.4 zeigt die Anzahl der Behandlungen bei den ersten und zweiten Milchmolaren unter Berücksichtigung der Zugehörigkeit der Zähne zum Ober- und Unterkiefer.

Methode / Zähne	Oberkiefer		Unterkiefer		gesamt
	IV	V	IV	V	
Calxyl	47	40	64	62	213
Formokresol	57	33	42	49	181
gesamt	104	73	106	111	394

**Tab. 6.4:** Zahl der behandelten Zähne, IV: erste Milchmolare, V: zweite Milchmolare

Es ist auffällig, dass die Behandlung insgesamt öfter bei den Unterkieferzähnen (55,1 %) als bei den Oberkieferzähnen (44,9 %) erforderlich wurde (vgl. auch Tab. 6.5).

	Oberkiefer	Unterkiefer	gesamt
Calxyl	87	126	213
Formokresol	90	91	181
gesamt	177	217	394

**Tab. 6.5:** Gesamte Zahl der Ober- und Unterkiefer Zähne

Zudem erwies sich die Behandlung um knapp 7 % häufig bei den ersten als bei den zweiten Milchmolaren als erforderlich (vgl. Tab. 6.6).

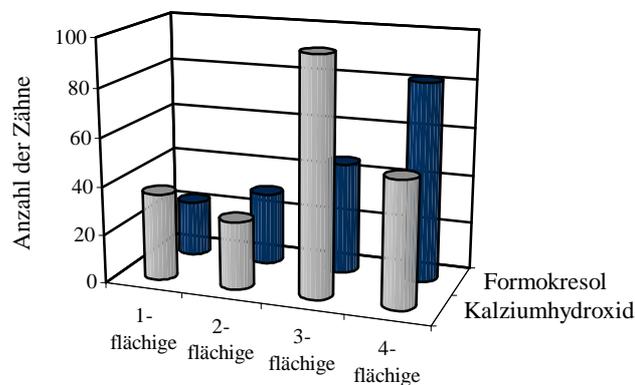
	Erster Milchmolar	Zweiter Milchmolar	gesamt
Calxyl	111	102	213
Formokresol	99	82	181
gesamt	210	184	394

**Tab. 6.6:** Gesamte Zahl der ersten und zweiten Milchmolaren

### 6.1.3 Versorgung

Das entscheidende Kriterium für die Art der Abschlussversorgung war die Kavitätenausdehnung. Bei Zähnen mit einflächigen Kavitäten wurden Kunststoff-Füllungen gelegt, bei vierflächigen Kavitäten wurden die Zähne hingegen mit Kronen versorgt. Lediglich bei zwei- und dreiflächigen Kavitäten wurden weitere Kriterien zur Bestimmung der Weiterbehandlung he-

rangezogen, z.B. die Lage und Größe der Kavität. Hierbei konnte bei zweiflächigen Kavitäten weitestgehend zugunsten der Füllung entschieden werden. Bei dreiflächigen musste nahezu immer eine Krone eingesetzt werden. Auf 64 ein- bis zweiflächigen Kavitäten wurden in der Kalziumhydroxidgruppe 149 mehrflächige diagnostiziert. Mit 53 zu 128 Kavitäten zeigte sich diese 70 %ige Dominanz der drei- bis vierflächigen Kavitäten ebenfalls in der mit Formokresolgruppe (s. Abb. 6.5 und Anhang Tab.10.2).



**Abb. 6.5:** Die Kavitätenanalyse zeigt einen signifikanten Anteil ausgeprägter Kavitäten bei den behandelten Zähnen.

Da zweiflächige Kavitäten lediglich in Ausnahmefällen zur Überkronung führten und dies zudem durch gelegentliche Füllungen bei dreiflächige Kavitäten nivelliert wurde, spiegelt sich diese Aufteilung von 30 % zu 70 % ebenfalls in der Anzahl der durchgeführten Füllungen und konfektionierten Kronen wieder:

- Kalziumhydroxid

Bei 153 (71,8 %) Zähnen erfolgte die Abschlussversorgung mit einer Kinderkrone, bei 60 (28,2 %) Zähnen wurden Füllungen gelegt.

- Formokresol

Bei 123 (68,0 %) Zähnen erfolgte die Abschlussversorgung mit einer Kinderkrone, bei 58 (32,0 %) Zähnen wurden Füllungen gelegt.

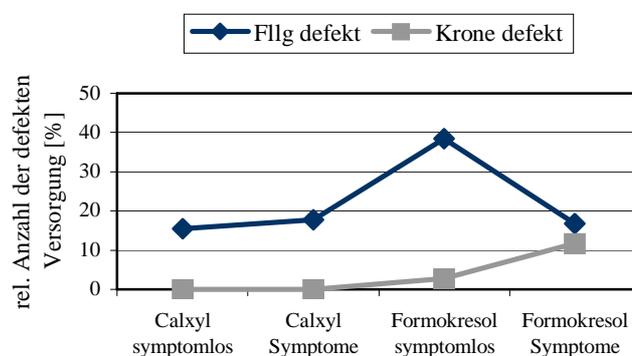
Auf dem Nachuntersuchungsbogen wurde die Art der Versorgung vermerkt und bei den späteren Kontrollterminen wurde der vorhandene Zustand der Restauration mit folgendem Resultat dokumentiert.

Von 60 Füllungen der Kalziumhydroxidgruppe waren 50 (83,3 %) intakt geblieben und 10 (16,7 %) wurden als defekt diagnostiziert. Alle 153 (100 %) Kronen sind ohne Mängel vorgefunden worden. In der Formokresolgruppe wurden hingegen von 58 Füllungen lediglich 37 (63,8 %) als intakt eingestuft, während 21 (36,2 %) Füllungen erneuerungsbedürftig waren. Die Nachuntersuchung der Kronen wies 118 (95,9 %) einwandfreie und 5 (4,1 %) defekte Zustände auf. Tab. 6.7 und Abb. 6.6 zeigen die Häufigkeit des Auftretens von Defekten in den beiden Methoden unter der Berücksichtigung von zwei Gruppen (s. Anhang Tab. 10.8):

- die Gruppe mit dem erfolgreichen Behandlungsergebnis (symptomfrei) und
- die Gruppe mit den Zähnen, die extrahiert werden mussten (Symptome).

Erfolg / Misserfolg	Methode	Füllung optimal	Füllung defekt	Krone optimal	Krone defekt	gesamt
Symptomfrei	Calxyl	22	4	95	0	121
	Formokresol	32	20	103	3	158
Symptome	Calxyl	28	6	58	0	92
	Formokresol	5	1	15	2	23

**Tab. 6.7:** Verteilung der einwandfreien sowie der defekten Versorgungen über die symptomlose Gruppe und die Gruppe mit Behandlungsmisserfolg.



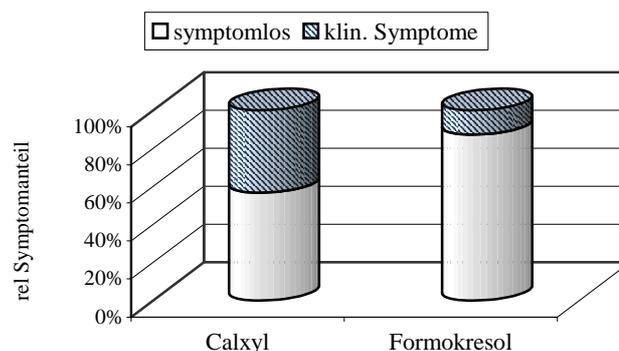
**Abb. 6.6:** Die rel. Anzahl der defekten Füllungen und Kronen in den beiden Gruppen

Insgesamt wurden bei der Formokresolgruppe (36,2 %) Füllungen als defekt eingestuft. Im Vergleich hierzu waren in der Calxylgruppe 16,7 % der Füllungen lediglich gut halb soviel Defekte vorzufinden. Die konfektionierte Krone zeigt sich bei beiden Behandlungsmethoden als bessere Abschlussversorgung.

## 6.2 Behandlungsverlauf

Bei Vergleich der Vitalamputations-Erfolgsquote zwischen der Kalziumhydroxid- und Formokresoltechnik stellte sich heraus, dass die Beziehung zwischen der Methode und dem Auftreten der klinischen und/oder röntgenologischen Symptome hochgradig signifikant war.

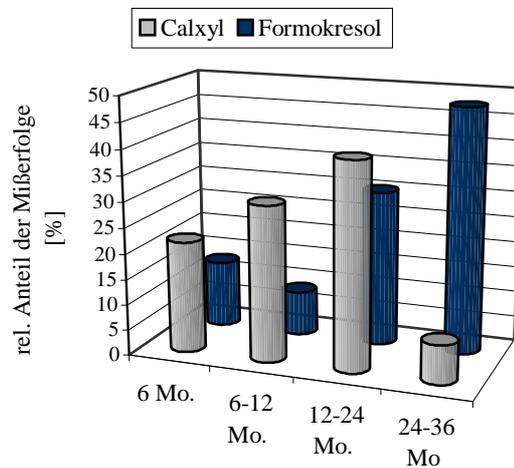
Im Beobachtungszeitraum bis zu 3 Jahren nach der durchgeführten Behandlung waren bei der Kalziumhydroxid-Methode 121 Zähne (56,8 %) symptomlos. Dem gegenüber wurden 92 Zähne (43,2 %) aufgrund klinischer Symptome extrahiert. Bei Formokresol-Methode zeigten im gleichen Zeitraum 158 (87,3 %) Zähne keine Symptome, so dass folglich nur bei 23 (12,7 %) Extraktionen erforderlich waren (s. Abb. 6.7).



