

Aus der Universitätspoliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. H.-G. Schaller)

**Mikromorphologische Veränderungen der Schmelzoberfläche
von Milchzähnen während der tertiären Schmelzreifung
(Entstehung und lokale Verteilung von Gebrauchsspuren
in der Funktionsperiode)**

DISSERTATION
zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med. dent.

vorgelegt
der Medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Stefan Schorm
geboren am 28. Juli 1966 in Brehna

Betreuer: Prof. Dr. Stiefel

Gutachter: Prof. Dr. Glockmann (Jena)
Prof. Dr. Beetke (Rostock)
Prof. Dr. Stiefel (Halle)

Verteidigung: 27. 11. 2002

Kurzreferat

Die posteruptiven Reifungsvorgänge der ersten Dentition sind von Oberflächenveränderungen geprägt. Die tertiäre Reifung des Zahnschmelzes erfordert bei Milchzähnen, analog zu bleibenden Zähnen, einen längeren Zeitraum, als aus dem raschen Fortschreiten der Embryogenese angenommen werden müsste. Mit dem Durchbruch in die Mundhöhle und dem Beginn ihrer Funktionsperiode können die temporären Zähne den funktionellen Anforderungen noch nicht genügen. Dazu ist eine Reihe physikochemischer Anpassungen notwendig.

Mittels Rasterelektronenmikroskopie wurden in Längsschnitt-Untersuchungen während 2 Jahren posteruptive Mikrostrukturveränderungen auf der Oberfläche von 51 rechten ersten Milchschneidezähnen des Oberkiefers (= 51 Kinder) untersucht. Die Zahnoberflächen ließen sich chronologisch charakterisieren und vergleichen. Elf Gruppen im Altersbereich von 26 - 70 Monaten erlaubten, je einen bestimmten Zeitabschnitt während der posteruptiven Schmelzreifung zu dokumentieren. Die labiale Oberflächenstruktur wurde mittels Replikatechnik untersucht. Bei jedem Probanden wurden 6 Abdrücke im Abstand von je 4 Monaten gewonnen. Die mittels flüssigem Polystyrol hergestellten Ausgüsse kamen nach Goldbedampfung zur Untersuchung in einem Rasterelektronenmikroskop. An 306 Schneidezahnoberflächen (je 6mal die gleiche Labialfläche pro Kind) wurden 2754 Sektoren (9 pro Zahnlabialfläche) halbquantitativ ausgewertet. Der Grad der Mineralisationsgüte an der Schmelzoberfläche sollte durch die Häufigkeit und Zu- bzw. Abnahme von „Kratzern“ im reifenden Zustand eruiert werden. Auf Grundlage der morphologischen Veränderungen wurde eine Einteilung nach den Graden 0 (keine Usuren), 1 (geringe Kratzerhäufigkeit), 2 (mittlere Kratzerhäufigkeit) und 3 (starke Kratzerhäufigkeit) vorgenommen. Die Analyse erfolgte bei 100-facher Vergrößerung im REM. Zusätzlich standen für ausgewählte Areale Vergrößerungen von 500x, 1000x, 3000x, 5000x zur Verfügung. Die Mikrografien oder Auszählungen am Bildschirm ließen Rückschlüsse auf den Reifegrad zu. Dabei ergab sich eine signifikant steigende Usurenhäufigkeit in den Gruppen 1-7 von 0,47 auf 1,63 (26. - 54. Lebensmonat). Sie stagnierte oder schwankte unregelmäßig bis zum 66. Lebensmonat und unterlag danach einem leichten Rückgang. Bei 30 % der Probanden kam es danach zur Reliefeinebnung. Diese Nivellierung und Verflachung der Zahnoberfläche fiel in die späte Funktionsperiode (mit bereits inzisalen Abrasionen). Sektorenbezogen ergaben sich stärkere Veränderungen im zentralen Zahnbereich. Der Reifungsprozess nimmt mehr als 60 % der gesamten Standzeit im Mund in Anspruch. Mit Eintritt der Reife ist die inzisale Region bereits abradert.

Stefan Schorm: Mikromorphologische Veränderungen der Schmelzoberfläche von Milchzähnen während der tertiären Schmelzreifung

(Entstehung und lokale Verteilung von Gebrauchsspuren in der Funktionsperiode

Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 66 Seiten, 2002

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite	
1.	Einleitung	1
1.1.	Problemdarstellung	1
1.2.	Zielstellung	2
2.	Amelogenese und Zahnschmelz	3
2.1	Zahnentwicklung	3
2.1.1	Schmelzbildung	4
2.2.	Mineralisation und Reifung	5
2.2.1	Mineralisation	6
2.2.2	Präeruptive Schmelzreifung	7
2.2.3	Posteruptive Schmelzreifung	10
2.3.	Schmelzstruktur	10
2.3.1	Makro- und Mikrostruktur	12
2.4.	Zahnoberfläche	14
2.4.1	Die Zahnoberfläche beeinflussende Faktoren	14
2.5.	Substanzverluste der Zahnoberfläche	15
2.5.1	Mechanisch bedingte Verluste	15
2.5.2	Mikrosubstanzverluste	17
3.	Material und Methoden	18
3.1.	Beschreibung des Verlaufes der Untersuchung	18
3.2.	Herstellung der Präparate	21
4.	Eigene Ergebnisse	22
4.1.	Einteilung der Gruppen	22
4.1.1	Einteilung in Sektoren	24
4.2.	Quantitative und qualitative Erläuterung der Gruppen	24
4.2.1	Charakterisierung der Sektoren	38
4.3	Polarisationsmikroskopischer Nachweis von Reifungsvorgängen	45
5.	Diskussion	48
6.	Zusammenfassung	53
7.	Literaturverzeichnis	55
8.	Thesen zur Dissertation	64

1. Einleitung

1.1. Problemdarstellung

Trotz europaweit rückläufiger Karieshäufigkeit (Caries decline) ist nach wie vor eine große Anzahl kariöser Läsionen im Milchgebiss zu versorgen (Marthaler 1990, Steckslen-Blicks et al. 1989, Steiner et al. 1991). Der von WHO und FDI vorgesehene DMF-T-Index von 3.0 für die 12-Jährigen im Jahr 2000 wurde bei weitem noch nicht überall in Europa erreicht (IDZ 1991). Neben der Entwicklung und Durchsetzung von Prophylaxemaßnahmen sind umfangreiche Forschungsanstrengungen notwendig, um die Grundlagen einer effektiven Kariesvermeidung zu schaffen. Einer der zu berücksichtigenden Schwerpunkte ist die posteruptive Schmelzreifung, deren verzögertes Fortschreiten in der zweiten Dentition einer der wichtigsten Faktoren der hohen Kariesgefährdung im Jugendalter darstellt.

Daneben ist die Schaffung von Kenntnissen über die Reifungsvorgänge der ersten Dentition ebenso dringlich. In erster Linie geht es bei dieser Arbeit um Phasen, in denen die Kariesgefährdung der Zähne der ersten Generation noch ausgesprochen hoch ist. Dieses Stadium durchlaufen Kleinkinder zwischen dem ersten und vierten Lebensjahr. Der Behandlungsbedarf von Milchzähnen 8-9-jähriger Kinder in Deutschland lag 1993 bei 25,2 % in den neuen und 40,5 % in den alten Bundesländern (Micheelis und Bauch 1993). Bei der Behandlung von Milchzähnen sollte berücksichtigt werden, dass sie ihre Funktion bis zu 10 Jahre lang ausüben müssen und als Platzhalter für die zweite Dentition fungieren sowie für die Ausbildung der Sprache und auch für die psychische Entwicklung der Kinder von Bedeutung sind (Eifinger et al. 1990, Filippi und Kirchner 1994).

1.2. Zielstellung

Ziel dieser Arbeit ist es, den Maturationsprozess der Milchzähne näher zu beleuchten. Eine Zunahme, Stagnation und Abnahme der Oberflächenveränderungen während der Funktionsperiode soll Aufschluss über den eventuellen Zeitpunkt der Beendigung der Reifungsvorgänge bringen.

Wenn in Milchzähnen die tertiäre Reifung des Zahnschmelzes (analog zu bleibenden Zähnen) wesentlich längere Zeiträume erfordert, als bisher angenommen wurde, dann müsste man damit rechnen, dass im Extremfall die Dentis lactales bereits im unausgereiften Zustand ihren Nachfolgern Platz machen würden. Die Funktionsperioden der Milchzähne betragen im Oberkiefer zwischen 6,4 und 8,9 Jahren und im Unterkiefer zwischen 6,1 und 9,9 Jahren.

Deshalb wird für diese Arbeit hypothetisch angenommen, dass es spätestens mit dem 30 Lebensmonat zu einer Stagnation, bzw. zu einer Abnahme der Oberflächenveränderungen kommt. Die Verifikation dieser Annahme würde bestätigen, dass es zur Ausreifung während der Funktionsperiode käme.

Im permanenten Gebiss erstreckt sich die Reifung des Mineralgerüsts über fünf bis (mitunter) acht Jahre nach der Zahneruption (Arlt 1995, Stiefel 1991).

An Glattflächenreplikationen (Positiv-Abdrücke) der Milchschneidezähne von 51 Kindern, die in regelmäßiger Folge gewonnen wurden, sollte die Veränderung der vestibulären Glattflächen in bezug auf Kratzer, Usuren und Gebrauchsspuren jeglicher Art und deren Dauerhaftigkeit oder ihr allmähliches Verflachen des Reliefs beobachtet und dokumentiert werden. Daraus sollten Schlüsse auf den Zeitpunkt der Festigung der Schmelzglattflächen, also auf die qualitative und quantitative Optimierung des Mineralgerüsts gezogen werden.

2. Amelogenesis und Zahnschmelz

Die Substantia adamantina (Zahnschmelz) ist ein vollständig zellfreies Hartmaterial, welches als ein kristallines Gefüge und als Produkt zellulärer Leistung, dem Kronenabschnitt des Dentins kappenartig aufsitzt.

Die Schmelzbildung selbst entsteht aus 3 gleichzeitig ablaufenden Prozessen. So bildet sich aus der Schmelzmatrix die härteste Substanz des menschlichen Organismus, welche nach der Eruption des Zahnes keinem aktiven Stoffwechsel mehr unterliegt.

2.1. Zahnentwicklung

Die Zahnentwicklung beginnt in den ersten Wochen der Embryonalperiode. Nach der Gastrulation induziert das Ektomesenchym in dem darüber liegenden Epithel der Mundhöhle eine verstärkte Mitoseaktivität. Gleichzeitig steigt die Kapillardichte im Mesenchym der zahnbildenden Region an (Slavkin 1974). Darauf erfolgt unmittelbar durch lokale Zellvermehrung im zweiten Embryonalmonat die Bildung der Zahnleiste. Geschichtetes Plattenepithel der Mundhöhlenschleimhaut senkt sich streifenförmig in der Gegend der zukünftigen Zahnreihen als Zahnleiste in die Tiefe (Geyer 1980). Durch lokale Zellvermehrung treten an der vestibulären Seite der Zahnleiste im Oberkiefer und Unterkiefer je 10 Zahnanlagen auf. Diese Zahnanlagen durchlaufen das knospen-, kappen- und glockenförmige Stadium. So entstehen beispielsweise in der 8. Woche die Anschwellungen der ersten Milchmolaren, und erst nach der 10. Embryonalwoche ist die Anlage für den zweiten Milchmolaren erkennbar (Stiefel 1987). Jede Zahnglocke entspricht bereits grob der Form des Zahnes, der später aus ihr hervorgehen wird. Je größer die Molarenanlagen werden, desto mehr Einfaltungen entwickeln sich im Glockenstadium zur Bildung des Höcker-Fissurenreliefs (Radlanski 1993). Im Kappenstadium differenzieren sich aus den Zellen des inneren Schmelzepithels die Ameloblasten. Die besondere Aktivität des inneren Schmelzepithels kommt auch in stoffwechselphysiologischen Untersuchungen zum Ausdruck (Töndury 1956, Hermann 1956, Lenz

1958, Pilz et al. 1980). Erwähnenswert sind ebenfalls Wechselbeziehungen zwischen innerem Schmelzepithel und Zahnpulpa. Das innere Schmelzepithel übt eine induzierende Wirkung auf die Zahnpulpa aus und initiiert die Odontoblastenbildung.

Die äußeren Zellen der Zahnpapille differenzieren sich zu Odontoblasten, welche Dentinmatrix ablagern. Dentin kann im Gegensatz zum Schmelz zeitlebens nachgebildet werden (Blechsmidt 1978, Suga 1983). Durch Tiefenwachstum werden die Ränder der Zahnglocke verlängert und bilden damit die Hertwigsche Epithelscheide. Auf diese Weise wird die Form für die Wurzelbildung der Zähne vorgegeben. Kennzeichnend für die Zahnentwicklung ist ihr periodisch wellenförmiger Verlauf, welcher zahlreiche strukturelle Eigentümlichkeiten des Schmelzes besser verstehen lässt.

2.1.1 Schmelzbildung

Die eigentliche Amelogenese setzt im Glockenstadium ein, jedoch erst nachdem sich ein schmaler Saum Dentinmatrix abgelagert und mineralisiert hat. Wir müssen bei der Schmelzbildung drei nebeneinander ablaufende Vorgänge erwähnen:

1. Bildung der Schmelzmatrix, wobei sich diese in eine Sekretionsphase und in eine Resorptionsphase unterteilt.
2. Mineralisation der Schmelzmatrix und
3. Schmelzreifung.

Bei der Sekretionsphase entstehen die Grundsubstanzen für die Schmelzmatrix. In der Resorptionsphase unterliegen Teile der Matrix der Einschmelzung, um die Mineralisation zu ermöglichen.