**Abb. 6.7:** Rel. Symptomanteil in den beiden Methoden

Im ersten Halbjahr nach der Behandlung stehen 20 (21,8 %) Misserfolgen in der Kalziumhydroxidgruppe nur 3 (13,1 %) in der Formokresolgruppe gegenüber (s. Abb. 6.8). Bis zu einem Jahr nach der Behandlung traten weitere 28 (30,4 %) Misserfolge bei Kalziumhydroxid und 2 (8,7 %) bei Formokresol auf. Im zweiten Jahr wurden bei Kalziumhydroxid 37 (40,2 %)

und bei Formokresol 7 (30,4 %) verzeichnet, gefolgt von 7 (7,6 %) in der Kalziumhydroxidgruppe und 11 (47,8 %) in der Formokresol im letzten Behandlungsjahr.



**Abb. 6.8:** Die rel. Anteil der extrahierten Zähne innerhalb des dreijährigen Beobachtungszeitraums (C 92 Zähne- 100 %, F-23-100 %)

In den ersten 2 Jahren sind 80 % aller Symptome aufgetreten. Erst im dritten Jahr fand eine Angleichung der absoluten Erfolgsanzahl auf.

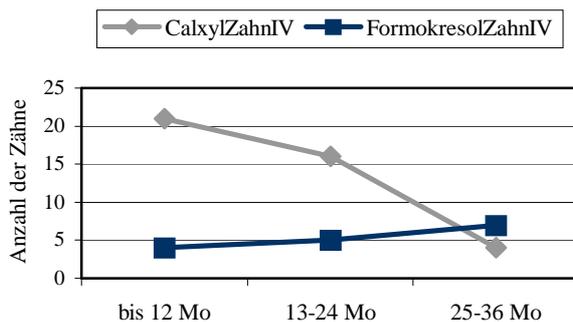
### 6.2.1 Auftreten der Symptome

An klinischen Symptomen sind Fistelbildung, Schmerzen und Schwellung aufgetreten (s. Tab. 6.8).

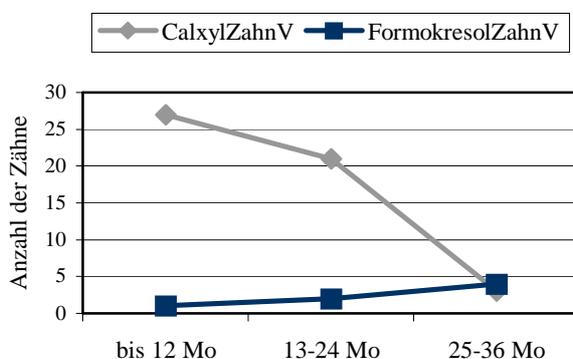
Methode/ klin.Symptome	Fistelung	Schwellung	Schmerzen
Kalziumhydroxid	65	29	52
Formokresol	12	6	17
gesamt	77	35	69

**Tab. 6.8:** Zahl der Zähne mit der Fistelbildung, Schwellung und Schmerzen

Wie in Abb.6.9 und 6.10 gezeigt, nimmt das Auftreten der Symptome in der Calxylgruppe bei ersten und zweiten Milchmolaren im Beobachtungszeitraum bis zum 36 Monat konstant ab. In der Formokresolgruppe zeigt sich hingegen eine leicht aufsteigende Häufigkeit der Symptome.



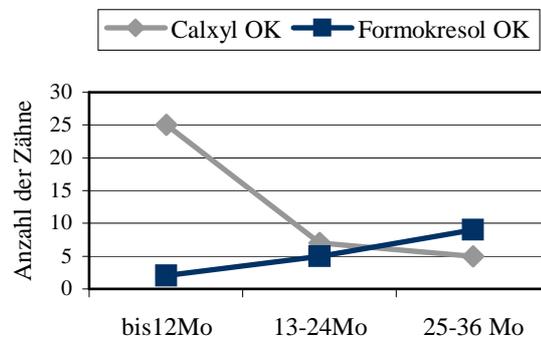
**Abb. 6.9:** Zeitliches Auftreten der Symptome bei den ersten Milchmolaren bei beiden Methoden



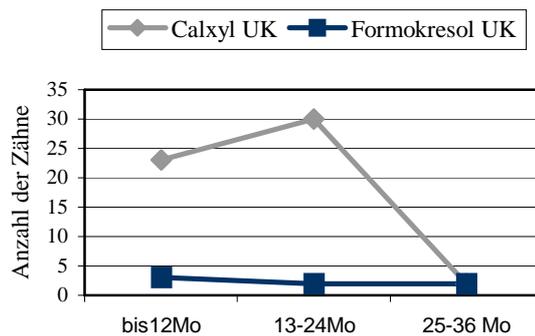
**Abb. 6.10:** Zeitliches Auftreten der Symptome bei den zweiten Milchmolaren bei beiden Methoden

Wie in Tab. 6.5 ersichtlich sind bei der Calxyl-Methode weniger Zähne im Oberkiefer als im Unterkiefer behandelt worden. Unter Berücksichtigung der in Abb. 6.11 und 6.12 dargestellten Zahlen für die extrahierten Zähne ergibt sich daraus eine identische Misserfolgquote von 43 %. In der Formokresolgruppe sind in beiden Kiefern nahezu gleich viele Zähne untersucht worden. Der Behandlungserfolg stellte sich im Unterkiefer 10 % häufiger als im Oberkiefer

ein. Die Analyse des Extraktionszeitpunktes zeigt, dass die Symptome nach der Behandlung mit Calxyl im Oberkiefer vorwiegend bereits innerhalb des ersten Jahres auftreten, während sich im Unterkiefer eine nahezu konstante Verteilung der Misserfolge über 24 Monate abzeichnet, bevor die Symptome auch hier abklingen. Bei der Formokresol-Methode ist über die Zeit ein leichtes Aufsteigen der Symptome im Oberkiefer festzustellen (s. Abb. 6.11). Im Rahmen der Studie ist jedoch keine Statistik erzielt worden, die es ermöglicht diesen Effekt sicher zu belegen, da infolge der hohen Erfolgsquote insgesamt nur sehr wenige Zähne nach der Formokresolbehandlung extrahiert werden mussten.

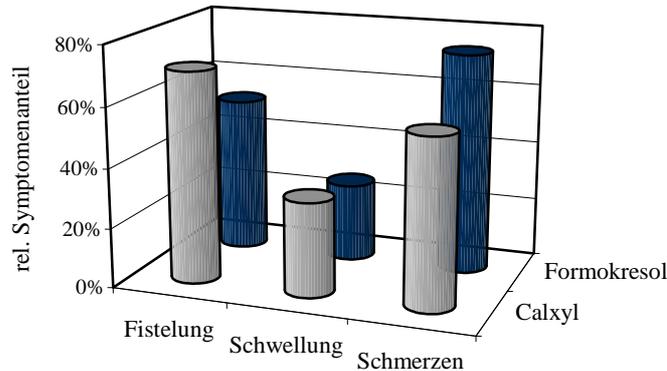


**Abb. 6.11:** Zeitliches Auftretens der Symptome im Oberkiefer



**Abb. 6.12:** Zeitliches Auftretens der Symptome im Unterkiefer

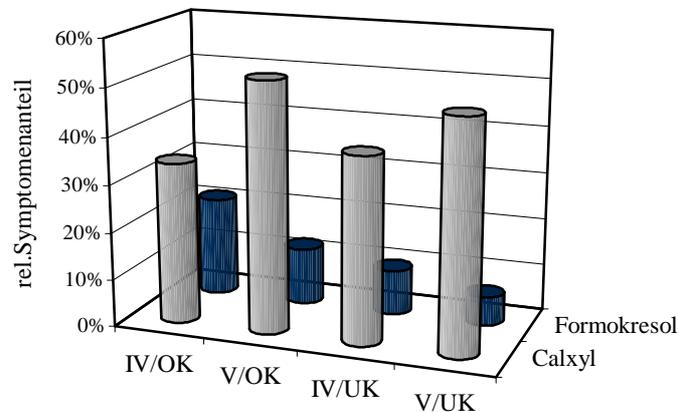
Die Abb. 6.13 zeigt den relativen Symptomenanteil über den gesamten Behandlungszeitraum in den beiden Gruppen. Insgesamt wurden die Fistelbildungen (67 %) und die Schmerzen (60 %) etwa gleich häufig beobachtet, während Schwellungen mit 30 % deutlich seltener auftraten.



**Abb. 6.13:** Fisteln und Schmerzen traten bei beiden Behandlungsmethoden nahezu doppelt so häufig auf wie Schwellungen

### 6.2.1.1 Nachuntersuchung der extrahierten Zähne

Wie in der Abb. 6.14 zu sehen ist, wurden in der Calxylgruppe am häufigsten Symptome bei den zweiten Milchmolaren des Oberkiefers (V/OK) beobachtet, in der Formokresolgruppe waren hingegen Extraktionen bei den ersten Milchmolar des Oberkiefers (IV/OK) am wahrscheinlichsten.



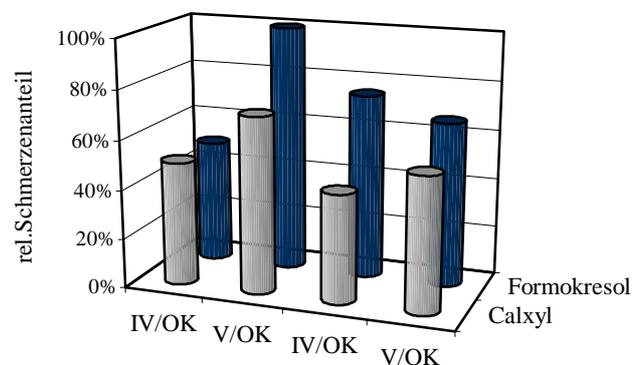
**Abb. 6.14:** Zahnspezifisches Auftreten der Symptome (OK: Oberkiefer, UK: Unterkiefer)

## 6.2.2 Relative Risiken

Die Sicherstellung der Signifikanz eines unterschiedlichen Auftretens der in Kap.6.2.1 erläuterten Symptome konnte durch die Berechnung der relativen Risiken der Symptommfreiheit belegt werden. Die Analyse der Zuordnung einzelner Symptome zum Ort ihres Auftretens (OK/UK) ist jedoch mit besonderer Vorsicht durchzuführen, da die statistischen Schwankungen hier besonders hoch ausfallen.