Am Anfang der Matrixsekretion verlängern sich die Ameloblasten, verlieren ihre Teilungsfähigkeit und nehmen den Charakter sezernierender Zellen an.

Die Ameloblasten, die jetzt einen Durchmesser von 7 Mikrometer erreicht haben, sind nicht mehr teilungsfähig und haben damit durch ihre Konstanz

die endgültige Anzahl der zu bildenden Schmelzprismen festgelegt (Stiefel 1987). So stimmt, obwohl jeder Ameloblast an mehreren Prismen beteiligt ist, die Gesamtzahl von Prismen und Ameloblasten überein.

Die sezernierenden Ameloblasten des Menschen besitzen eine charakteristische Gliederung. Im distalen (apikalen) Pol konzentrieren sich die an der Matrixproduktion beteiligten Zellorganellen. Hier sei kurz auf die Abgabe der Matrix eingegangen.

Palade-Granula auf den Oberflächen des Endoplasmatischen Retikulums synthetisieren Kohlenhydratkomponenten der Schmelzmatrix, aus denen Glykoproteine entstehen und zum Golgi-Apparat transportiert werden. Die Golgi Schläuche schnüren sich ab. So entstehen Vakuolen, die die Vorstufen der Schmelzmatrix enthalten (Frank u. Nalbandian 1967). Sie wandern in 20 bis 30 Minuten durch das Zytoplasma hindurch zum distalen Pol, um schließlich über den Tomes-Fortsatz ihren Inhalt in die Interzellulärsubstanz abzugeben (Schroeder 1982). So funktioniert der Ameloblast wie eine ekkrine Drüse und gibt tröpfchenweise die Schmelzmatrix ab. Durch zunehmende Schmelzablagerung bewegen sich zwangsläufig die Ameloblasten in Richtung auf das äußere Schmelzepithel zu. Dieser Weg verläuft leicht S-förmig, durchaus mit komplizierten Schwenkungen.

Der Beginn der Ablagerungen erfolgt zuerst in der Höckerregion und breitet sich von dort auf die gesamte Schmelz-Dentin-Grenze aus. Wenn der Schmelz seine vorgesehene Dicke erreicht hat, zieht der Ameloblast den Tomes-Fortsatz, eine kegelförmige Ausstülpung, ein und versiegt mit Ablagerung einer dünnen prismenfreien Schmelzlage.

2.2. Mineralisation und Reifung

Wir müssen die Entwicklung und Reifung der Zähne als einen biologischen Vorgang verstehen, der sich für den einzelnen Zahn über viele Jahre erstreckt. Diese Zeitspanne reicht von der Ausdifferenzierung der ursprünglich verhältnismäßig gleichförmigen Keimanlagen bis zum Abschluss der Schmelzmineralisation. Gerade während dieser Zeit kommt

es durch verschiedenste Faktoren zu einer Beeinflussung der Mikro- und Makrostruktur der Zähne.

2.2.1 Mineralisation

Die Mineralisation, als Imprägnierung einer organischen Matrix mit schwerlöslichen Calciumphosphaten zu verstehen, beginnt sofort nach der Matrixsekretion, wenn diese eine Breite von $0,1\mu\text{m}$ erreicht hat. In dieser ersten initialen Phase kommt es zur Bildung sogenannter Kristallkeime (Nukleation). Durch Zusammenfügen kleinster Bausteine, der Elementarzellen, zu einem Raumgitter mit geometrisch regelmäßiger Anordnung der Atome, entsteht ihre makroskopische Gestalt. Newesely (1965) fasst den Grundriss einer Elementarzelle als hexagonal auf. Diese Elementarzellen sind in Abständen von $0,687\text{ nm}$ aufeinandergepackt und ergeben die hexagonal prismatische Form. Die Kristalle wachsen durch Aufnahme gleichartiger Substanz (Epitaxie) oder durch Zusammenlagerung von mehreren Primärkristallen. Bei weiterer Vergrößerung stoßen sie mit Nachbarn zusammen und müssen von ihrer Idealform abweichen. Sie entstehen im Schmelz während der präeruptiven Reifung (Stiefel 1987). Zahlreiche dieser Kristallkeime wachsen rasch in die Länge und bilden auffällig lange und äußerst dünne Nadeln bzw. Plättchen. Mit Hilfe der Elektronenbeugung konnten sie als Apatit identifiziert werden (Frank und Nalbandian 1967). Sie sind etwa $1,5\ \mu\text{m}$ dick, besitzen aber bereits die Länge eines reifen Kristallits. Unmittelbar nach ihrer Entstehung beginnen die Kristalle nach bisheriger Ansicht weitere Ionen anzulagern und in die Dicke zu wachsen. Eine Zusammenlagerung mehrerer dieser dünnen Nadeln wird für wahrscheinlich gehalten (Höhling 1966, Höhling et al. 1982, Stiefel und Binus 1991).

Während dieser ersten Phase (primäre Schmelzreifung) werden etwa 25% des anorganischen Gehaltes des vollständig mineralisierten Schmelzes erreicht.

Im weiteren Abstand von $0,5$ bis $1\mu\text{m}$ folgt eine zweite Mineralisationsphase (sekundäre Schmelzreifung). In dieser herrscht Kristallwachstum vor, wodurch es zur Vergrößerung der einzelnen

Kristallite kommt. Damit erhöht sich der Grad der Mineralisationsdichte (auf 86 %).

Der Transport der Mineralionen zum Fällungsort erfolgt intrazellulär (in geringem Maße) als auch extrazellulär. Mit Hilfe der Autoradiographie konnte der intrazelluläre Transfer von Calcium mit Hilfe spezieller Vesikel durch das Zytoplasma der Ameloblasten bewiesen werden (Nagai und Frank 1975).

Auch Bawden (1982) verfolgte mit anderen Untersuchungsmethoden die Bereitstellung der mineralisationsentscheidenden Ionen (Calcium, Phosphat, Fluor). Erwähnung findet hierbei das Schmelzorgan als entscheidender Regulator, der die Ionen quantitativ und qualitativ kontrolliert und beeinflusst. So gelangen beispielsweise Phosphat-Ionen durch die extrazelluläre Flüssigkeit an ihren Reaktionsort, ohne einer zellulären Beeinflussung zu unterliegen. Phosphat-Gruppen können auch in Metabolite integriert zum Mineralisationsort gelangen und dort enzymatisch abgespalten werden (Heyden und Arwill 1971).

2.2.2 Präeruptive Schmelzreifung

Zusammenfassenderweise sind bei der Amelogenese drei Reifungsphasen zu unterscheiden: die primäre, sekundäre und tertiäre Schmelzreifung.

Die primäre und sekundäre Schmelzreifung, auch als erste und zweite Mineralisation bezeichnet, sind dem Begriff präeruptive Schmelzreifung unterzuordnen.

Während der ersten Reifungsphase erfolgt durch Entzug organischer Substanzen der abgelagerten Schmelzmatrix die Kristallkeimbildung. Unter der zweiten Reifungsphase werden eine Reihe von Prozessen verstanden, die das kristalline Gefüge Schmelz entstehen lassen. Diese Prozesse betreffen das Wachstum der Schmelzkristalle, den Verlauf der Verdichtung und Erhärtung des mineralisierenden Gefüges, die selektive Änderung in der Zusammensetzung der Schmelzmatrix, die Volumenschrumpfung von organischer Matrix und den Verlust von Wasser

sowie die mit diesen Prozessen untergehenden Zellaktivitäten im Schmelzorgan.

Die Schmelzkristalle erlangen während der sekundären Schmelzreifung ihre endgültige Größe (80 nm breit, 1000 nm lang). Die Matrix selber kann nie gänzlich verdrängt werden. Sie bewirkt eine verbleibende Porosität der Mineralsubstanz (Stiefel 1987).

Zahnschmelz erhält in der präeruptiven Reifungsphase etwa 65 bis 75 % seines Mineralanteils. Die endgültigen Werte nach der tertiären Schmelzreifung betragen etwa 92 % für temporäre, 98 % für permanente Zähne (Schmidt 1982).

Von der Schmelzdentingrenze im koronalen Bereich ausgehend, breitet sich die Schmelzverdichtung zentrifugal aus und erreicht die Oberfläche des dann in seiner endgültigen Dicke gebildeten Schmelzes cuspidal / inzisal zuerst. Die unmittelbar der Schmelzdentingrenze aufliegenden Schmelzanteile gelangen als erste in dieses hohe Reifestadium.

Entlang der Schmelzdentingrenze entsteht eine schmale Zone prismenfreien Schmelzes, da die Ameloblasten zu diesem Zeitpunkt erst etwas verzögert ihre Tomes-Fortsätze entwickeln.

Mit Hilfe von Mikroindruck-Härtemessungen ließ sich folgendes eindeutig nachweisen: Obwohl dieser Bereich als erster mineralisiert wird und rasch ausreift, bleibt er im Endstadium die weichste Schicht des gesamten Schmelzanteils (Stiefel 1987).

Nicht unerwähnt bleiben soll, dass Zunahme und Ausbreitung der Mineralisationsdichte von Kristallwachstum und Abnahme des Matrixvolumens sowie einer Änderung der Matrixzusammensetzung begleitet sind.

Während die ursprünglich dünnen und schmalen Schmelzkristalle durch weitere Aufnahme von Mineralionen in die sich bildenden Kristallgitter an Größe zunehmen, nimmt der wässrige und organische Gehalt des Schmelzes ab (Cooper 1968, Angmar-Mansson 1970). Gleichzeitig vermindert sich die Prolin- und Histidinkonzentration (Eastoe 1963). Durch das Wachstum der Kristalle werden allmählich die Fugen und Spalträume

an den Prismengrenzen und zwischen den Kristallen ausgefüllt. Dadurch kommt es im Endstadium zu unregelmäßig geformten Resträumen. Um diese mit anorganischem Material aufzufüllen, müssen die wachsenden Kristalle von ihrer gesetzmäßigen Form abweichen, weil bestimmte Räume von Nachbarn bereits besetzt sind. Diese unregelmäßig strukturierten Kristalle (es handelt sich um den größten Teil des Schmelzes) werden dann als Kristallite bezeichnet (Stiefel 1987).

Zusammenfassend sei noch einmal erwähnt, dass Matrixbildung mit initialer Mineralisationsphase und Reifungsprozesse gleichzeitig oder alternierend ablaufen.

Da die Ultrastruktur und die Zellaktivität der menschlichen Ameloblasten während der verschiedenen Phasen der Schmelzbildung erst wenig untersucht worden sind, sei es erlaubt, Theorien über die Art, in der hier die Schmelzbildung von den Ameloblasten gesteuert wird, zu erwähnen.

Nach Osborn (1970), sowie Stiefel (1987) ist es wahrscheinlich, dass der Ameloblast beim Menschen während der gesamten Schmelzbildungsphase gleichzeitig sekretorisch und resorbierend aktiv ist. Es wird angenommen, dass die Ameloblasten an verschiedenen Flächen ihres Tomesschen Fortsatzes unterschiedliche Tätigkeiten ausführen. Die einen Areale sezernieren, andere resorbieren. So üben die Ameloblasten (dreidimensional gesehen) an mehreren in Bildung begriffenen Prismen mit ihren Fortsatzflächen an jüngeren Prismenenden Matrixsekretion und an benachbarten, aber wenig älteren Prismen Matrixresorption aus, welche schließlich in mineralisierende Vorgänge mündet (Stiefel 1987).

Bei den gut untersuchten Nagetieren (Rodentia) sind die beiden Funktionen zeitlich getrennt. Nach Beendigung der Matrixbildung entfalten sie ausschließlich resorbierende Aktivität und erscheinen strukturell dann als verkürzte Zellen (Schroeder 1992, 1993).

2.2.3 Posteruptive Schmelzreifung

Die posteruptive (tertiäre) Schmelzreifung läuft nach dem Durchbruch des Zahnes ab, da die sekundäre Schmelzreifung bis zur Zahneruption den Zahnschmelz nicht zum mineralisierten Endzustand führt.

Der posteruptive Reifungsprozess ist somit durch Vorgänge charakterisiert, die die Zahnoberfläche in ihrer Qualität verbessern. In die Oberfläche werden über die Deckschicht aus dem Speichel vor allem Phosphat-, Kalzium- und Fluorionen aufgenommen. In der Folge der dabei ablaufenden physikalisch-chemischen Vorgänge kommt es nach Künzel (1979) zu schrittweisen quantitativen wie qualitativen Veränderungen:

- geringer Wassergehalt (Abnahme des Schmelzliquors)
- Rückgang des Karbonat-, Ziträt- und Laktatgehaltes
- Anstieg von Stickstoff (Protein), Fluor, Eisen und Blei
- Permeabilitätseinschränkung für die verschiedensten

Moleküle

- verminderte Reaktionsfähigkeit mit Säuren, infolge Absättigung freier Valenzen der mineralischen und organischen Fraktionen
- geringere Kariesanfälligkeit

Der Reifungsprozess vollzieht sich nicht kontinuierlich, sondern wird von den sich wandelnden Milieubedingungen des Zahnes beeinflusst. So nimmt der Mineralgehalt des Schmelzes postnatal um weitere 20 % zu und gelangt in ein Endstadium.

2.3. Schmelzstruktur

Durchlichtmikroskopische Untersuchungsergebnisse von der Schmelzstruktur hat erstmals Retzius (1835) vorgelegt (s. auch Kreter und Pantke 1979). Die größte strukturelle Untereinheit des Schmelzes ist das licht- und elektronenoptisch darstellbare Schmelzprisma.

Schmelzprismen sind aus Apatitkristallen zusammengesetzte "Stäbe", welche als nur zum Teil deutlich abgegrenzt definiert werden. Ihr Verlauf von der Schmelzzementgrenze bis dicht unter die Schmelzoberfläche ist bogenförmig, im Bereich der Höcker spiralförmig (Gustafson 1945, Osborn 1968). Der Schmelz erhält durch den bogigen Verlauf eine höhere Elastizität und beugt dadurch der Bruchgefahr vor (Stiefel 1987).