### 6.2.2.1 Symptom - Schmerzen

Bei der Calxylbehandlung kamen Schmerzen öfter bei den zweiten Milchmolaren (Zähne 55, 65, 75, 85) vor als bei den ersten (Zähne 54, 64, 74, 84). In der Formokresolgruppe hingegen reagierten die zweiten Molaren des Oberkiefers und die ersten Molaren des Unterkiefers (s. Abb. 6.15) stärker mit Schmerzen.



**Abb. 6.15:** Rel. Anteil des Auftretens der Schmerzen

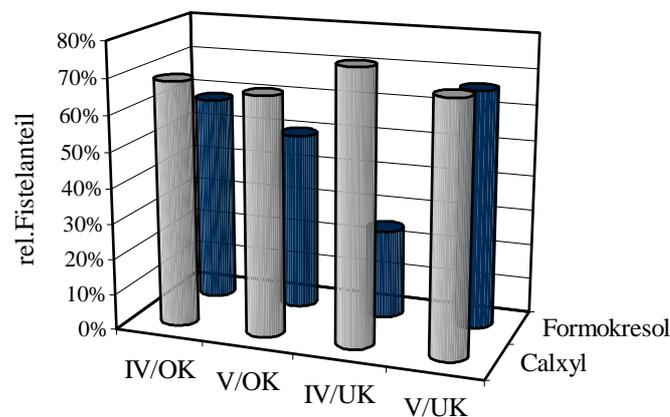
Die unterschiedliche Häufigkeit des Auftretens von Schmerzen nach einer Calxyl- und nach einer Formokresolbehandlung lässt sich statistisch nicht belegen, da das relative Risiko nicht signifikant ist (s. Anhang Tab.10.4-10.7).

### 6.2.2.2 Symptom - Schwellung

Die Schwellungen wurden öfter nach der Calxyl- als nach der Formokresolbehandlung vermerkt. Die relative Risiken für beide Behandlungsmethoden sind nicht signifikant (s. Anhang Tab. 10.4-10.7).

### 6.2.2.3 Symptom - Fistel

Die Fistelbildung ist als Symptom über alle Zahngruppe nahezu gleich verteilt aufgetreten. Eine Ausnahme hier von (s. Abb. 6.16) bildet das seltene Auftreten für den Zahn 3 (IV/UK; Zähne 74, 84) nach der Formokresolbehandlung. Allerdings war das relative Risiko (RR = 0,32) hier nicht signifikant (s. Anhang Tab.10.4-10.7), so dass diese Abweichung infolge der statistischen Schwankung im Rahmen dieser Arbeit nicht ausgewertet werden kann.



**Abb. 6.16:** Rel. Anteil des Auftretens der Fistelbildungen

## 7 Diskussion

Seit über 70 Jahren ist die Pulpotomie bei den Milchzähnen in der Fachwelt bekannt. Die Pulpotomie ist mittlerweile eine häufig angewandte Behandlungsmethode und kann durchaus als erfolgreiches Verfahren zur Erhaltung von Milchzähnen bezeichnet werden. In den vergangenen 25 Jahren gehörten dabei im skandinavischen Raum vor allem Kalziumhydroxid (Ca)-Präparate und im angelsächsischen Raum vorwiegend Formokresol (Fo)-Präparate zu den populärsten Medikationen. Für beide Behandlungsmethoden konnten im Rahmen dieser Studie durch insgesamt 394 nachuntersuchte Pulpotomien von 165 Kindern ausgezeichnete Statistiken gewonnen werden. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Anzahl der zur Nachuntersuchung erschienen Patienten mit 87,4 % für eine retrospektive Arbeit unerwartet hoch ausfiel. Die umfassenden Resultate eignen sich über die Einschätzung der globalen Erfolgsquote hinaus zur detaillierten Aufschlüsselung von speziellen Anwendungssegmenten. Die Ca-Pulpotomie kann daher mit der Fo-Pulpotomie bezüglich ihres klinischen Erfolgs, ihrer Praktikabilität, ihrer Indikationsstellung, ihrer Symptomverteilung und ihrer Bioverträglichkeit gegenübergestellt werden. Darüber hinaus wurde vor Aufbringung des Ca-Präparats eine Blutstillung mit den adrenalinhaltigen Wattepellets Gingipak durchgeführt, um die Bildung eines Blutkoagels zwischen Wurzelpulpa und Überkappungsmaterial zu verhindern und so einer späteren Bakterienbildung hemmend entgegenzuwirken. Durch einen Vergleich mit Literaturwerten kann der Nutzen dieses additiven Blutstillungspellets bei der Ca-Versorgung geklärt werden.

Die Anzahl der endodontisch behandelten Zähne pro Kind liegt zwischen 1 und 7. Diese Erfordernis entspricht den in der Literatur eingegeben Untersuchungen (Verco u. Allen 1984, Linder 1987). Bei ca. 65 % aller Patienten der LMU Klinik waren 1 oder 2 endodontische Behandlungen nötig. Diese Zahlen sprechen einerseits für erfolgreiche prophylaktische Maßnahmen, andererseits für die relativ hohe Anzahl kariesanfälliger Kinder. Bei ca. 12 % der Kinder mussten mehr als 4 Zähne mit einer Vitalamputation versorgt werden.

Der Untersuchungszeitraum von 36 Monaten in der vorliegenden Studie liegt im Vergleich mit relevanten Veröffentlichungen (vgl. z.B. Tab. 7.1) im oberen Bereich; lediglich vereinzelt sind Studien über vier (z.B. Magnusson 1970) oder sogar über fünf Jahre (z.B. Law 1956, Morawa 1975) durchgeführt worden. Eine systematische Abhängigkeit der Analyseergebnisse von einer Untersuchungsdauer zwischen 18 und 60 Monaten ist hierbei bis dato nicht festgestellt worden. Bezieht man die Fokussierung auf die Wiederherstellung und Erhaltung der Milchmolaren in die Betrachtung ein, so kann eine Erfolgsprüfung über mehr als drei Jahre infolge des physiologischen Zahnwechsels an zusätzliche Korrekturparameter (z.B. Schmerzen, Zahnverlust) gebunden sein. Diese spielen in der vorliegenden Studie mit ihrem dreijährigen Untersuchungszeitraum eine vernachlässigbare Rolle, zumal nur ein geringer Teil der Testgruppe (<14 %) zum Zeitpunkt der Behandlung bereits das Kindergartenalter überschritten hatte. Es ist hierbei zu betonen, dass die Durchführung von Vitalamputationen bereits 1-1,5 Jahre vor dem physiologischen Zahnwechsel keine wesentliche Bedeutung mehr für die Plutzerhaltung und die damit einhergehende gesunde Ausbildung des erwachsenen Gebisses erlangt. In der Praxis ist es daher die Regel, bereits ab dem 10. Lebensjahr des Patienten die Extraktion einer Pulpotomie vorzuziehen. Die durchschnittliche klinische Nachuntersuchungszeit der vorliegenden Studie von 22,6 Monaten bei der Ca- und 27,1 Monaten bei der Fo-Gruppe kann daher für die Beurteilung über „Erfolg“ und „Misserfolg“ als aussagekräftig angesehen werden.

Die vorgefundene Erfolgsquote von 87 % bei der Verwendung von Formokresol zur Pulpotomiebehandlung liegt im unteren Bereich der veröffentlichten Messungen, deren Spanne von 84 % (Waterhouse 2000) bis zu einem klinischen Erfolg von 98 % (Morawa, 1975) reicht (siehe Tab 7.1). Die gewebeschonendere Kalziumhydroxid-Methode weist signifikant geringere Wiederherstellungserfolge bei den Milchmolaren auf. Nach 213 Ca-Pulpotomien wurden in dieser Studie lediglich 121 Erfolge (knapp 57 %) verzeichnet, wobei dies im Vergleich mit anderen Ca-Literaturwerten (siehe Tab. 7.1, Heilig et al. 1984) bereits auf eine qualitativ hochwertige Durchführung der Ca-Pulpotomien schließen lässt: Die in der Literatur belegten Erfolgsquoten schwanken in Abhängigkeit von verschiedenen Ca-Behandlungsmethoden mit 19-77 % wesentlich stärker, als dies bei Fo-Behandlungen üblich ist. Beachtet man zusätzlich die repräsentative Relevanz der Studien, so ist festzustellen, dass Erfolgsraten über 49 % hinaus bis dato lediglich bei der Analyse kleiner Patientengruppen aufgezeigt werden konnten. Insbesondere die von Waterhouse (Waterhouse 2000) proklamierte Gleichwertigkeit des klinischen Erfolges von Ca- und Fo-Präparaten zur Behandlung von ausgewählten Pulpotomie-

fällen ist aufgrund seiner eng limitierten Testgruppe mit einem hohen statistischem Fehler unterlegt, welcher sich in seiner Beeinflussung des Behandlungsergebnisses nicht unterschätzt werden darf.

<b>Pulpotomie mit Kalziumhydroxid</b>				
<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Erfolgsquote</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Untersuchungszeitraum</b>
Via	1955	31%	103 Zähne	25 Monate
Law	1956	49%	227 Zähne	6-60 Monate
Doyle et al.	1962	64%	32 Zähne	5-19 Monate
Magnusson	1970	19%	130 Zähne	1-45 Monate
Subkowiak et al.	1974	47%	140 Zähne	12 Monate
Schröder	1978	59%	33 Zähne	24 Monate
Eigene Messung (Benz et al.)	1998	57%	213 Zähne	3-36 Monate
Waterhouse et al.	2000	77%	38 Zähne	6-38 Monate

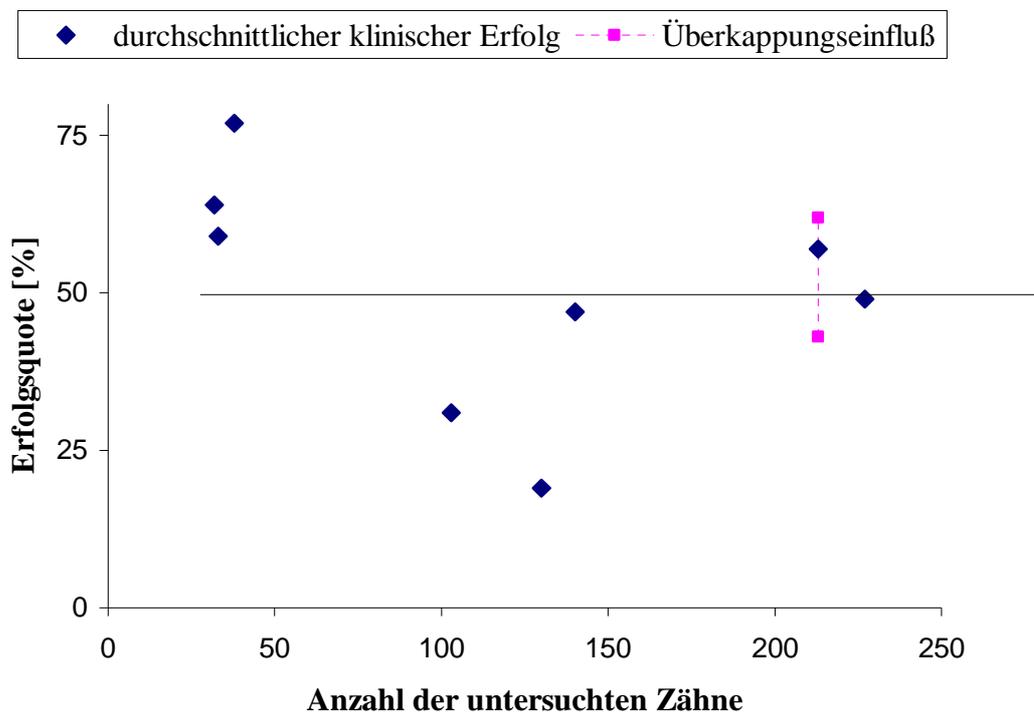
<b>Pulpotomie mit Formokresol in 1:5 Verdünnung</b>				
<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Erfolgsquote</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Untersuchungszeitraum</b>
Morawa et al.	1975	98%	125 Zähne	6-60 Monate
Fuks et al.	1981	94%	70 Zähne	4-36 Monate
Garcia-Godoy	1984	96%	45 Zähne	6-18 Monate
Eigene Messung (Benz et al.)	1998	87%	182 Zähne	3-36 Monate
Waterhouse et al.	2000	84%	46 Zähne	6-38 Monate

**Tab. 7.1:** Klinische Erfolgsquoten der Vitalamputation im Milchgebiss im Vergleich

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass die Abschlussversorgung nach einer Pulpotomie mit einer Stahlkrone erfolgen sollte (s. Kap. 6.1.3). Insbesondere nach der Ca-Behandlung ist eine Füllung nicht nur hinsichtlich der höheren Wahrscheinlichkeit einer Defektbildung (vgl. Tab. 6.7) die schlechtere Alternative: während die Erfolgsrate nach der Fo-Behandlung bei beiden Abschlussversorgungen mit  $88 \pm 2$  % nahezu konstant ausfiel, ist die Überkappung des endodontisch behandelten Zahnes durch eine Krone bei der Ca-Gruppe um 19 % erfolgreicher verlaufen als nach einer Füllung (Abb. 7.1). Die Überkronung erhöht die Erfolgsaussicht einer Ca-Pulpotomie damit sogar auf 62 %!

Im Vergleich der Überkappungsmaterialien ist zudem interessant, dass Füllungen nach Anwendung der Fo-Methode zweimal häufiger erneuerungsbedürftig waren als bei der Ca-

Methode. Die Häufigkeit des Auftretens von Defekten beeinflusste den Erfolg der Behandlungsmethode allerdings nur geringfügig. Die Nachuntersuchung der Gruppe, bei der aufgrund von klinischen Symptomen die Zähne extrahiert werden mussten, zeigte mit einer Defektwahrscheinlichkeit von 17 % eine nahezu unveränderte Defektbildung der Füllungen (s. Anhang Tab. 10.8). Die Tatsache, dass sich bei der Nachuntersuchung des Füllungszustandes der symptomfreien Gruppen ein signifikanter Unterschied zu Ungunsten der Formokresol-Methode ergab, kann mit einer besseren Gewebeverträglichkeit des Kalziumhydroxids erklärt werden.



**Abb.7.1:** Veröffentlichte Erfolgsquoten (s. Tab 7.1) der Ca-Behandlung, die über 50 % liegen, sind mit kleinen Patientengruppen (< 40 Zähne) gepaart. Die vorliegende Studie zeigt erstmals einen überdurchschnittlichen Behandlungserfolg von 57 % trotz guter Statistik (213 Zähne). Den Hintergrund hierfür indiziert die Trennung der Überkappungsmethoden: Fast dreiviertel der mit Ca behandelten Zähne wurden in der vorliegenden Studie mit überraschend gutem Einfluss auf die Pulpotomiebehandlung überkront (Erfolg: 62 %). Dem stehen 60 Füllungen gegenüber, die mit einer Erfolgsquote von lediglich 43 % ein durchschnittliches Behandlungsergebnis aufweisen.

Die Kariesanfälligkeit des bleibenden Gebisses ist im Oberkiefer durchschnittlich höher als im Unterkiefer (Sauerwein 1981). Demgegenüber zeigen die Studien des Milchgebisses einen größeren Kariesbefall im Unterkiefer als im Oberkiefer (Rinderer 1981, Verco u. Allen 1984, Lindner 1987). Dieses inverse Verhalten der Milchzähne bestätigt sich auch in der vorliegen-

den Untersuchung, bei der die endodontische Milchzahnbehandlung 10% häufiger im Unterkiefer als im Oberkiefer erforderlich war.

Der Auswertung des kieferbezogenen Behandlungserfolgs (vgl. Tab. 6.5, Abb. 6.11 und Abb. 6.12) zeigt ein zunächst erstaunliches Phänomen: Bei vergleichbar guter Statistik erweist sich die Erfolgsquote nach einer Ca-Pulpotomie mit 57 % als konstant, während die Referenzbehandlung mit Fo im Unterkiefer mit 92 % um 10 % erfolgreicher verlief als im Oberkiefer. Infolge der hohen Anzahl der in die Studie einbezogenen Zähne lässt sich das Auftreten der Gesamtheit aller Symptome jedoch statistisch unbedenklich für die einzelnen Jahre des Untersuchungszeitraumes auswerten. Hierbei offenbart sich, dass sich im ersten Jahr auch mit der Ca-Methode eine 10 %ig höhere Erfolgsrate bei der Pulpotomie im Unterkiefer findet (Erfolg im Unterkiefer: 81 %, Erfolg im Oberkiefer: 71 %). Während die Misserfolge im Oberkiefer im zweiten Jahr drastisch nachgeben, erhöht sich die Misserfolgsrate im Unterkiefer für denselben Zeitraum jedoch um gut 5 %. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich dieses Verhalten auf eine positive Auswirkung des Adrenalinpellets Gingipak zurückführen lässt, denn es kann erwogen werden, dass seine blutstillende Wirkung im Unterkiefer effektiver verlaufen ist als im Oberkiefer. Die Bakterienbildung kann in diesem Fall sorgfältiger im Unterkiefer gehemmt werden, wodurch sich eine verzögerte Entzündung einstellt. Die Sicherstellung dieser These geht jedoch über den Umfang dieser Arbeit hinaus und kann als Anlass für weitere Studien herangezogen werden. Besonders für Patienten ab dem Vorschulalter kann bereits eine kurz- bis mittelfristige Entzündungshemmung von entscheidender Bedeutung sein, um den wichtigen Abschnitt bis zur zweiten Wechselgebissphase zu sichern.

Trotz des zweifellos hohen Behandlungserfolgs mit Ca in der vorliegenden klinischen Untersuchung konnte der ursprünglich von Dobersch (Dobersch 1994) erstmals erwähnte radikale Einfluss der Wattepellets Gingipak leider nicht bestätigt werden. Die Ergebnisanalyse von Dobersch weist für 54 nachuntersuchte Molarpulpotomien eine Erfolgsquote von nahezu 87 % aus, die auf eine überragende Minderung von Folgesymptomen durch eine vollständige Blutstillung hoffen lässt. Der Widerspruch zu den klinischen Messdaten an der LMU München weist auf eine Beeinflussung der Messdaten von Dobersch durch seinen kurzen Untersuchungszeitraum von durchschnittlich lediglich 11,7 Monaten hin. Darüber hinaus ist die vorausgehende Fallselektion zu nennen, die insbesondere im Zusammenspiel mit kleinen Probandengruppen (und dem einhergehenden hohen physikalischen Messfehler) auch in den

Analysen von Schröder, Doyle und Waterhouse (vgl. Tab.7.1) zu auffälligen Behandlungserfolgen mit Ca geführt hat.