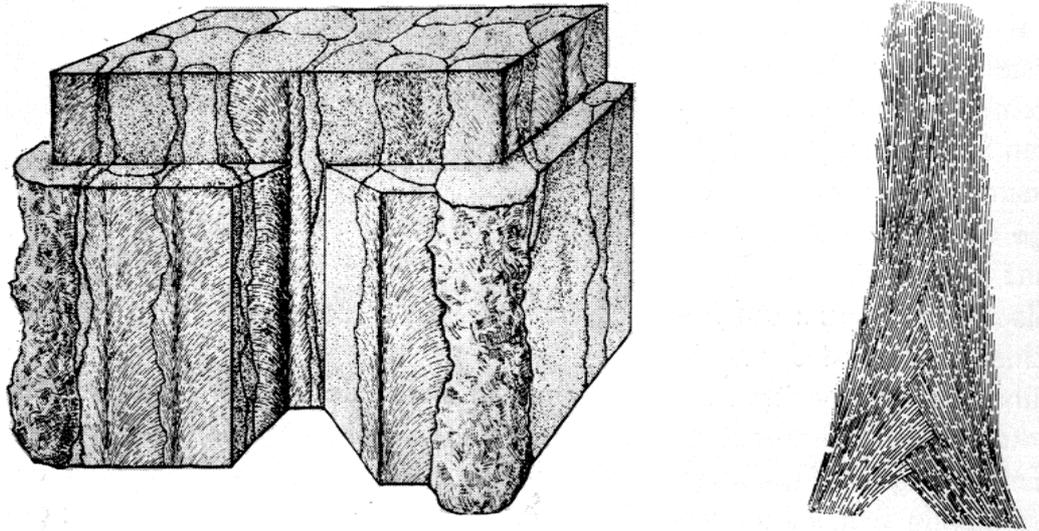


Abb. 1:

Links: Blockdiagramm von ineinander verzahnten Prismen. Die Kristallite (kleine Punkte und Striche) an der Prismengrenze besitzen größere Anstellwinkel zur Peripherie. Im Prismenzentrum verlaufen sie in Achsenrichtung (Meckel et al. 1965)

Rechts: Verzahnung der Kristallite an der Prismengrenze ohne zwischengelagerte organische Substanz (Helmcke et al. 1963)..

Schmelzprismen treten in verschiedenen Strukturen auf. Meckel et al. (1965) berichteten zusammenfassend über die ultrastrukturelle Form der Schmelzprismen. Sie bezeichneten quergeschnittene Prismen, welche in ihrer Form an Schlüssellocher erinnern, als "key-hole-configuration". Genau diesen Prismentyp bezeichnete Boyde (1965) als "Vogelschwinger-Typ", der seiner Meinung nach als häufigste Form anzutreffen sei. Dieser Auffassung widersprechen Swancar et al. (1970), die sich für den Pferdehuftyp als häufigste Schmelzprismenform aussprechen (Schroeder 1976, Winkler 1984). Der Pferdehuftyp (Hufeisentyp) zeigt einen arkadenförmigen Querschnitt, bei dem die

einzelnen Prismen nicht gegeneinander versetzt sind, sondern in einer Reihe übereinander liegen (Meckel et al. 1965, Swancar et al. 1970).

Schließlich haben Glimcher et al. (1965) einen zylindrischen, dritten Typ beschrieben, wobei die einzelnen Prismen auf Lücke liegen, so dass ein äußerst enger Verbund zustande kommt.

Die Zahl der Prismen pro 1 mm^2 variiert von koronal nach zervikal. Fosse (1964, 1968) konnte zeigen, dass auf 1 mm^2 Zahnoberfläche etwa 20.000 - 30.000 Prismen zulaufen, die Schmelzdentingrenze aber eine etwa 10 % höhere Schmelzprismendichte enthält.

Apatitkristalle im Schmelz weisen eine hexagonale Stab-Form auf, wobei das Volumen etwa 200 mal größer ist als das der Dentinapatitkristalle.

Die Gesamtheit der Kristalle ist in eine strukturlose organische Matrix eingebettet, die im ausgereiften Schmelz nur 1 bis 2 % des Volumens einnimmt (Angmar-Mansson 1970).

Die Apatitkristalle verlaufen im Prismenzentrum in Achsenrichtung, annähernd parallel zum Prismenverlauf. Zu den Prismengrenzen hin vergrößert sich ihr Neigungswinkel.

Nach Winkler (1984) konnte der mit 73 Grad angegebene Neigungswinkel der Kristalle zur Prismenlängsachse in der Mehrzahl der Fälle bestätigt werden, doch lassen sich auch wesentlich höhere Winkel, bis 90 Grad, nachweisen.

2.3.1 Makro- und Mikrostruktur

Die Kronenform des Zahnes ist genetisch bestimmt. Sie kann lediglich während des Bildungsvorganges beeinflusst werden. Mikroskopisch gibt es zahlreiche spezifische Strukturmerkmale des Schmelzes. Sie treten an der Schmelzdentingrenze im gesamten Schmelzmantel sowie auch nur an der Schmelzoberfläche auf.

Strukturen, die von der Schmelzdentingrenze in den Schmelz einstrahlen, sind Schmelzbüschel und Schmelzlamellen. Sie bestehen aus organischer Substanz ohne Mineralanteil. Die präeruptiv während der Amelogenese entstehenden Lamellen müssen jedoch von den prä- und posteruptiv

entstehenden Schmelzsprüngen unterschieden werden. Erwähnenswert sind sogenannte Prismenquerstreifen im peripheren Schmelz. Nach Meyer (1958) kann man so viele Querstreifen zählen, wie ein Prisma Tage zu seiner Bildung braucht.

Im gesamten Schmelzbereich finden sich periodisch Retzius-Linien, zurückzuführen auf Mineralisationsunterschiede während der Amelogenese. Nach Osborn (1971) schwankt der Abstand von Linie zu Linie zwischen 4 und 150 μm . Retziusstreifen beruhen häufiger auf einer Hypomineralisation als auf einer Hypermineralisation (Gustafson und Gustafson 1967).

Von struktureller Bedeutung aller temporären Zähne ist die Neonatallinie, die Grenze zwischen prä- und postnatal gebildetem Schmelz. Sie stellt entwicklungsgeschichtlich und ontogenetisch die erste Retziuslinie im laktalen Zahn dar. Im pränatal entstandenen Schmelz kommen keine Retziuslinien vor. Sie tauchen chronologisch erst nach der Neonatallinie auf.

Erreichen die Retzius-Linien die Schmelzoberfläche, so finden sich an deren Mündungsstellen Vertiefungen (Imbrikationslinien = „Wellentäler“). Sie sind durch degenerative Reaktionen der Ameloblasten entstanden, die in einem Zeitraum von Stunden bis mehreren Tagen weniger Schmelz gebildet haben oder sogar vorzeitig die Amelogenese völlig einstellten und zugrunde gingen. Zwischen den Phasen verminderter Schmelzablagerung sind die benachbarten Ameloblasten zur orthologischen Hartgewebsbildung fähig. Dabei entstehen oberflächliche Substanzüberschüsse auf der Schmelzoberfläche (= aufgeworfene Anteile = „Wellenberge“). Dieses zirkulär verlaufende wellenförmige Relief bildet in seiner Gesamtheit ein waschbrettähnliches Oberflächenmuster, die Perikymatien. In einem Abstand von 30-100 μm folgen einzelne Perikymatien aufeinander (Scott et al. 1949, Kröncke 1966). Sie glätten sich durch Abrasionen. Nach Pedersen und Scott (1951) findet sich bei Fünfzigjährigen lediglich noch in 10-15 % aller Zähne ein Perikymatienmuster.

2.4. Zahnoberfläche

Die im vorstehenden Kapitel aufgeführten Makro- und Mikrostrukturen sind, wie schon erwähnt, entwicklungsgeschichtlich bedingt. Sie werden während ihrer Funktionsperiode durch exogene und endogene Faktoren überlagert und variiert.

2.4.1 Die Zahnoberfläche beeinflussende Faktoren

Aufgrund von Wechselwirkungen zwischen der Schmelzoberfläche und ihrer Umgebung sind einzelne Faktorenkomplexe hervorzuheben, die sowohl die Strukturen der Schmelzoberfläche als auch deren chemische Zusammensetzung beeinflussen und in gewissen Grenzen verändern können.

Aufzuführen sind:

1. Zahnoberhäutchen
2. weiße Beläge (Materia alba)
3. Speichel
4. Plaque
5. Zahnstein

Schüle (1962) unterscheidet:

1. das primäre ZOH = Ameloblastenkutikula
2. das sekundäre ZOH = Epithelkutikula
3. das tertiäre ZOH = erworbenes ZOH = Pellikel

Unterschiedliche Auffassungen manifestieren bestehende Unklarheiten über die genaue Genese.

Büttner et al. (1965) sahen das ZOH als bakterielles Gebilde, Gustafson (1945) erläuterte das ZOH als farbige Prismenhülle. Schüle (1962) unterteilte die Cuticula dentis (Schmelz- oder Zahnoberhäutchen) nach genetischen Gesichtspunkten in die Adamantoblastenkutikula, die

Epithelkutikula und das exogene Zahnoberhäutchen. Während die beiden ersten Bildungen in der Funktionsperiode des Zahnes bald durch Abnutzung verschwinden, wird die exogen entstehende Membran ständig neu gebildet, bei Beschädigungen rasch ersetzt. Das Zahnoberhäutchen stellt einen Schutz für die Schmelzoberfläche dar. Es ist in gewissem Grad widerstandsfähig gegen Säuren, Alkalien und enzymatische Einflüsse. Obwohl es im Mittel nur 1-5 µm dick ist, kann es zusätzlich auch gegen leichte mechanische Einwirkungen schützen. Daher werden bei der in dieser Arbeit vorliegenden Fragestellung geringere Kräfte nicht immer Veränderungen auf der Schmelzoberfläche hinterlassen. In der Regel muss die organische Membran mechanisch lädiert sein, wenn sich auf der Mineralfläche Spuren manifestieren. Im Nachhinein sind Kratzer und Rillen bereits nach kürzester Zeit ebenfalls vom erworbenen Zahnoberhäutchen wieder bedeckt. Bei der Beurteilung von Usuren usw. ist zu berücksichtigen, dass sowohl am unreifen als auch am völlig maturierten Schmelz zur Nivellierung des Kratzerusters stets wieder die weichere und elastische Membran abgetragen oder zerstört werden muss, man also nicht auf die absoluten Kräfte rückschließen kann, die für das Entstehen von Beschädigungen der Mineraloberfläche nötig sind.

2.5. Substanzverluste der Zahnoberfläche

Im Laufe seiner Gebrauchsperiode ist sowohl das temporäre als auch das permanente Gebiss ständigen Veränderungen unterworfen.

Diese Zahnhartsubstanzverluste sind individuell unterschiedlich. Im Milchgebiss treten Abnutzungsvorgänge sehr bald nach dem Durchbruch der Zähne ein, beginnend mit initialen Kratzern bis hin zu Prismenfrakturen und enden im Extrem mit dem sichtbaren Verlust ganzer Schmelzareale (Arlt 1995, Mannerberg 1960).

2.5.1 Mechanisch bedingte Verluste

Die physiologische Substanzverminderung an den Kauflächen, den Schneidekanten und an den Seitenflächen der Zahnkrone wird als Abrasio

dentis bezeichnet. Es gibt horizontale und vertikale Abrasionen sowie verschiedene Arten des Abrasionsgeschehens, wie Demastikation, Attrition und artifizielle Abrasion.

Die Vielzahl der unterschiedlichen Ansichten zur Abrasio dentis sind erwähnenswert. Wannemacher (1941) führte die dentale Abrasion auf die Schleifkraft der Nahrung und ihre Verunreinigung zurück. Wild (1950) machte den direkten Kontakt der Zähne während des Kauvorganges für das Entstehen der Abrasionen verantwortlich. Im Gegensatz dazu sahen Hildebrandt (1940) und Jankelson et al. (1953) die Ursache der Schliiffacetten an den Zähnen im Gegeneinanderreiben der Zähne unabhängig vom Kontakt.

Die Abrasio beginnt bereits in den ersten Nutzungsphasen des Milchgebisses. Am Beispiel der bleibenden Schneidezähne zeigt sich diese Veränderung noch deutlicher. Aus dem anfangs wellenförmigen, meist dreigezackten Margo incisalis entsteht, sobald er mit dem Antagonisten in Kontakt tritt, die geradlinige Schneidekante, die sich schließlich in der weiteren Gebrauchsperiode bis zur "Abrasionspfanne" umbilden kann. Diese "Abrasionspfanne" ist gekennzeichnet durch das fehlende Positiv-Negativ-Verhältnis der antagonistischen Schliiffacetten. Beide Abrasionsflächen zeigen muldenförmige Vertiefungen (Birke, 1965).

Erwähnenswert sind zahlreiche Gründe, die das Abrasionsgeschehen als nützlichen Vorgang kennzeichnen. Wannemacher (1941) hält die Abrasion für die Kompensation des kontinuierlichen Zahndurchbruchs für notwendig. Durch die Verkürzung der Zahnkronen kommt es zum Belastungsausgleich zwischen dem extraalveolären und dem intraalveolären Teil des Zahnes und zur Verminderung der ungünstigen horizontalen Kaudruckkomponenten.

Bemerkenswert ist, dass die Kariesfrequenz bei starken horizontalen Abrasionen niedrig ist. Die Karies verliert ihre Prädilektionsstellen in den Fissuren (Schumacher 1983).