Im Alter von 7 bis 8,5 Jahre beginnt die Resorption der Milchzahnwurzeln im Bereich der Molaren (Rosendahl 1998). Ab diesem Zeitpunkt kann man nicht mehr mit nennenswerten reparatorischen Fähigkeiten der eröffneten Milchzahnpulpa rechnen. Nach Magnusson 1980 hat das Wurzelresorptionsstadium einen Einfluss auf den Erfolg der Kalziumhydroxid-Pulpotomie. Wenn etwa ein Drittel der Wurzel resorbiert ist, kann die „Bridging“-Bildung nicht mehr stattfinden. Es ist daher hervorzuheben, dass die Erfolgsrate nach Formokresol-Pulpotomie von verschiedenen Autoren als unabhängige vom Stand der Wurzelresorption beschrieben (Mejare 1979, Verco u. Allan 1984) wird, während die starken Schwankungen der Ca-Erfolgsquote (s. Tab.7.1) neben den jeweiligen Präparationsunterschieden und den verschiedenen möglichen Abschlussversorgung auch durch eine strenge Einhaltung des Indikationsbereiches beeinflusst wird. Für Milchzähne mit geringer Wurzelresorption sind Wurzelkanalfüllungen und Wundenabdeckungen mit einem Ca-Präparat eine durchaus bewährte Behandlungsmethode. Infolge der geringeren Gewebeschädigung kann die Ca-Behandlung in diesen Fällen insbesondere in der Kombination mit einer Überkronung als optimale Versorgung für Schulkinder angesehen werden. Die relevanten Gesichtspunkte bei der Fallselektion zur korrekten Medikationswahl wurden in Kap. 4.1 und 4.2 detailliert aufgelistet und in Tab. 7.2 mit den Literaturwerten und Ergebnissen der vorliegenden Arbeit in einen übergeordneten Zusammenhang gebracht. Umstrittene Erfolgsfaktoren, wie z.B. der Wechsel des behandelnden Arztes (Wijnbergen-Buijen 1979, Rölling u. Thylstrup 1975) wurden hierbei vernachlässigt. Es ist festzustellen, dass die Selektion von Kalziumhydroxid-Präparaten durch beeinträchtigende Faktoren auf einen engen Indikationsbereich limitiert wird (siehe auch Pelka, Krämer 1997).

Stellt man beide Methoden den klinischen Erfolg gegenüber, so ist doch recht augenfällig, dass die Formokresol-Methode die klinisch höheren Erfolgsquoten aufweist. Kalziumhydroxid besitzt demgegenüber den kleineren Indikationsbereich, muss unter strengeren aseptischen Kautelen durchgeführt werden und hat letztendlich die wesentlich geringeren klinischen Erfolgsquoten. Bezieht man aber zur Bewertung die Zytotoxizität, Mutagenität, Neurotoxizität, Kanzerogenität und die allergene Potenz mit ein, unterliegt auch die Verwendung von Formokresol zur Vitalamputation bei Pulpaöffnung Einschränkungen als Therapiemethode der Wahl.

Medikament	Kalziumhydroxid	Formokresol
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Lokale Ätznekrose</li> <li>o evtl. Hartsubstanzneubildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Lokale Mumifikation</li> <li>o systemischer Einfluss</li> </ul>
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Vitalerhaltung der amputierten Wurzelpulpastümpfe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Zahnerhaltung, Schmerzfreiheit</li> <li>o klinische Symptombefreiheit</li> </ul>
Probleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Erschwerte Indikationsstellung</li> <li>o Asepsis</li> <li>o häufig chronisch entzündete Wurzelpulpastümpfe - Nekrosen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Eindringtiefe und Langzeitfreisetzung von Formalin und somit die mutagene und neurotoxische Wirkung nicht kontrollierbar</li> </ul>
„harte“ Indikatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Pulpitis coronalis</li> <li>o mehrflächige Kavitäten mit Abschlussüberkronung</li> <li>o Wurzel &lt; 1/3 resorbiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Alle Pulpitiden bis hin zur infizierten Nekrose</li> </ul>
„weiche“ Indikatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Kanzerogene oder allergene Vorbelastung des Patienten</li> <li>o Patient im Schulkindalter</li> <li>o Molare des Unterkiefers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Klein- und Kindergartenkinder</li> </ul>
Klinische Erfolgsquote	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Über 60 %</li> <li>o Reduzierter Erfolg bei Blutkoagulum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Über 80-95%</li> </ul>

**Tab. 7.2:** Bei der Auswahl von Ca-Präparaten als geeignete Medikation einer diagnostizierten Pulpotomie sollte neben den „harten“ Indikatoren wenigstens eines der „weichen“ Indikatoren erfüllt sein, um eine optimale Fallselektion sicherzustellen.

Es liegen bislang allerdings keine Erkenntnisse vor, die klinisch relevante, systemische Schäden durch sehr geringe Aldehydmengen nachweisen würden. Möglicherweise existiert für die meisten Aldehydwirkungen ein „no effect level“, unterhalb dessen keinerlei Wirkungen auftreten. Solange jedoch ein solcher Grenzwert für die in der Zahnmedizin gebräuchlichen Materialien nicht angegeben werden kann, ist es gerechtfertigt, bei Vorhandensein ansonsten gleichwertiger Alternativen dasjenige Produkt zu bevorzugen, das am wenigsten zu einer Aldehydexposition führt (Staehe, Koch 1997). Da die Konzentrationen bei paraformaldehydhaltigen Devitalisierungsmitteln stark variieren, kann eine exakte Dosierung kaum vorgenommen werden, wodurch der kontrollierte Einsatz dieser Medikamente zusätzlich erschwert wird. Deswegen sollte man heute trotz der guten Erfolgsquoten auf eine Verwendung formalinhaltiger Medikamente für die Versorgung von Milchzähnen weitestgehend verzichten.

Die endodontische Therapie der entzündeten Milchzahnpulpa ist eine wertvolle Maßnahme zur Gesunderhaltung des kindlichen Kauorgans. Die Suche nach einem weniger toxischen Präparat, das den hohen Therapieerfolg des Formokresols mit der Verträglichkeit des Ca-Präparates vereint, sollte daher fortgesetzt werden. Entsprechend der Empfehlung der

DGZMK (2002) sind hierbei insbesondere die neuen Hoffnungsträger Eisensulfat, Elektrochirurgie und Lasertherapie wegen ihrer hämostatischen Wirkung bei der Vitalamputation zu berücksichtigen. Die Datenbasis zum Erfolgsnachweis dieser Methoden ist bislang unzureichend und wird Anlass zu weiteren Pulpotomieanalysen geben.

## 8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Wurzelbehandlung der Milchzähne zielt darauf ab, die Milchzähne bis zur natürlichen Exfoliation gesund und funktionell zu erhalten. Zu den häufigsten endodontischen Therapien im Milchgebiss gehören die Amputation der entzündeten Kronenpulpa und die Applikation eines Wundverbandes auf die Wurzelpulpa. Ziel dieser retrospektiven Studie ist es, zwei unterschiedliche endodontische Pulpotomietechniken in Bezug auf ihre klinische Erfolgsrate zu untersuchen: die Vitalamputation unter Nutzung eines Kalziumhydroxid-Präparates und unter Verwendung von Formokresol.

Insgesamt wurden in der Poliklinik für die Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität München bei 190 Kindern im Alter von 2 bis 11 Jahren endodontische Behandlungen durchgeführt. 25 Kinder sind für die Nachuntersuchung nicht erschienen. In der Studie wurden somit 165 Kinder davon 90 (54,5 %) Jungen und 75 (45,5 %) Mädchen behandelt und nachuntersucht. Die Studie umfasst 394 wurzelbehandelte Milchmolare. 181 Zähne wurden mit Formokresol und 213 Zähnen mit einem  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Präparat versorgt. Die Kavitätenpräparation, die Amputation der Kronenpulpa, das Aufbringen des Medikaments unter absoluter Trockenheit und die finale Versorgung des Zahnes erfolgten in allen Fällen in derselben Sitzung und unabhängig von der Kooperationsbereitschaft des Patienten. 117 (29,7 %) Wurzelbehandlungen wurden bei kooperativen Kindern in konventioneller Behandlung gelegt. Bei unkooperativen oder behinderten Kindern wurden 175 Zähne (44,4 %) in Intubationsnarkose und 102 Zähne (25,9 %) in Sedierung behandelt.

Die Ergebnisse der endodontischen Maßnahmen wurden über einen Zeitraum von 3 Jahren dokumentiert ( $\bar{x}$  23 Monate bei der Calxyl-Methode und  $\bar{x}$  27 Monate bei der Formokresol-Methode). Von den 213 mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Präparat behandelten Milchmolaren wurden 92 Zähne (43 %) aufgrund klinischer Symptome, wie Schmerzen, Fistelung, interradikuläre oder apikale Aufhellung, extrahiert. 121 Zähne (57 %) wiesen keine klinischen Symptome auf. Von den 181 Zähnen, die mit Formokresoltechnik behandelt wurden, sind hingegen lediglich bei 23 Zähnen (13 %) klinische Symptome aufgetreten. 158 (87 %) Zähne blieben symptomlos.

Obwohl das verwendete  $\text{Ca(OH)}_2$ - Präparat als Wundverband pulpafreundlicher als Formokresol ist, liegt die Erfolgsrate für die Kalziumhydroxid-Pulpotomie bei der repräsentativen, großen Patientengruppe 30 % unterhalb einer Behandlung mit Formokresol. Zahlreiche Literaturangaben bestätigen sogar weit höhere Misserfolgsquoten. Dennoch steht mit Kalziumhydroxid ein bewährtes Material zur Abdeckung der Amputationswunde am Milchzahn zur Verfügung: die vorliegende Studie zeigt, dass bereits allein durch eine geeignete Abschlussversorgung des Milchzahnes mit einer Kinderstahlkrone die Vitalerhaltung signifikant verbessert werden kann. Insbesondere bei Patienten ab dem Vorschulalter erscheint zudem eine Unterstützung durch blutstillende Maßnahmen mit Gingipak sinnvoll, da diese adrenalinhaltigen Pellets eine bakterielle Entzündung besonders effektiv hemmen.

Die Studie belegt darüber hinaus, dass die strenge Einhaltung des Indikationsbereiches für die Behandlung mit Kalziumhydroxid-Präparaten zu Erfolgsquoten führt, die an die Behandlung mit allen gängigen Pulpotomiematerialien anschließt. Bei sorgfältig selektierten Patientengruppen werden daher weniger als 5 % Behandlungsmisserfolge verzeichnet (vgl. Waterhouse). Infolge der systemischen und toxischen Unbedenklichkeit von Kalziumhydroxid kann dieses Material daher bevorzugt eingesetzt werden, sofern die vorausgehende Diagnose den Rahmen des engen Indikationsbereiches nicht überschreitet.