Besonders im Milchgebiss sind artifizielle Abrasionen von immenser Bedeutung. Substanzverluste, die durch Gegenstände verursacht werden, sind häufig anzutreffen.

2.5.2 Mikrosubstanzverluste (Kratzer u.a.)

Morphologische Mikrosubstanzverluste, die sich Kinder selbst beibringen können, sind Grübchen, Mulden, Rillen, Furchen, Risse, Schrammen, Schürfungen, Prismenfrakturen, Kratzer und Krater. Sie sind makroskopisch meist unsichtbar, lassen sich jedoch licht- und rasterelektronenmikroskopisch darstellen. Beim Zähneputzen, durch scharfkantiges Spielzeug oder zweckentfremdete Gegenstände können solche Oberflächenveränderungen unbeabsichtigt entstehen. Die Morphologie dieser Läsionen ist vielgestaltig. Sie reicht von langen dünnen, über die Zahnoberfläche ziehenden bis zu kurzen, nur unter starker Vergrößerung sichtbaren Einkerbungen. Auf die Entstehungsursachen geht die Vielzahl der angeführten Benennungen zurück.

Eine Beziehung zwischen hoher Kratzerzahl und Abrasionsgrad zeigen zahlreiche Untersuchungen. Wannemacher (1941) beschrieb Abrasionen, die auf die Schleifkraft der Nahrung zurückzuführen sind. Weitere Ursachen für die Kratzerentstehung sind u.a. Bewegungen der Zähne innerhalb der Zahnreihe und der Kontakt zum okkludierenden Antagonisten.

Bei oberflächlichen Mikrosubstanzverlusten kommt es gelegentlich zur Freilegung von Schmelzprismen. Die meisten verlustbedingten Defekte sind durch Einebnung, Abrasion oder Mineraleinlagerungen reparabel. Aufgrund von Remineralisationsvorgängen entstehen jedoch keine kariösen Veränderungen am Kratzergrund (Oppenheim, 1967).

Gegen kleine mechanische Insulte wird der Schmelz durch den Speichel oder die organischen Auflagerungen geschützt (Wolf und Neuwirt 1941).

Natürlicherweise entstandene muldenförmige Grübchen oder sogenannte "focal holes" werden als entwicklungsbedingte Irregularitäten (Hypoplasien) angesehen. Sie weisen in REM-Untersuchungen einen Durchmesser von 0,1 - 0,5 μm auf (Ingram und Fejerskov, 1986; Holmen et al. 1984).

3. Material und Methoden

3.1. Beschreibung des Verlaufes der Untersuchung

Mit Hilfe einer Kindereinrichtung erfolgte in einem Auswahlverfahren die Evaluation von 70 Kleinkindern im Alter von 24 bis 48 Monaten. Nach juristischer Absicherung mit Hilfe von Einverständniserklärungen beider Elternteile wurde mit der Untersuchung begonnen.

In einem Abstand von 4 Monaten erfolgte bei den Kindern eine Abformung der vestibulären Flächen der beiden oberen mittleren Milchschnidezähne bis in den Approximalraum.

Nach Säuberung der Milchschnidezähne mit Alkohol und Wattebausch kam blend-a-gum light S (Vinyl-Polysiloxan-Abformmasse) zum Einsatz. Diese Prozedur wurde sechsmal für die Dauer von 24 Monaten in gleichmäßigen Abständen wiederholt. Das Abdruckmaterial wurde in umfangreichen Vorversuchen aus 20 Fabrikaten ausgewählt. Da die Materialien sämtlich nicht vakuumfest sind, war von vornherein geplant, die Negativreplika mit flüssigem Polystyrol auszugießen und die entstehende Positivabformung im REM zu untersuchen. Aus der Vielzahl der Abformwerkstoffe waren jedoch nur wenige gegen das Lösungsmittel des Polystyrols konturfest.

Aufgrund natürlicher Streuung der Kinder (Ortswechsel, mehrmaliges Fehlen) reduzierte sich im Verlauf von zwei Jahren die Anzahl der Probanden auf 51.

So war es möglich, bei 51 Kindern eine lückenlose Begutachtung der Schmelzoberfläche durchzuführen. Die Beurteilung der oberflächlichen Ultrastrukturen wurde am Zahn 51 vorgenommen. Der Zahn 61 diente zu Vergleichen, wurde aber nicht mikrografisch dokumentiert.

Die Facies vestibularis war in 9 Sektoren aufgeteilt. Jeder Sektor erhielt visuell auf dem Bildschirm des Rasterelektronenmikroskops (Auszählen) bzw. durch Analysierung der im REM hergestellten Ultramikrografien eine Zuordnung in die Kategorien 0 bis 3.

Benotungskriterien für die Eingruppierung der 9 Sektoren jedes Zahnes:

0	=	keine Usuren	
1	=	geringe Kratzerhäufigkeit = 1 - 3	deutliche Kratzer
2	=	mittlere Kratzerhäufigkeit = 4 - 6	deutliche Kratzer
3	=	starke Kratzerhäufigkeit = über 6	deutliche Kratzer

Jeder Abdruck wurde bei 100facher Vergrößerung analytisch begutachtet und fotografiert. Des weiteren wurden alle Sektoren auf eventuelle Besonderheiten hin untersucht. Gab es besondere Oberflächenveränderungen, so erfolgte eine qualitative Begutachtung und Dokumentation mit 500- / 1000- / 2000- und 3000-facher Vergrößerung im REM. Aufgrund der Fülle der Informationen wurden nur diese Besonderheiten digital als Bilder gespeichert. In einem dafür speziell ausgerichteten Bildverarbeitungsprogramm wurden 2754 Bilder analysiert.

Nachfolgend sind die Kriterien zur Beurteilung und Kategorisierung der Kratzerhäufigkeit anhand von Bildausschnitten dargestellt:

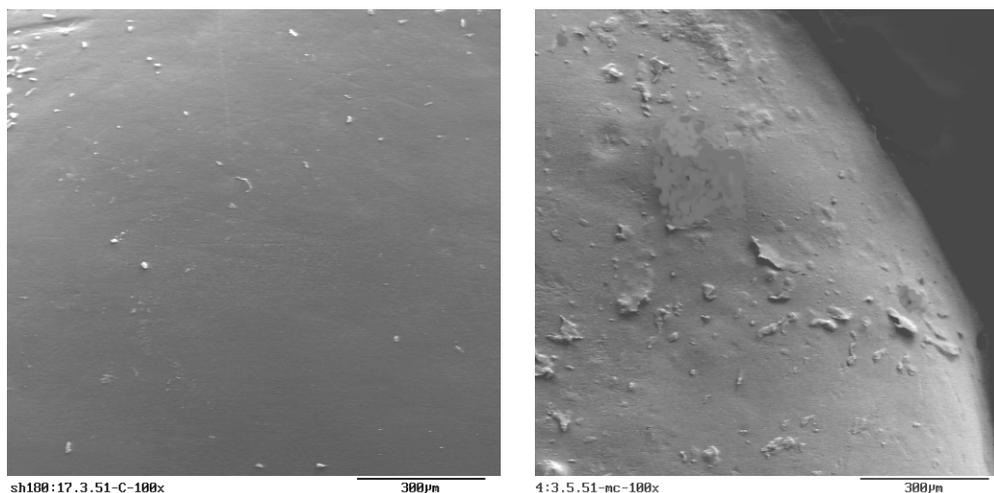


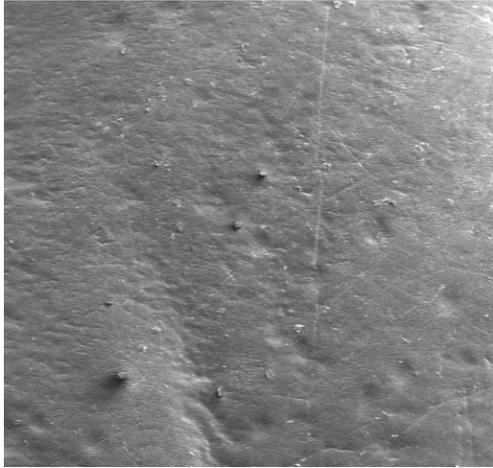
Abb. 2:

Gruppe 0: = keine Kratzer (Kratzerhäufigkeit 0.)

Es gibt keine deutlichen Oberflächenveränderungen.

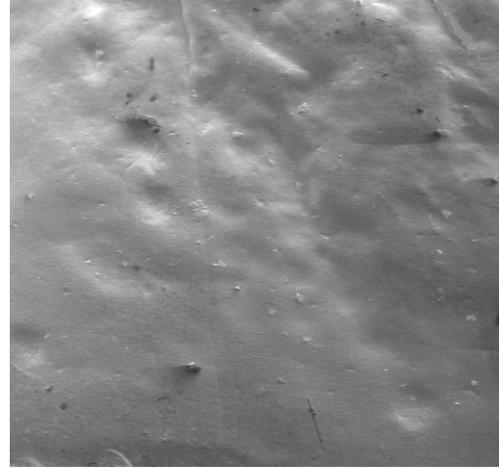
In Abb. 3: sind Oberflächenauflagerungen schollig abgeplatzt.

Es gibt auf der Schmelzoberfläche keine erkennbaren Kratzer.



sh151:15.2.51-B2-100x

300 μm

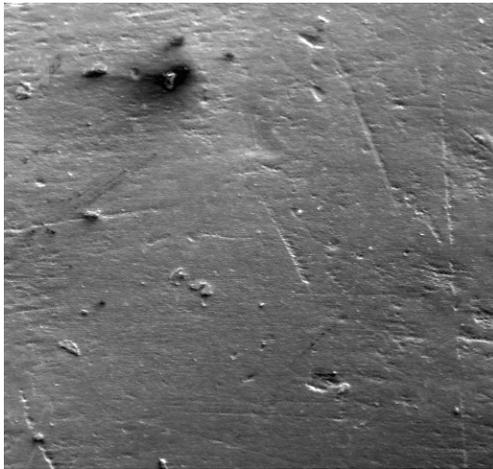


sh118:11.8.51-ii-C1-100x

300 μm

Abb. 4 und 5:

Gruppe 1: mit 1 – 3 deutlichen Kratzern, Usuren, Grübchen



sh19:3.3.51-c-260x

100 μm

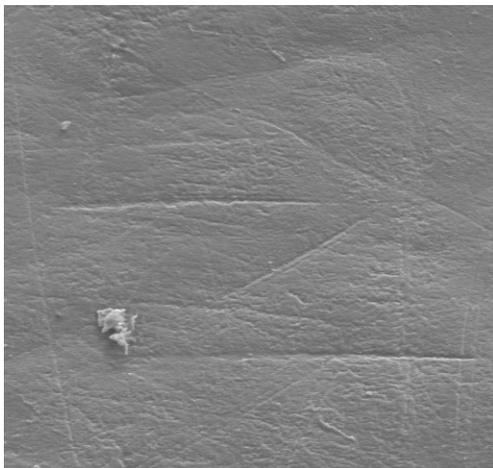


sh177:17.2.51-C1-500x

100 μm

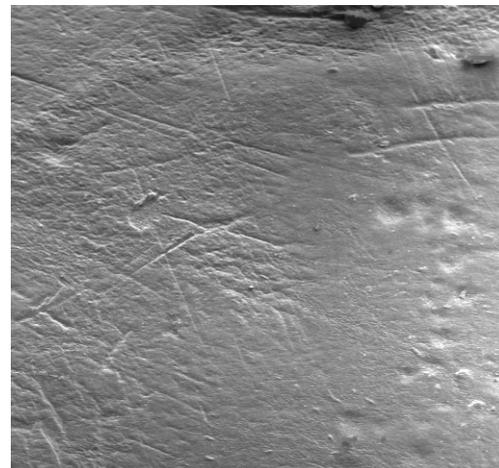
Abb. 6 und 7:

Gruppe 2: mit 4 – 6 deutlichen Kratzern



sh138:12.3.51-A2-500

100 μm



sh138:14.2.51-B2-100

300 μm

Abb. 8 und 9

Gruppe 3: mit mehr als 6 deutlichen Kratzern

3.2. Herstellung der Präparate

Die im Abstand von 4 Monaten stattgefundene Abformung der Milchschnidezähne im Oberkiefer erfolgte mit einer blend-a-gum light S Vinyl-Polysiloxan Abformmasse. Die Mundverweildauer betrug 4 min. Danach erfolgte ein drei- bis vierphasiges Ausgießen mittels Polystyrol und Pipette als Sandwichtechnik. Die Gesamtdicke der Polystyrolschicht muss aus Stabilitätsgründen wenigstens 0,1 mm betragen.

Als Probenhalter diente eine Aluminiumscheibe. Das Aufkleben erfolgte mit einem lösungsmittelfreien Kleber. Das artefaktfreie Arbeiten ist hier von größter Bedeutung. Besondere Aufmerksamkeit verlangte die grundsätzlich staubfreie Vorbereitung der Proben, was aufgrund unterschiedlicher Laborbedingungen nicht immer gelang. Die Zahnoberfläche wurde nachfolgend zur Erzielung elektrischer Leitfähigkeit in einer Hochvakuumanlage 30 nm dick mit Gold bedampft.

Zur Anwendung kamen das Rasterelektronenmikroskop "Tesla BS 301 Brno" (Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Abt. Orale Strukturbiologie).

Die Herstellung der Abbildungen erfolgte durch eine digitale Ableitung der REM-Signale mittels elektronischer Daten und anschließender Darstellung in einem Bildverarbeitungsprogramm DISS (Firma Point electronic, Halle) im PC.

4. Eigene Ergebnisse

4.1. Einteilung der Gruppen

Als Untersuchungsobjekte dienten 51 rechte mittlere Milchschnidezähne von ebenso vielen Kleinkindern im Alter zwischen 2 und 6 Jahren.