## 9 Literatur

Alacam, A.: Pulpal tissue changes following pulpotomies with formocresol, glutaraldehyde-calcium hydroxide, glutaraldehyde-zincoxide eugenol pastes in primary teeth. J Pedodont 13, 123 (1989a)

Alacam, A.: Long term effects of primary teeth pulpotomies with formocresol, glutaraldehyde-calcium hydroxide, glutaraldehyde-zincoxide eugenol on succedaneous teeth. J Pedodont 13, 307 (1989b)

American Academy of Pediatric Dentistry: Guidelines for pulp therapy for primary young permanent teeth. Ped Dent 20 (6), 43-46 (1998)

Van Amerongen, W.E., Mulder, G.R., Vingerling, P.A.: Consequences of endodontic treatment of primary teeth. Par II. A clinical investigation into the influence of formocresol pulpotomy on the permanent successor. J Dent Child 54, 35 (1987)

Andermann, I.I.: Pedodontic elektrosurgery. J Pedodont 14, 202- 213 (1989)

Arrastia, A.M.A., Wilder-Smith, P., Bern, M.W.: Thermal effects of CO<sub>2</sub> laser on the pulpal chamber and enamel of human primary teeth: An in vitro investigation. Lasers Surg Med 16, 343-350 (1995)

Ayers, F.J., Peterson, D.S.: The effect of pulpotomies in primary molars on the eruption of succedaneous teeth. J Pedodont 4, 315 (1981)

Bauer W.H.: Effect of periapical process of deciduous teeth on the buds of permanent teeth. Am. L. Orth. And Oral Surg. 32, 232 (1946)

Beaver, H., Kopel, H., Sabes, W.: The effect of zink oxide-eugenol cement on a formocresolized pulp. J Dent Child 33, 381 (1966)

Benz, C., Reeka, A., Garbers (ehem. Strojny), A., Hickel, R.: Comparison of two pulpotomy techniques in deciduous dentition: a clinical study. Italian Journal of Paediatric Dentistry; Vol. I: 38-39 (1998)

Berger, J. E.: A review of the erroneously labeled „mummification“ techniques of pulp therapy. Oral Surg 34, 131 (1972)

Berger, J.E.: Pulp tissue reactions to formocresol and zinc-oxid-eugenol. J. Dent Child. 32, 13 (1965)

Block, R., Lewis, D., Sheaths, J., Fawley, J.: Cell-mediated immune response to dog pulp tissue altered by formocresol within the root canal. J Endo 3, 424 (1977)

- Buckley, J.P.: Rational treatment for putrescent pulps. *Dent Rev* 18, 1193 (1904)
- Büttner, M.: Die hormonale und antibiotische Therapie in der Wurzelbehandlung, *Schweiz Mschr Zahnheilk* 73,122 (1963)
- Cotes, O., Boj, J.R., Canalda, C., Carreras, M.: Pulpal tissue reaction to formocresol vs. ferric sulfate in pulpotomized rat teeth. *J Clin Ped Dent* 21, 247-254 (1997)
- Dankert, J., S'Gravenmade, E., Wemes, J.: Diffusion of formokresol and glutaraldehyde through dentin and cementum. *J endo* 2, 42 (1976)
- Davina, A.B.: A conservative approach to the pulpotomy in primary teeth. *J Clin Pediatr dent* 22, 103-105 (1998)
- DGZMK: Dobersch, S., Zipprich, B., Klaiber, B.: Milchzahn-Pulpotomie mit Kalziumhydroxid unter Verwendung adreanlinhaltiger Wattepellets zur Blutstillung. Autoreferat, 1. Hauptthema - Endodontie im Milch- und Wechselgebiss: 5 (1994)
- Doyle, W., Mc Donald, R., Mitchell, D.: Formocresol versus calcium hydroxide in pulpotomy. *J Dent Child* 29, 86 (1962)
- Einwag, J.: Die konservative Behandlung der erkrankten Milchzahnpulpa-Möglichkeiten und Grenzen der bekannten Therapiekonzepte, *ZWR* 96, 565-576 (1987)
- Fadavi, S., Anderson, A.: A comparison of the pulp response to freeze-dried bone, calcium hydroxide and zinc oxide-eugenol in primary teeth in two cynomolgus monkeys. *Ped Dent* 18:52-56, (1996)
- Fei, A.L., Udin, R.D., Johnson, R.: A clinical study of ferric sulfate as a pulpotomy agent in primary teeth. *Pediatr Dent* 13, 327-323 (1991)
- Fuks, A., Bimstein, E. Klein, H.: Assessment of a 2% buffered glutaraldehyde solution in pulpotomized primary teeth of school children: A preliminary report. *J. Pedodont.*10, 323-330 (1986)
- Fuks, A.B., Eidelman, E., Cleaton-Jones, P., Michaeli, Y.: Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. *J Dent Child* 64, 254-259 (1997a)
- Fuks, A.B., Holan, G., Davis, J.M., Eidelmann, E.: Ferric sulfate versus dilute formocresol in pulpotomized primary molars: long-term follow up. *Ped Dent* 19, 327-330 (1997b)
- Garcia-Godoy, F., Ranly, D.M.: Clinical evaluation of pulpotomies with ZOE the vehicle for glutaraldehyde. *Ped Dent* 2: 144-146 (1987)
- Garcia-Godoy, F.: Direct pulp capping and partial pulpotomy with diluted formocresol in primary molars. *Acta Odontol. Pediat.* 5: 57 (1984)
- Garcia-Godoy, F.: Clinical evaluation of glutaraldehyde pulpotomies in primary teeth. *Acta Odontol. Pediat.* 4, 41-44 (1983)

Garcia-Godoy, F.: Penetration and pulpal response by two concentrations of formocresol using two methods of application. *J Ped* 5: 102-135 (1981)

Gentner, M.R., Meyers, I.A., Symomns, A.L.: The floor of the pulp chamber following pulpotomy. *J Clin Pediatr dent* 16, 20-24 (1991)

Granath, L., Hagman, G.: Experimental pulpotomy in human bicuspid with reference to cutting technique. *Acta Odontol Scand* 29, 155 (1971)

Haapasolo, M., Orstavik, D.: In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 66: 1375-1379 (1987)

Hansen, H., Ravn, J.J., Ulrich, D.: Vital pulpotomies primary molars. *Scand J Dent* 79, 13 (1971)

Harndt, E.: Die Resorption der Milchzahnwurzel unter physiologischen und pathologischen Bedingungen *Dtsch Zahn-, Mund- und Kieferheilk.* 11, 12 (1948)

Harndt, R.: Therapie der Pulpaerkrankung am Milchzahn. *Dtsch Zahnärztl Z* 31, 505 (1976)

Heilig, J., Yates, J., Siskin, M., McKnight, J., Turner, J.: Calcium hydroxide pulpotomy for primary teeth: a clinical study. *Journal of the American Dental Association* 108: 775-778 (1984)

Heinrich, R., Kneist, S.: Die Vitalerhaltung des Milchzahnendodontes – eine Klinisch-mikrobiologische und histologische Studie. *Habilitationsschrift, Erfurt* (1986)

Heinrich-Weltzien, R.: Möglichkeiten und Grenzen von pulpaerhaltenden endodontischen Behandlungsverfahren im Milchgebiss *ZMK* 17, 736-741 (2001)

Hermann, B.: Calciumhydroxid als Mittel zum Behandeln und Füllen von Wurzelkanälen. *Med. Diss., Würzburg* (1920)

Hermann, D.: Kortikoidbehandlung der Pulpa *Dtsch Zahnärztl Z* 21, 275 (1966)

Hotz, R.P.: Zahnbildungsstörungen, *Schweiz Monatschr. Zahnmed*, 1, 45 (1991)

Jepsen, S., Lüttges, J.E., Albers, H-K., Fleiner, B., Rueger, D.C.: Reparationsvorgänge der Pulpa nach Implantation von rekombinantem humanen Bone morphogenetic protein (BMP). *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir* 19, 150-152 (1995)

Jepsen, S., Albers, H-K., Fleiner, B., Tucker, M., Rueger, D.C.: Recombinant human osteogenic protein-1 induces dentin formation: an experimental study in miniature swine. *J Endodont* 23, 378-382 (1997)

Johnson, D.C.: Comparison of primary and permanent teeth. In: *Oral Development and histology*. Avery JK, ed. Philadelphia: BC Becker, 180-190 (1987)

Kaplan, N.L., Zach, L., Goldsmith, E.D.: Effect of pulpal exposure in the primary dentition on the succedaneous teeth. *J Dent Child* 34, 237 (1967)

- Ketterl, W.: Die Wurzelbehandlung im Milchgebiss. Dtsch. Zahnärztl. Z. 23,1228 (1968)
- Kilgert- Hartmann, M.: Mortalamputation an Milchmolaren und ihre Auswirkung auf die bleibenden Nachfolger. Med Diss Würzburg (1990)
- Kim, Y., Shiere , R., Fogels, H.: Pre-eruptive factors of tooth rotation and axial inclination. J Dent Res 40, 548 (1961)
- Koch, G., Modeer, T., Poulsen, S.: Kinderzahnheilkunde- ein klinisches Konzept Quintessenz Verlag (1994)
- Künzel, W.: Erkrankung der Pulpa und des apikalen Periodonts der Milchzähne. In Künzel, W. und Tomas, J: Kinderzahnheilkunde Hüthig Verlag, Heidelberg (1985)
- Lauterstein, A., Pruzansky, S., Barbe, T.: Effect of deciduous mandibular molar pulpotomy on the eruption of succedaneous premolar. J. Dent. Res. 41,1366 (1962)
- Law, D.B.; Lewis, P.; Thomson, S.: Formokresol pulpotomy in deciduous teeth. J Am Dent Ass 69, 61 (1964)
- Lazzari, E., Rankly, D., Walker, W.: Biochemical effects of formocresol on bovine pulp tissue. Oral Surg. 45, 796 (1978)
- Lewis, B.: Formaldehyde in dentistry: a review for the milenium. J Clin Pediatr Dent 22, 167-177 (1998)
- Mack, R.B., Dean, J.A.: Elektrosurgical pulpotomy: A retrospektive human study. J Dent Child 60; 107-114 (1993)
- Magnusson, B.: Therapeutic pulpotomy in primary molars. Clinical and histological follow-up II. Zinc oxide-eugenol as wound dressing. Odonol. Revy 22: 45-54 (1971)
- Magnusson, B.: Attempts to predict prognosis of pulpotomy in primary molars. Scand J Dent Res 78, 233 (1970)
- Magnusson, B.: Pulpotomy in primary molars: long-term clinical and histological evaluation. Int Endod J 13, 143 (1980)
- Mc Donald, R.F, Avery D.R.: Dentistry for the Child and Adolescent 7 Edition, 58-59 (1999)
- Mejare, I.: Pulpotomy of primary molars with coronal or total pulpitis using formocresol technique. Scand. J. Res. 87, 208 (1979)
- Mejare, B., Mejare, I.: An in vitro study with various vehicles of diffusion of formocresol and its components. Scand. J. Dent Res. 86, 259 (1978)
- Mejare, B., Nyborg, H., Palmkvist, E.: Amputation instruments for partial pulp extirpation. 3. A comparison between the efficiency of Hedström file with cut tip and the experimental instrument. Odont Revy 21, 63 (1970)