Aufgrund des streuenden chronologischen Alters der Kinder zum Zeitpunkt der Abdrucknahme, erfolgte die Eingliederung in die 11 Altersgruppen.

Wir gingen davon aus, dass ein sehr unreifer Schmelz von Abdruck zu Abdruck immer häufiger Usuren und Kratzer aufweisen müsste. Mit dem ansteigenden Mineralisationsgrad wäre eine allmähliche Steigerung der strukturellen Stabilität des Oberflächenminerals und damit irgendwann ein Stagnieren des Kratzerzuwachses zu erwarten.

Danach sollte eine Glättung des Reliefs eintreten (Friktion der Wangenmuskulatur bei Bearbeitung des Nahrungsbolus, Schleifwirkung der Nahrung mit dem Zahn, Kontakte zwischen benachbarten Zahnflächen usw.).

Auch könnte sich ein artgerechterer Umgang mit Spielsachen und ein gewisser Einfluss organischer Auflagerungen und mineralisierender Reaktionen an der Schmelzoberfläche durchsetzen.

Die Abdrücke erfassten den vestibulären Glattflächenbereich der Zähne von 52 bis 62.

Im REM erfolgte jedoch nur die Beurteilung der vestibulären Oberfläche des rechten oberen Milchinzisivus der Probanden.

Der zweite Zahn im Abdruck diente als Ersatz, falls im Originalzahn 52 größere Fehler auftraten

Die folgende Tabelle 1 gibt die Verteilung der Probanden auf die Gruppen, bezogen auf das kalendarische Alter wieder.

Tabelle 1: Anzahl der Gruppen, bezogen auf den Altersbereich der hergestellten Abdrücke (Zahnreplikationen)

Gruppe	Anzahl der Probanden	Altersbereich der Probanden in Monaten
1	4	26 – 30
2	12	>30 – 34
3	12	>34 – 38
4	28	>38 – 42
5	35	>42 – 46
6	45	>46 – 50
7	50	>50 – 54
8	39	>54 – 58
9	34	>58 – 62
10	15	>62 – 66
11	4	>66 – 70

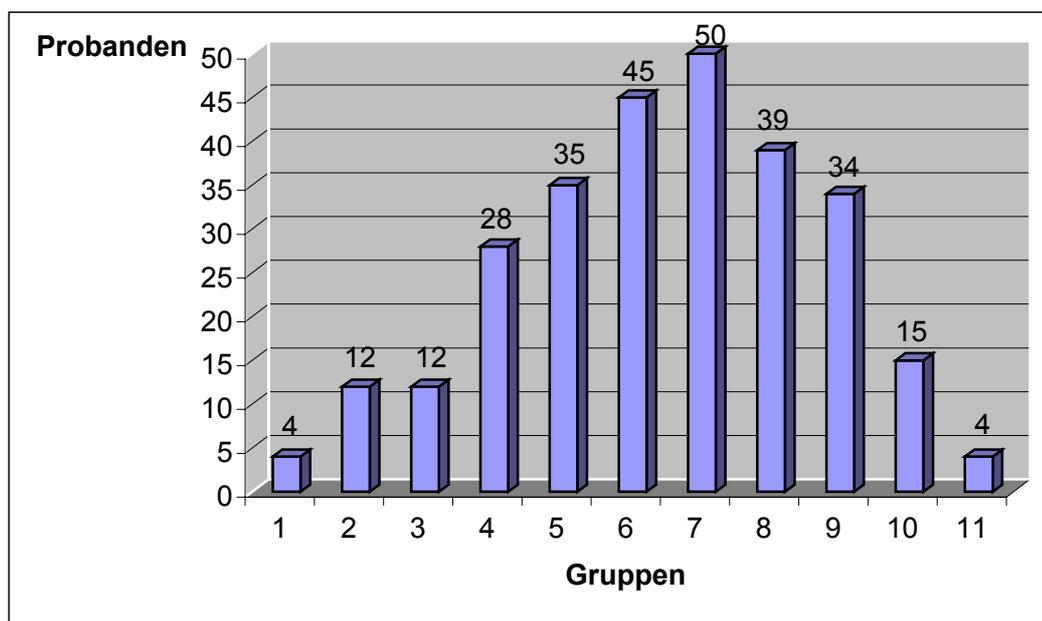


Abb. 10: Anzahl der Probanden, bezogen auf die Altersgruppen

4.1.1 Einteilung in Sektoren

Um eine lokal unterschiedliche Oberflächenveränderung zu verdeutlichen, wurde die vestibuläre Oberfläche des mittleren Milchschnidezahnes in neun Sektoren gegliedert und jeder dieser neun Sektoren bei einhundertfacher Vergrößerung im REM analysiert. Die Oberflächenveränderung ließ sich anhand des festgelegten Schemas von eins bis drei darstellen.

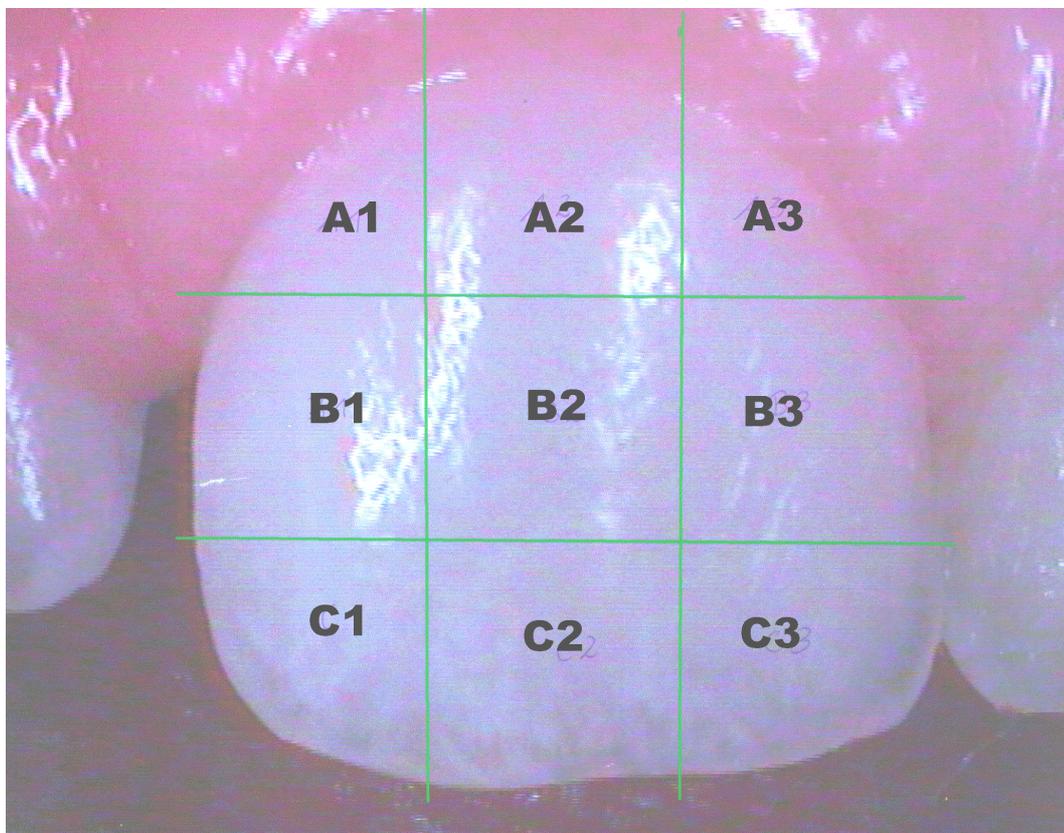


Abb. 11: Einteilung der Sektoren der Facies vestibularis

4.2. Quantitative und qualitative Zusammensetzung der Gruppen

Im Hinblick auf die genaue Altersspezifik der Probanden erschien es sinnvoll, eine Aufteilung in elf Gruppen vorzunehmen, wobei jede Gruppe den genauen Reifungszustand dokumentieren sollte.

Jede Probanden-gruppe gibt somit einen bestimmten Ausschnitt aus ihrer Funktionsperiode wieder.

Da im Verlaufe der 24-monatigen Untersuchung jeweils 6 Abdrücke entnommen wurden, erfolgte die Auswertung der Kratzerhäufigkeit an 306 zu untersuchenden Facies vestibulares.

Die primäre Zuordnung erfolgte zahnbezogen, die sekundäre ließ sektorenbezogene Eigenheiten in den Vordergrund treten. Die Unterteilung in vier verschiedene Beurteilungsmerkmale erwies sich dabei als konfigurationsgerecht und anschaulich darstellbar.

Tabelle 2 zeigt die Kratzerhäufigkeit der vestibulären Zahnoberfläche der Probanden in der zugehörigen Gruppenreihenfolge.

Tabelle 2: Oberflächenrauigkeit, auf Gruppen bezogen

Gruppe	Kratzerhäufigkeit
1	0,47
2	0,56
3	0,79
4	1,03
5	1,27
6	1,42
7	1,63
8	1,56
9	1,63
10	1,85
11	1,67

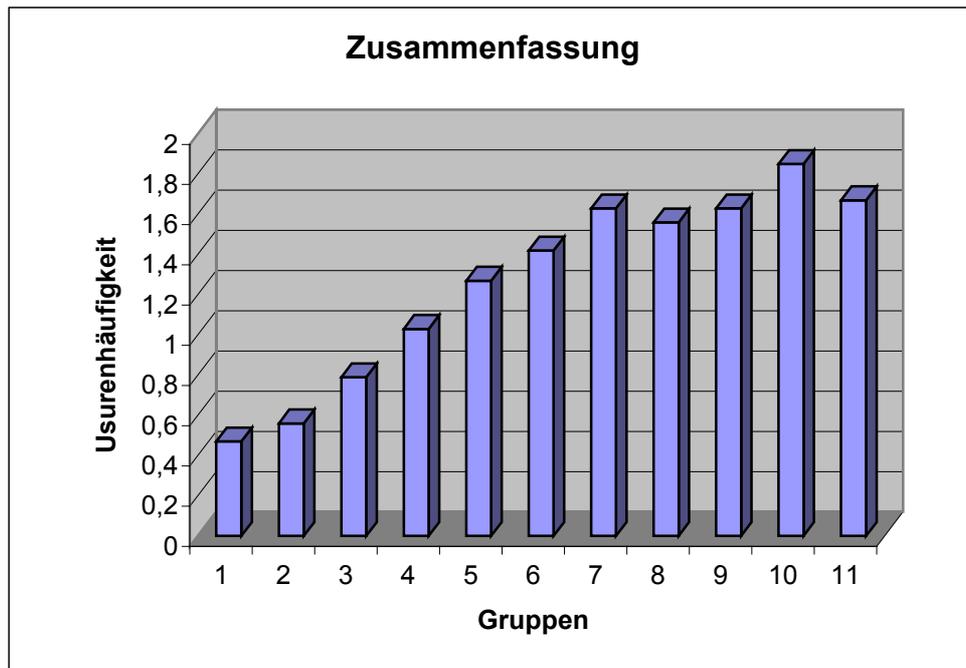


Abb. 11: Die Rauigkeitsspezifität steigt noch bis zur Gruppe 7 an. Die Gruppe 10 hat als Ausreißer zu gelten (s. Diskussion).

Nachfolgend erscheint in Tabelle 3 eine Gegenüberstellung der untersuchten Oberflächenrauigkeit bezogen auf die Altersspezifität der Probanden.

Tabelle 3: Altersbezogene Kratzerhäufigkeit

Gruppe	Anzahl der Probanden	Kratzerhäufigkeit	Alter Probanden in Monaten
1	4	0,47	26 – 30
2	12	0,56	>30 – 34
3	12	0,79	>34 – 38
4	28	1,03	>38 – 42
5	35	1,27	>42 – 46
6	45	1,42	>46 – 50
7	50	1,63	>50 – 54
8	39	1,56	>54 – 58
9	34	1,63	>58 – 62
10	15	1,85	>62 – 66
11	4	1,67	>66 – 70

Der Verlauf der Untersuchung sowie die daraus resultierenden Ergebnisse lassen einen tendenziellen Anstieg der Kratzerhäufigkeit von Gruppe 1 bis 7 erkennen, wobei darauf hinzuweisen ist, dass dieser Anstieg sehr langsam erfolgt.

Nach dem 54. Lebensmonat kommen kaum neue Kratzer hinzu. Es bleibt zunächst bei der eingetretenen Häufigkeit. An einem Teil der Präparate tritt eine leichte Glättung (morphologische Reliefnivellierung der Oberfläche) bis etwa zum 60 Monat ein. Jedoch ist in dieser Phase das Befundbild durchaus unterschiedlich, was auf die Variationsbreite in der individuellen körperlichen Reife der Kinder hinweist. Das ist besonders in der Gruppe 10 (62-66 Monate) deutlich, wo 3 Abdrücke quasi das Bild der Gruppe 11 zeigen, der größere Rest eher nach Gruppe 9 tendiert. In Gruppe 11 sind die meisten Strukturen weitgehend abgeflacht, aber noch nicht völlig geglättet. Hier imponiert jedoch eindeutig die Glättung, wie das bei den Abb. 28 und 29 deutlich wird.