- Messer, B., Cline, G., Korf, N.: Long-term effects of primary molars pulpotomies on succedaneous bicuspid. *J Dent Res* 59, 116 (1980)
- Miethke, R.-R.: Zahnwechsel im Bereich der Stützzone. *Dtsch Zahnärztl Z* 31, 469 (1976)
- Moos, St.: Histologic study of pulpa floor of deciduous molars. *JADA* 17, 372-379 (1965)
- Morawa, A. Straffon, L., Han, S., Corpron, R.: Clinical evaluation of pulpotomies using dilute formocresol. *J. dent. Child* 42360 (1975)
- Morris, M.E.: Morphology of the primary dentition. In Bracham, R.L., Morris, M.E. (Hrsg.): *Textbook of pediatric dentistry*. 2. Auflage. Williams & Willkins, Baltimore (1985)
- Nelson, J., Lazzari, E., Ranly, D., Madden, R.: Biochemical effects of tissue fixatives on bovine pulp. *J. Endodont* 5, 139 (1979)
- Nishida, O., Okada, H., Kawagoe, K.: Investigation of homologous antibodies to an extract of rabbit dental pulp. *Arch. Oral Biol.* 16, 739 (1971)
- Oeztas, N., Ulusu, T., Oyguer, T., Cokpekin, F.: Comparison of electrosurgery and formocresol asulpotomy techniques in dog primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 18, 285- 289 (1994)
- Paras, L.G., Rapp, R.: An investigation of accessory canals in furcation areas of human primary molars: Part 1 SEM observations of frequency, size and location of accessory foramina in the internal and external furcation areas. *J Clin Ped Dent* 17 (2), 65-69 (1993)
- Paras, L.G., Rapp, R.: An investigation of accessory canals in furcation areas of human primary molars: Part 2 Latex perfusion studies of the internal and external furcation areas to demonstrate accessory canals. *J Clin Ped Dent* 17 (2), 71-77 (1993)
- Pelka, M. Krämer, N.: Endodontie im Milchgebiss. *ZMK* 9, 15-19 (1997)
- Pilz, W., Plathner, C., Taatz, H.: *Grundlagen der Kariologie und Endodontologie*. Carl Hanser Verlag, Leipzig (1980)
- Prakashi, C., Chandra, S. Jaiswal, J.: Formokresol and glutaraldehyde pulpotomies in primary teeth. *J. Pedodont.* 13, 314 (1989)
- Pruhs, R., Olen, G., Sharma, P.: Relationship between formocresol pulpotomies on primary teeth and enamel defects on their permanent successors. *J Am Dent Assoc* 94, 698 (1977)
- Rakosi, T.: Verbeugende Maßnahmen in der Kieferorthopädie. In: Eschler, J., Rakosi, T., Witt, E.: *Kieferorthopädie für den praktischen Zahnarzt. Eine Einführung* (1997)
- Ranly, D.: Pulpotomy therapy in primary teeth: new modalities for old rationales. *Ped. Dent* 16: 403-409 (1994)
- Ranly, D.M., Fulton, R.: Reaktion of rat molar pulp tissue to formocresol, formaldehyde and cresol. *J Endod* 2, 176 (1976)

Ringelstein, D.: The prevalens of furcation foramina in primary molars. *Ped Dent* 11 (3), 198-202 (1989)

Rolling, I., Hasselgran, G., Tronstad, L.: Morphologic and enzyme histochemical observations on the pulp of human primary molars three to five years after formocresol-treatment. *Oral Surg.* 42, 518 (1976)

Rolling, I., Lambjerg-Hansen, H.: Pulp condition of successfully formocresol-treated primary molars. *Scand J Dent Res* 86 267 (1978)

Rolling, I. Poulsen, S.: Formocresol pulpotomy of primary teeth and occurrence of enamel defects on the permanent sucesors. *Acta Odontol Scand* 36, 243 (1978)

Ruemping, D.R., Morton, T.H., Anderson, M.W.: Elektrosurgical pulpotomy in primates- a comparison with formocresol pulpotomy. *Pediatr Dent* 5, 14-18 (1983)

Sargenti, A.: Zur Diskussion über N2-Wurzelbehandlung. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 73, 127 (1963)

Sauerwein, E., Dausch H.: Die Wirkung des Calxyls auf das Pulpagewebe. *DZZ* 7, 1447 (1952)

Schour, I.: Noyes' oral histology and embryology with laboratory directions ed 8, Lea and Febinger, Philadelphia, 298-303 (1960)

Schröder, U.: Agreement between the clinical and histological findings in a chronic coronal pulpitis in primary teeth. *Scand J Dent Res* 85, 583 (1977)

Schröder, U.: A two year follow-up of primary molars pulpotomized with a gentle technique and capped with calcium hydroxide. *Scand J Dent Res* 86, 273 (1978)

Schröder, U., Granat, L.: On internal dentine resorption in deciduous molars treated by polpotomy and capped with calcium hydroxide. *Odontol revy* 22, 179 (1971)

Schug-Kösters, M., Ketterl, W.: Pulpaerkrankungen im Milchgebiss und ihre Folgezustände einschließlich ihrer Behandlung. In Reichenbach, E.: *Kinderzahnheilkunde im Vorschulalter*. Leipzig (1973)

S'Gravenmade, E.J.: Some biochemical considerations of fixation in endodontics. *J. Endo.* 7, 233 (1975)

Shaw, D.W., Sheller, B., Barrus, B.D., Morton, T.H.: Elektrosurgical pulpotomy-a 6-month study in primates. *J Endodont* 13, 500-505 (1987)

Sheller, B., Morton, T.H.: Electrosurgical pulpotomy: a pilot study in humans. *J Endod* 13, 69-76 (1987)

Smith, N.L., Seale, N.S., Nunn M.E.: Ferric sulfate pulpotomy in primary molars: A retrospective study. *Pediatr Dent* 22, 193-199 (2000)

- Städtler, P.: Untersuchungen über die Effektivität von 116 Milchzahnbehandlungen. Österr Zeitschr Stomatol 11, 533 (1982)
- Staehele, H. J., Koch, M.J.: Stellungnahme der DGZMK Stand März 1997, Mitteilungen der DGZMK 04 (1997)
- Staehele, H.J.: Endodontie 1: 19-34 (1992)
- Starkey, B.: Pulpectomy and root canal filling in a primary molar-report of case. J. Dent Child. 40, 213 (1973)
- Stein, G.: Fokale Infektion im Kindesalter und daraus sich ergebende Gesichtspunkte für die Milchzahnbehandlung. Zahnärztl Rdsch 44, 95 (1935)
- Teplitsky, P.E., Grieman, R.: History of formocresol pulpotomie. Can Dent. Assoc. J.8, 629 (1984)
- Triadan, H., Schroeder, A.: Die pharmakologische Heilung der Pulpitis 2. Mitteilung, Schweiz Mschr Zahnheilk 70, 94 (1961)
- Tronstad, L.: Clinical Endodontics. Thieme, Stuttgart (1991)
- Tronstad, L., Mjör I.: Capping of the inflamed pulp. Oral Surg 34, 477 (1972)
- Turner, J. G.: Two cases of hypoplasia of enamel. Br J Dent Sci 55, 227-228 (1912)
- Verco, P.J.W. und Allen, K.R.: Formocresol pulpotomies in primary teeth. J Int Ass Dent Child 15, 51 (1984)
- Via, W.: Evaluation of deciduous molars treated by pulpotomy and calcium hydroxide. J Am Dent Assoc 50, 34 (1955)
- Waterhouse P.J.: Formocresol and alternative primary medicaments: a review. Endodont Dent Traumatol 11, 157-162 (1995)
- Waterhouse P.J., Nunn J.H., Whitworth, J.M.: An investigation of the relative efficiency of Buckley's Formokresol and calcium hydroxide in primary molar vital pulp therapy Brit Dent J 188, 32-36 (2000)
- Wilkerson, M.K., Sharton, D.H., Arcoria, C.J.: Effects of the argon laser on primary tooth pulpotomies in swine. J Clin Laser Med Surg 14, 37-42 (1996)
- Wijnbergen-Buijen van Welderen, M.G.J.; Burgersdijk, R.C.M.; Rotgans, J.: Überprüfung von 50 Pulpotomien (Trikresol-Formalin-Methode) nach 3 Jahren. Dtsch Zahnärztl Z 34, 127 (1979)

# 10 Anhang

## 10.1 Nachuntersuchungsbogen

Patient: # Nr. ...
Name / Vorname:
Geb.:
Geschlecht:

## Nachuntersuchungsbogen

### Wurzelbehandlungen im Milchgebiss

Ausgangssituation				Datum
Zahn	Kavitätenausdehnung			Kofferdam
Pulpa eröffnet	Nach Excav.			
Pulpa Diagnose	Pulpitis			
Wurzelbehandlung	Vitalamputation			
Spülung	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	NaCl		
Material der WB	Calxyl	Formokresol		
Abschl. Versorgung	Füllung	Stahlkrone		

Behandler

Nachuntersuchung				Datum
Symptome	Keine	Ja		
	Schmerzen	Fistel		Schwellung
Röntgenbild	ZF	OPG		
Aufhellung	Keine	Interrad.		Apikal
abschl. Versorgung	Optimal	Defekt		

Behandler




---



---



---



---



---

## 10.2 Elternbrief

Klinikum Innenstadt  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Direktor: Prof. Dr. Reinhard Hickel

Ludwig **LMU**  
Maximilians  
Universität  
München

Patient: Name, Vorname  
Adresse

Telefon 089 / 51 60-32 01 Sekretariat  
089 / 51 60-32 57 Ambulanz  
089 / 51 60-32 56 Anmeldung  
Telefax 089 / 51 60-53 44

Datum,.....