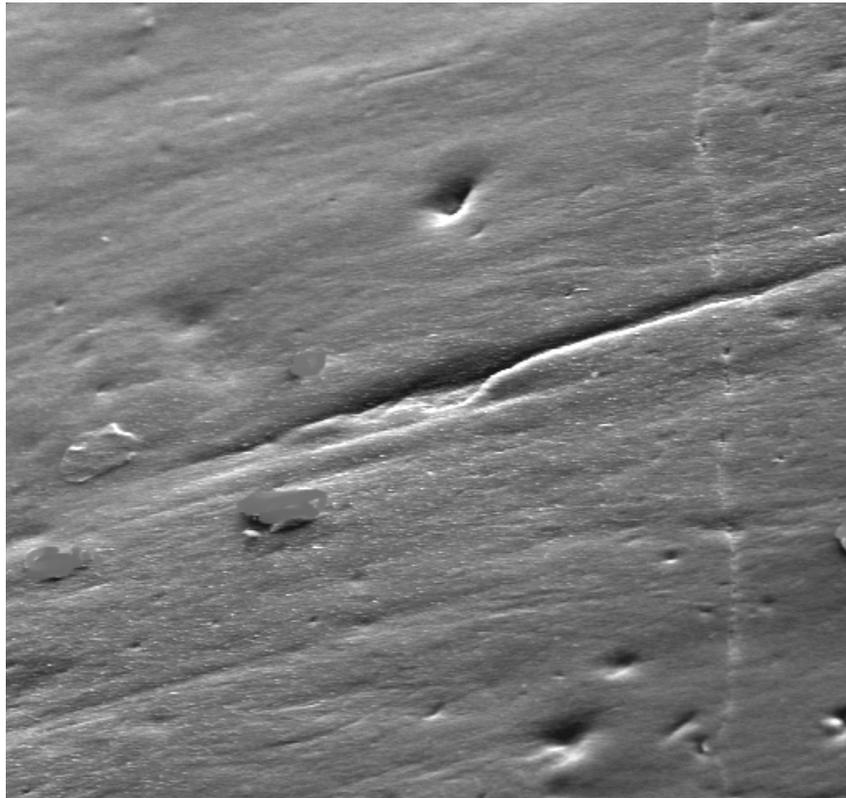
Nachfolgend erläutern die Abbildungen 12 bis 16 mit 500- bzw. 1000-facher Vergrößerung das geringfügige Ansteigen der Anzahl von Oberflächenusuren über einen Zeitraum von zwei Jahren. Gruppen 2 – 4.



sh194:17.6.51-A1-500x

100µm

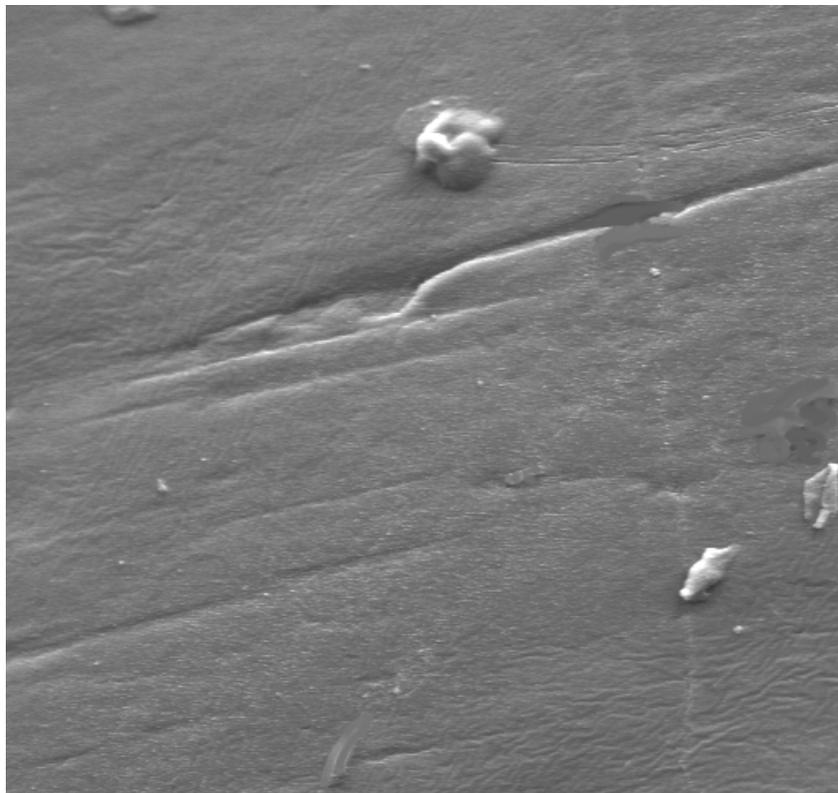
Abb. 12: Oberfläche eines 31 Monate und 12 Tage alten Probanden, Auszug aus Gruppen 2 – 4, Vergrößerung:500-fach



sh191:17.5.51-A1-500x

100µm

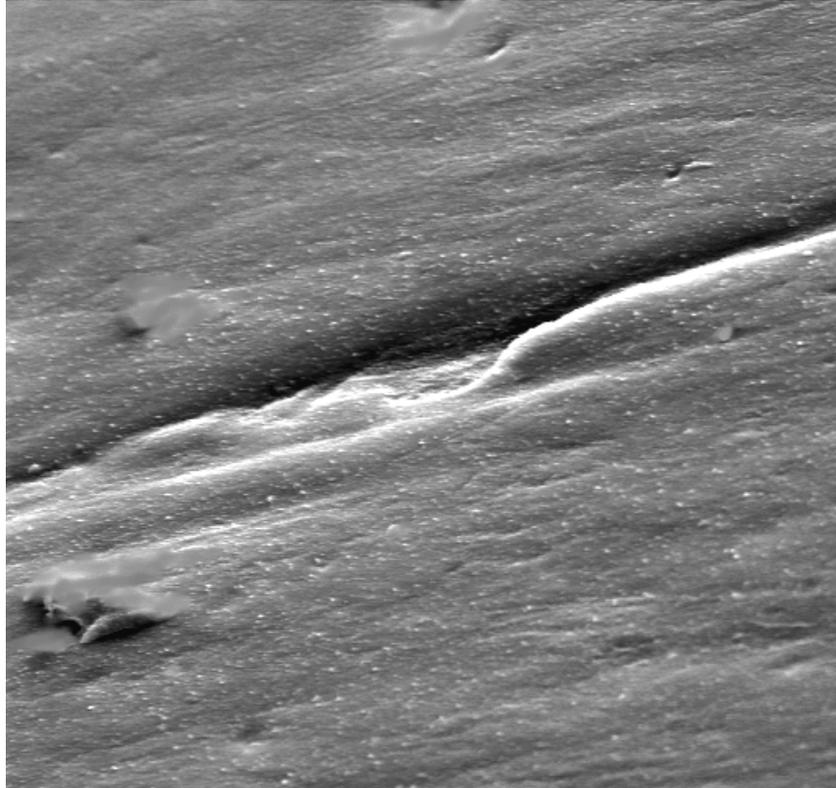
Abb. 13: gleiche Oberfläche 4 1/2 Monate später, 500-fach



sh184:17.3.51-A1-500x

100µm

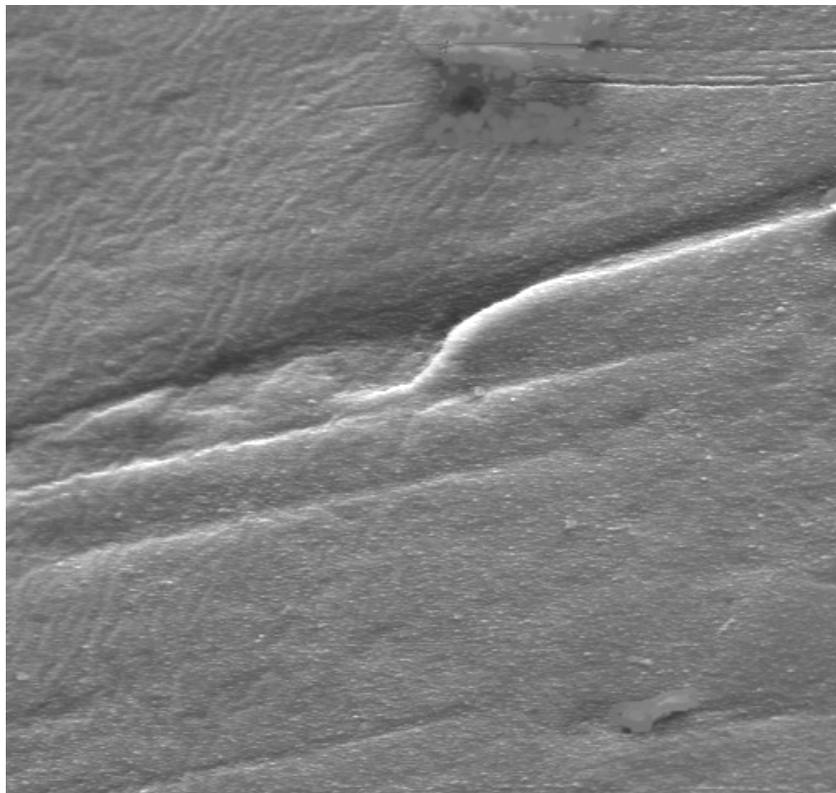
Abb. 14: gleiche Oberfläche 9 1/4 Monate später, erhöhte Usurendichte, 500-fach



sh191:17.5.51-A1-1000x

30µm

Abb. 15: (=13) Oberfläche wie oben, Vergrößerung 1000-fach

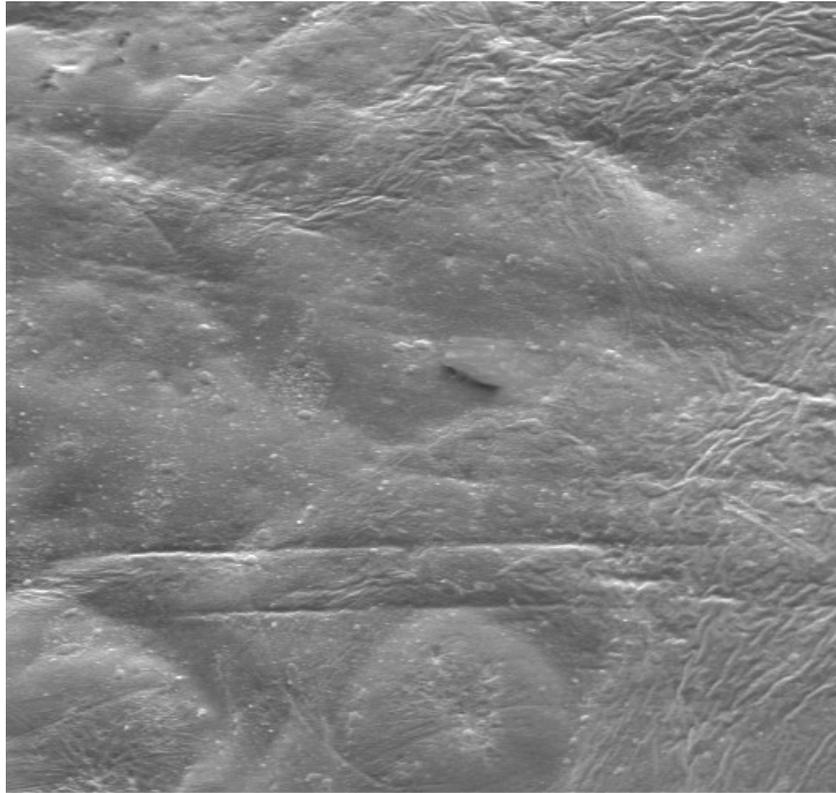


sh185:17.3.51-A1-1000x

30µm

Abb. 16 (= 14): Oberfläche wie oben, Vergrößerung 1000-fach

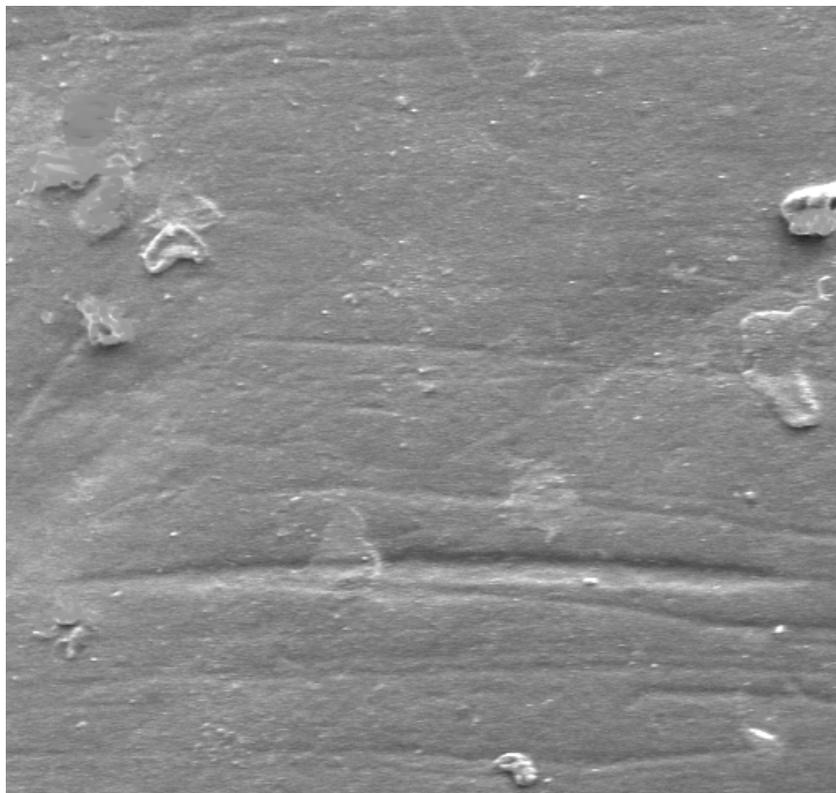
Die folgenden Abbildungen 17 – 20 entstammen der fortlaufenden Dokumentation eines Probanden aus den Gruppen 5 – 8.