Sehr geehrte Eltern,

bei Ihrem Kind ..... wurden Wurzelbehandlungen an den Milchzähnen durchgeführt, die wir gerne nachuntersuchen würden.

Eine optimale Zahnversorgung Ihres Kindes liegt sicherlich auch in Ihrem Interesse.

Deshalb möchten wir Sie bitten, sich mit Ihrem Kind am ....., den ..... um ..... Uhr bei uns in der Zahnklinik zu einer zahnärztlichen Untersuchung einzufinden.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. ....

Dr. ....

ZÄ. A. Garbers

✂.....

Bitte um Rückantwort (im beiliegenden frankierten Umschlag)

- Wir können den vereinbarten Termin einhalten
- Wir sind leider verhindert und bitten um einen Ersatztermin

Klinikum Innenstadt  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Kinderbehandlung  
Goethestraße 70  
80336 München

### 10.3 Statistisches Aufkommen- Absolutwerte

Art der Behandlung	Kalziumhydroxid		Formokresol	
	Anzahl der Pulpotomien	Rel. Anteil [ % ]	Anzahl der Pulpotomien	Rel. Anteil [ % ]
Kinderzimmer	73	34,3	44	24,3
Sedierung	46	21,6	56	30,9
Intubationsnarkose	94	44,1	81	44,8
gesamt	213	100	181	100

**Tab.10.1:**Verteilung der Behandlungsarten bei Kalziumhydroxid- und Formokresol-Pulpotomie

Methode/Kavität	1-flächige	2-flächige	3-flächige	4-flächige	Gesamt
Kalziumhydroxid.	36	28	97	52	213
Formokresol	23	30	46	82	181
Gesamt	59	58	143	134	394

**Tab.10.2:**Verteilung der Kavitätengröße in den beiden Methoden

Pulpotomien pro Kind	Calxyl			Formokresol		
	Kleinkinder	Kindergartenkinder	Schulkinder	Kleinkinder	Kindergartenkinder	Schulkinder
1	5	32	4	7	12	4
2	4	14	2	5	10	6
3	2	12	2	3	3	3
4	1	7	1	1	3	1
5	1	5	1	1	4	1
6	0	1	0	1	2	0
7	0	1	0	0	3	0

**Tab.10.3:**Altersspezifische Verteilung der Pulpotomien pro Kind

## 10.4 Anhang Relatives Risiko

Zähne IV/OK	Risiko der Calxylbeh. relativ zur Formo.-Beh.	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Ende	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Beginn	Feldbesetzung			
				Calxyl		Formo.	
				a	b	c	d
Keine Fistel	0,8731	1,0443	0,7301	36	11	50	7
Keine Schwellung	0,882*	0,9947	0,782	40	7	55	2
Keine Schmerzen	0,9652	1,1392	0,8178	39	8	49	8
Keine apikale Aufhellung	0,9481	1,0439	0,8611	43	4	55	2
Keine interrad. Aufhellung	0,8773	1,0805	0,7122	34	13	47	10

**Tab.10.4:** Relatives Risiko Nichtauftretens von klinischen und röntgenologischen Symptomen für die erste Milchmolaren des Oberkiefers (IV/OK; VB-Vertrauensbereich; \*-signifikant)

Zähne V/OK	Risiko der Calxylbeh. relativ zur Formo.-Beh.	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Ende	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Beginn	Feldbesetzung			
				Calxyl		Formo.	
				a	b	c	d
Keine Fistel	0,6919*	0,8834	0,5419	26	14	31	2
Keine Schwellung	0,8*	0,9404	0,6805	32	8	33	0
Keine Schmerzen	0,7112*	0,9348	0,541	25	15	29	4
Keine apikale Aufhellung	0,8782	1,0443	0,7385	33	7	31	2
Keine interrad. Aufhellung	0,6875*	0,895	0,528	25	15	30	3

**Tab.10.5:** Relatives Risiko Nichtauftretens von klinischen und röntgenologischen Symptomen für die zweite Milchmolaren des Oberkiefers (V/OK; VB-Vertrauensbereich; \*-signifikant)

Zähne IV/UK	Risiko der Calxylbeh. relativ zur Formo.-Beh.	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Ende	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Beginn	Feldbesetzung			
				Calxyl		Formo.	
				a	b	c	d
Keine Fistel	0,7202*	0,8656	0,5993	45	19	41	1
Keine Schwellung	1,0534	0,9488	1,1695	61	3	38	4
Keine Schmerzen	0,8918	1,037	0,7669	53	11	39	3
Keine apikale Aufhellung	0,8695	1,0045	0,7526	53	11	40	2
Keine interrad. Aufhellung	0,708*	0,8846	0,5666	41	23	38	4

**Tab.10.6:** Relatives Risiko des Nichtauftretens von klinischen und röntgenologischen Symptomen für die erste Milchmolaren des Unterkiefers (IV/UK; VB- Vertrauensbereich; \*-signifikant)

Zähne V/UK	Risiko der Calxylbeh. relativ zur Formo.-Beh.	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Ende	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Beginn	Feldbesetzung			
				Calxyl		Formo.	
				a	b	c	d
Keine Fistel	0,6894*	0,834	0,5698	41	21	47	2
Keine Schwellung	0,8225*	0,9309	0,7268	51	11	49	0
Keine Schmerzen	0,7398*	0,881	0,6213	44	18	47	2
Keine apikale Aufhellung	0,8232*	0,9431	0,7186	50	12	48	4
Keine interrad. Aufhellung	0,6726*	0,8179	0,553	40	22	47	2

**Tab.10.7:** Relatives Risiko des Nichtauftretens von klinischen und röntgenologischen Symptomen für die zweite Milchmolaren des Unterkiefers (V/UK; VB-Vertrauensbereich; \*-signifikant)

Versorgung optimal	Risiko der Calxylbeh. relativ zur Formo.-Beh.	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Ende	95% VB des rel. Risikos, Intervall-Beginn	Feldbesetzung			
				Calxyl		Formo.	
				a	b	c	d
Fllg gesamt	1,3063*	1,0502	1,6247	50	10	37	21
Krone gesamt	1,0423*	1,0091	1,0766	153	0	118	5
Fllg / keine Sympt.	1,375*	1,0168	1,8593	22	4	32	20
Krone/keine Sympt.	1,0291	0,9945	1,0648	95	0	103	3
Fllg / Sympt.	0,9882	1,4789	0,6603	28	6	5	1
Krone / Sympt.	1,1333*	1,0324	1,2441	58	0	15	2

**Tab.10.8:** Relatives Risiko des Nichtauftretens von Defekten bei der Abschlussversorgung (Fllg-Füllungen, VB- Vertrauensbereich; \*-signifikant)

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. C. Benz möchte ich an dieser Stelle herzlich für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie für seine konstruktive und aufmerksame Betreuung der vorliegenden Arbeit danken.

Die statistischen Berechnungen wurden mit Hilfe von Herrn Dr. Hamm erstellt. Für seine wertvollen Hinweise und seine tatkräftige Unterstützung bei der Auswertung danke ich ihm sehr herzlich.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Dr. Clarissa Benz und Frau Dr. Arianne Reeka-Bartschmid bedanken, die mich während der klinischen Studie betreuten.

Unter den Mitarbeitern des Kinderzimmers habe ich stets Teamgeist und Hilfsbereitschaft vorgefunden. Insbesondere bei Frau Angelika Strzegowski und Frau Zelika Maronica möchte ich mich für die hervorragende und zuverlässige Zusammenarbeit bedanken.

Für seine Förderung und Motivation gilt mein besonderer Dank meinem Mann Axel, der so viel für mich getan hat und dadurch selbst auf so viel verzichten musste.

Darüber hinaus möchte ich meiner Mutter, Maria Przepiórkowska, danken, die mir mein Studium ermöglicht hat und mich stets liebevoll bei meinen beruflichen und privaten Entscheidungen unterstützte.

# Lebenslauf

## Persönliches

Name: Garbers  
Vorname: Agnieszka  
Geburtsdatum: 03.09.1967  
Geburtsort: Breslau (Wrocław), Polen  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Eltern: Maria Przepiórkowska, geb. Urbanek  
und Lucjan Przepiórkowski  
Familienstand: verheiratet, zwei Töchter

## Ausbildung

1974-1982: Grundschule, Breslau  
1982-1986: Math.-phys. Gymnasium, Abitur, Breslau  
1987-1992: Studium der Zahnmedizin an der Medizinischen Akademie, Breslau  
Juli 1992: Approbation als Zahnärztin in Polen  
1992-1993: Assistenz Zahnärztin an der Poliklinik Breslau  
1994-1995: Erziehungsurlaub  
1996-1997: Gastzahnärztin in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
November 1996: Gleichwertigkeitsprüfung am Staatsministerium München  
Januar 1997: Approbation als Zahnärztin in Deutschland

## Beruf

Seit 1998: Assistentin in den Praxen von  
Dr. H. P. Beer, Gräfelfing,  
Dr. Ch. L. Butz, München und  
Dr. A. Freundorfer / Dr. J. Esch, München