sh120:11.2.51-C1-500x

100µm

Abb. 17: Beginn der Untersuchung im Alter von 42 Monaten und 6 Tagen
Vergrößerung 500-fach



sh102:11.3.51-C1-500

100µm

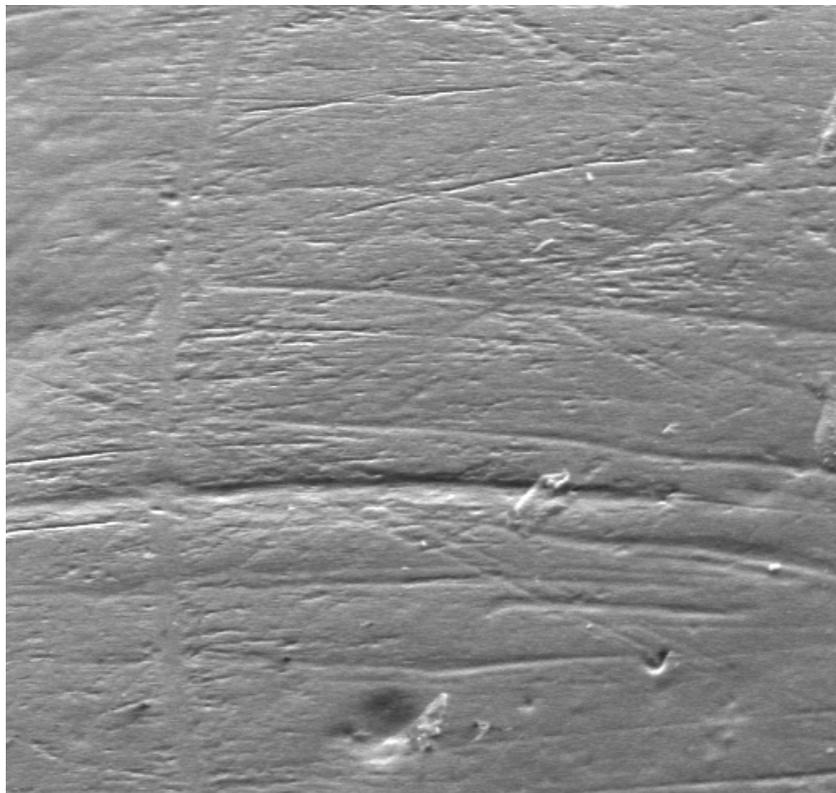
Abb. 18: Befund 4 Monate später, Vergrößerung 500-fach



sh105:11.4.51-C1-500

100µm

Abb. 19: Zeitpunkt 12 Monate später, Vergrößerung 500-fach

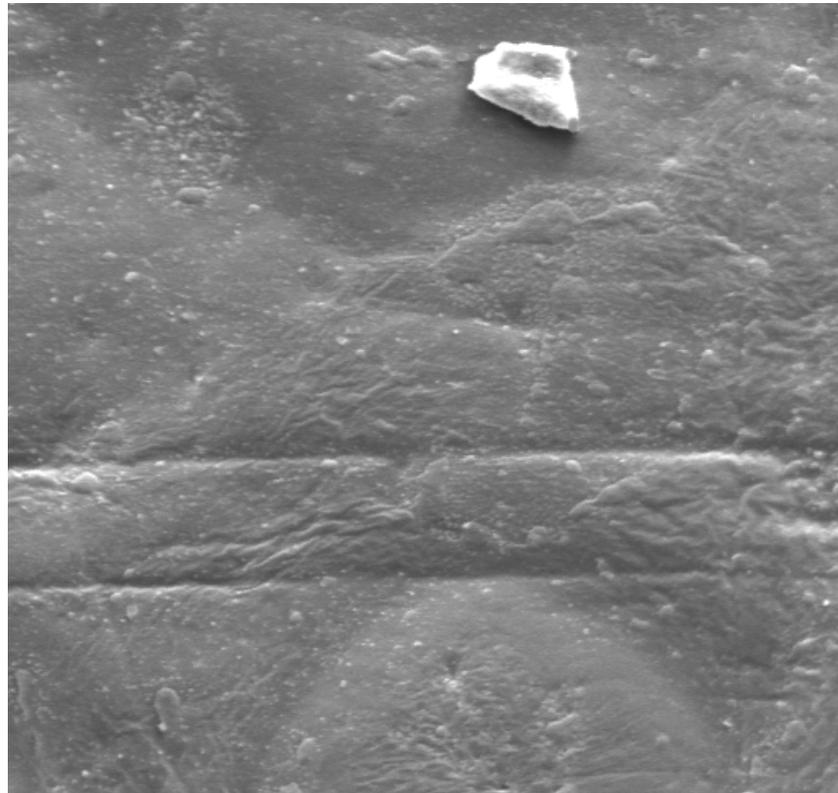


sh111:11.5.51-C1-500

100µm

Abb. 20: 24 Monate nach Beginn der Untersuchung, Vergrößerung 500-fach

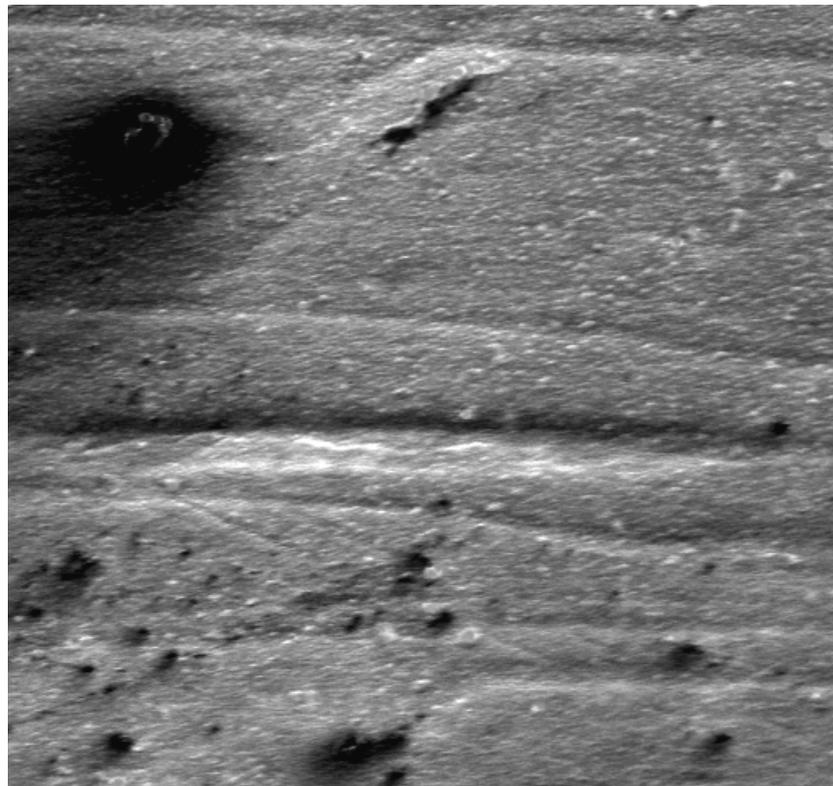
Die Abbildungen 21 - 23 verdeutlichen die Tendenz des Probanden
der Abb. 17- 21 mit 1000-facher Vergrößerung



sh121:11.2.51-C1-1000x

30μm

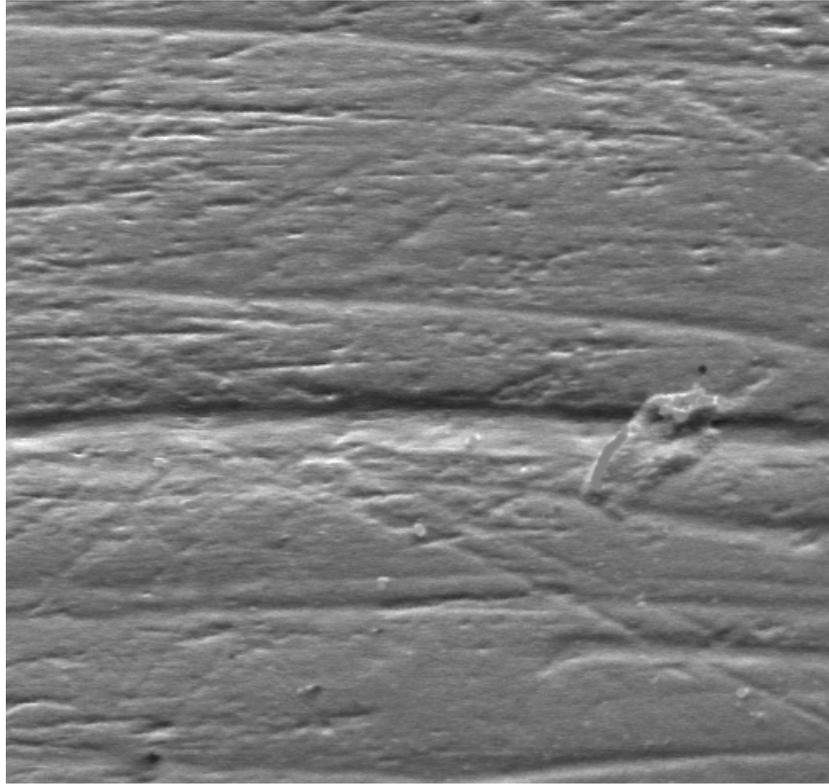
Abb. 21: Beginn der Untersuchung im Alter von 42 Monaten und 6 Tagen



sh106:11.4.51-C1-1000

30μm

Abb. 22: Oberfläche 12 Monate später, Vergr. 1000-fach

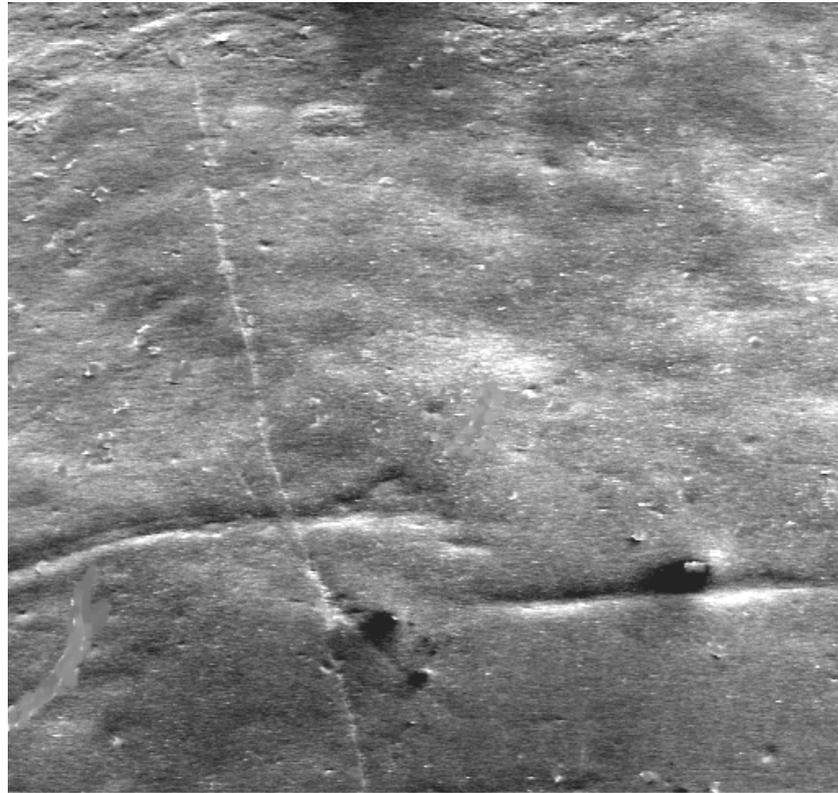


sh112:11.5.51-C1-1000

30µm

Abb. 23: Oberfläche 24 Monate später, Vergr. 1000-fach

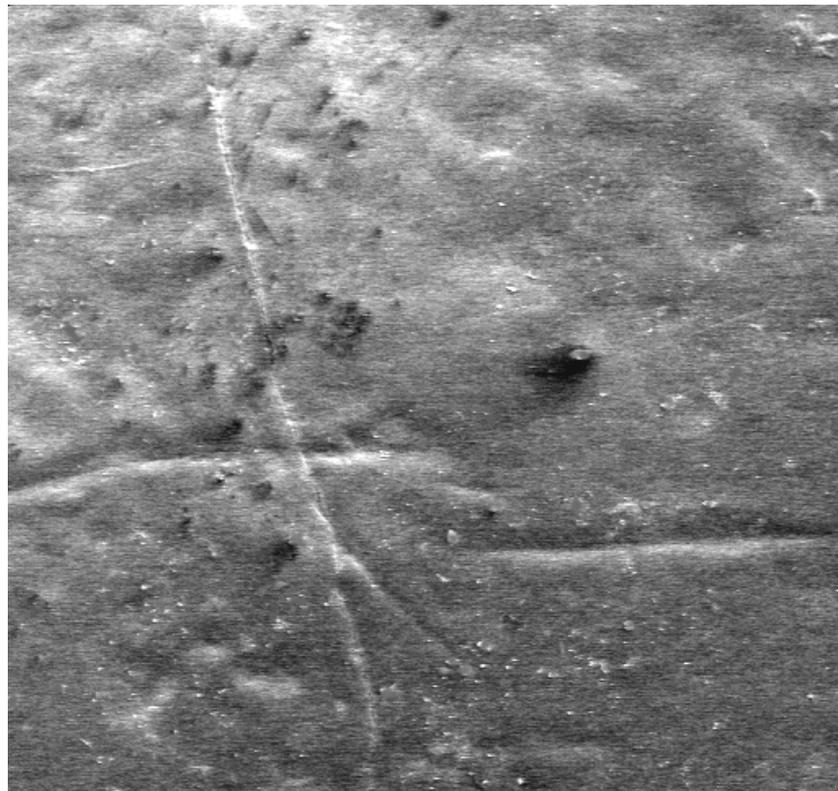
Fortlaufende Dokumentation eines Probanden (Gruppen 7 – 10).
Die Abbildungen 24 - 27 verdeutlichen die Abflachung der Usuren
auf der Zahnoberfläche analog des Diagramms.



sh234:21.5.51-C1/2-100x

300µm

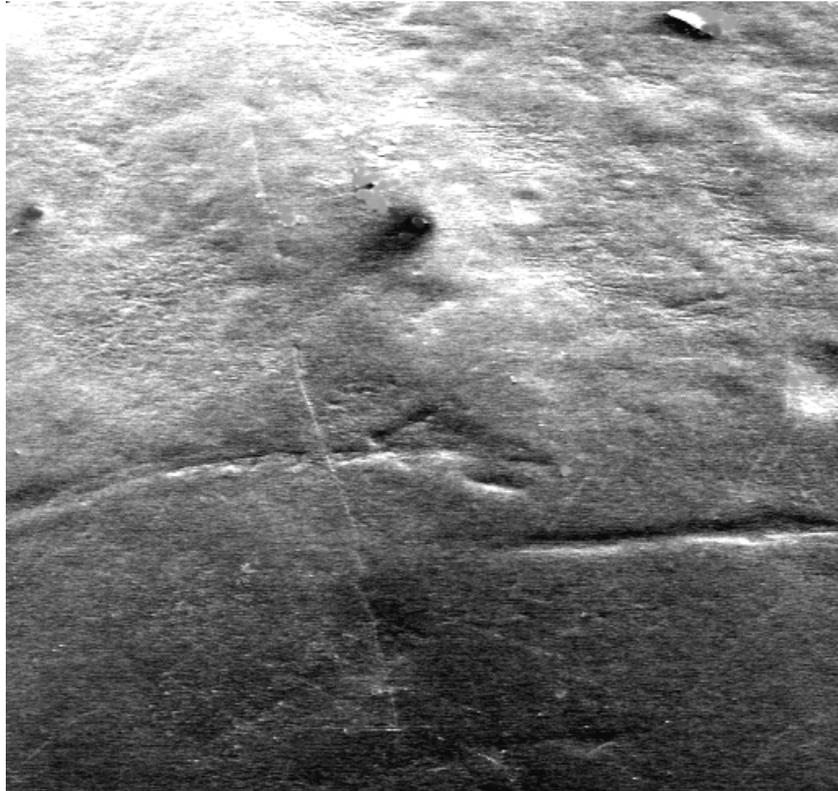
Abb. 24: Alter des Probanden zum Beginn der Untersuchung: 50 Monate
und 6 Tage, Vergr. 100-fach



sh228:21.4.51-C1/2-100x

300µm

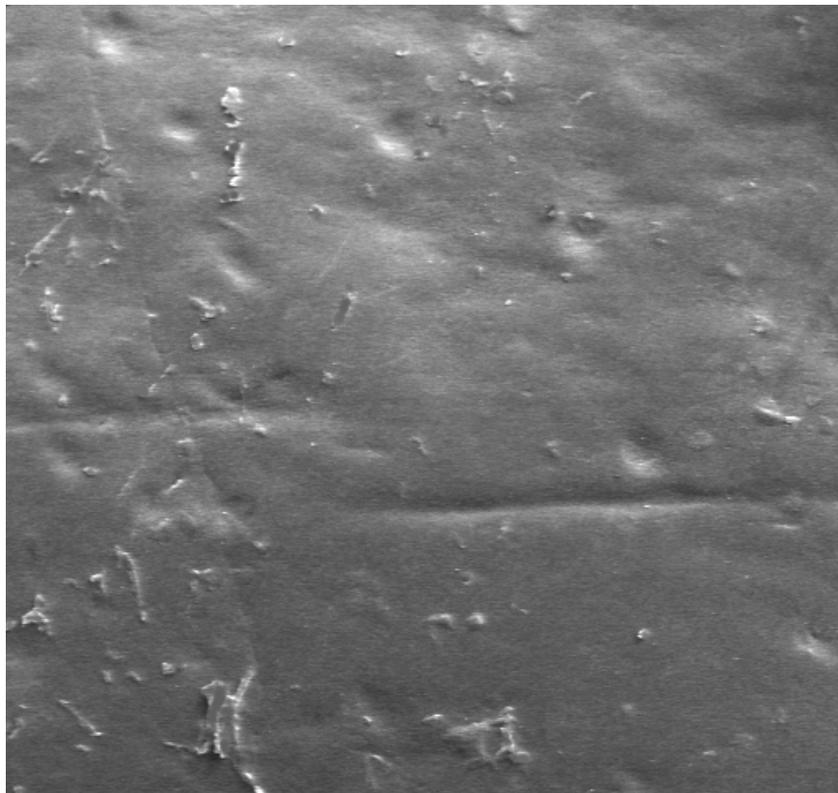
Abb. 25: Veränderung 3 ¼ Monate später, Vergr. 100-fach



sh223:21.2.51-C1/2-100x

300µm

Abb. 26: Veränderung 12 Monate später, Vergr. 100-fach



sh238:21.6.51-C1/2-100x

300µm

Abb. 27: Veränderung 20 Monate später, Vergr. 100-fach

Das Erreichen des Reifestadiums

Bei 3 Präparaten der Altersgruppe 11 ist die inzisale Abrasion der Schneidekante weit fortgeschritten (30 % Längenverlust der Labialfläche). An den Schneidezähnen dieser Kinder waren die Sektoren C1 bis C3 nur noch zu einem kleinen Teil vorhanden, bzw. fehlten gänzlich. Aus der Altersgruppe 10 (62-66) waren 3 Probanden ebenfalls von der Glättung her weit fortgeschritten, besaßen aber noch etwa 50 % der C-Sektorenhöhe. Es kann resümiert werden, dass 20–30 % der Untersuchungsgruppen 10 und 11 ausgereifte Inzisivi besaßen, die sich allerdings auch bereits auf ihre Exfoliation vorbereiteten (hoher Abrasionsgrad). Dieses Stadium der Reifung manifestierte sich in den Präparaten deutlich. Die REM–Untersuchungen der Facies vestibularis zeigten, dass die Oberflächenveränderungen nicht nur stagnierten, sondern dass die Kratzer bzw. Usuren deutlich abflachten, z.T. sogar völlig verschwanden.

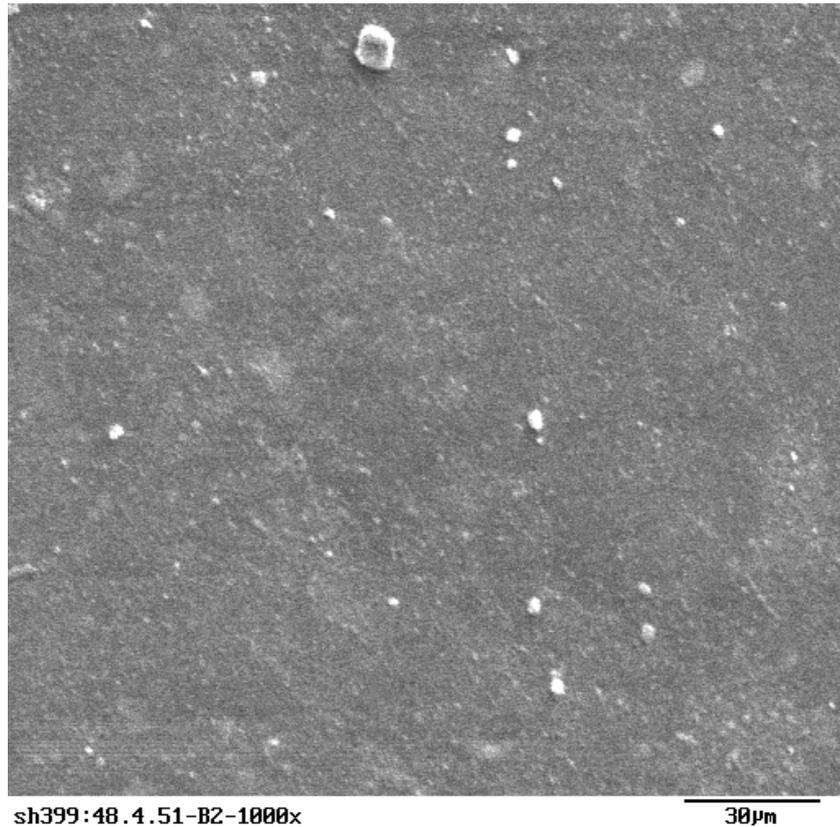
Die anschließenden Abbildungen 28 und 29 dokumentieren diese Veränderungen.



sh398:48.4.51-B2-500x

100µm

Abb. 28: Alter des Probanden bei der Abdrucknahme:
68 Monate 12 Tage, Sektor: B2, Vergr.: 500-fach
Kratzer und Usuren sind nur noch andeutungsweise sichtbar



sh399:48.4.51-B2-1000x 30µm

Abb. 29: Alter des Probanden bei der Abdrucknahme:
69 Monate 16 Tage, Sektor: B2, Vergr.: 1000-fach
Die Usuren und Kratzer sind völlig verflacht.
Die Fläche ist geglättet.

Die Ergebnisse der Elektronenmikroskopie zur Ausreifung der oberen Inzisivi lassen sich kurz so zusammenfassen: Mit etwa 58-65 Monaten ist das Schmelzmineral soweit erhärtet, dass bei einem Großteil des Probandengutes die Neuentstehung von Oberflächenläsionen stagniert, aber die Glättung der Schmelzfläche (das Abradieren der Läsionen) sich noch bis über den 70. Lebensmonat hin ausdehnt und somit während des größten Teils der Funktionsperiode ein nicht vollwertiger Zahn für die Kaufunktion zur Verfügung steht.

4.2.1 Charakterisierung der Sektoren

Einen integrierenden Einblick in posteruptionale Oberflächenveränderungen erlaubte die Untersuchung der 2754 Sektoren in bezug auf ihre Kratzerhäufigkeit.

Die 9 Sektoren

A1 -- A3,

B1 – B3,

C1 – C3

sind hier für die einzelnen Altersgruppen (26 – 70 Monate zusammengefasst).

Von der Gruppe 1 bis Gruppe 7 steigen die Anzahlen von Kratzern auf der labialen Gesamtfläche des Inzisivus stetig, fast linear an. In einem leichten Knick folgen dann die Gruppen 8 bis 11 mit einem flacheren Anstiegswinkel. Sie zeigen an, dass die Schmelzoberfläche härter geworden ist und neue Schrammen nicht mehr so leicht entstehen können. Lediglich die Gruppe 10 fällt aus dem Rahmen. An dieser Stelle der Kurve beginnt die Abrasion der Inzisalkante (individuell unterschiedlich rasch) wirksam zu werden.

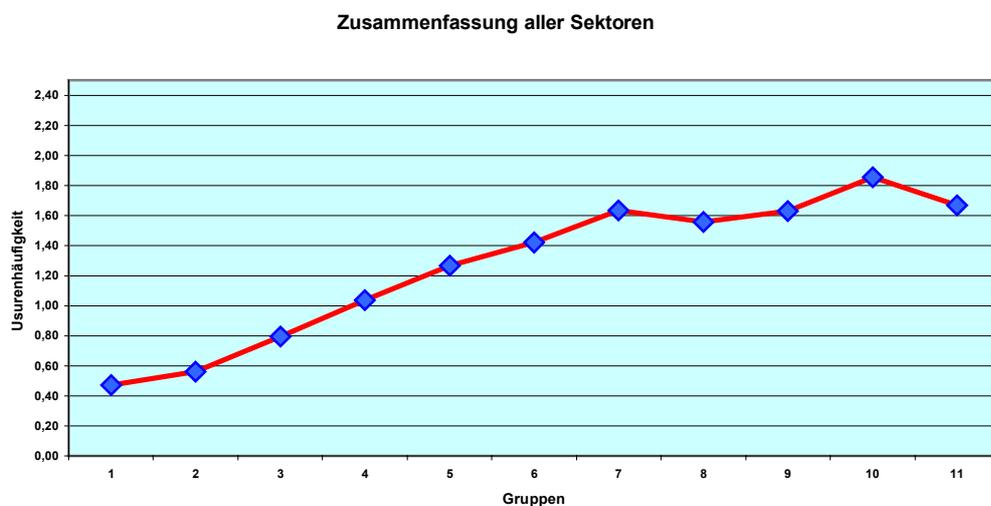


Abbildung 30 vermittelt einen Überblick über alle 9 Sektoren, gruppenspezifisch geordnet

Die Abbildungen 31 bis 39 weisen auf die Oberflächenveränderungen einzelner Sektoren hin.

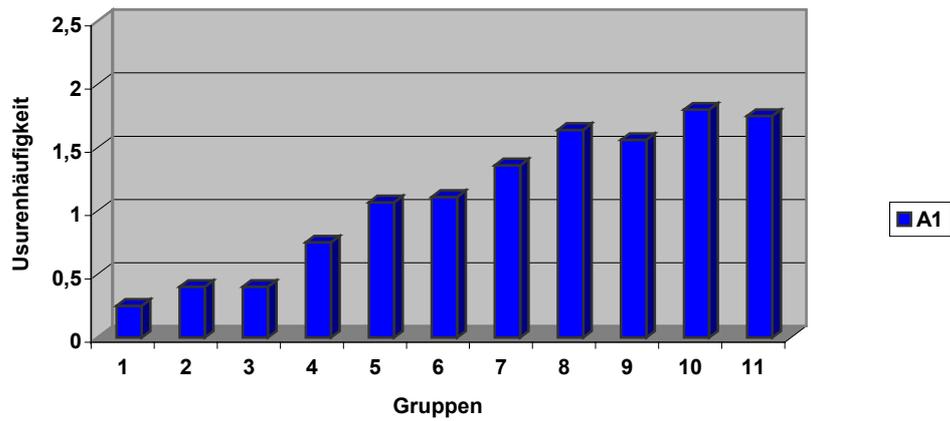


Abb. 31: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors A1

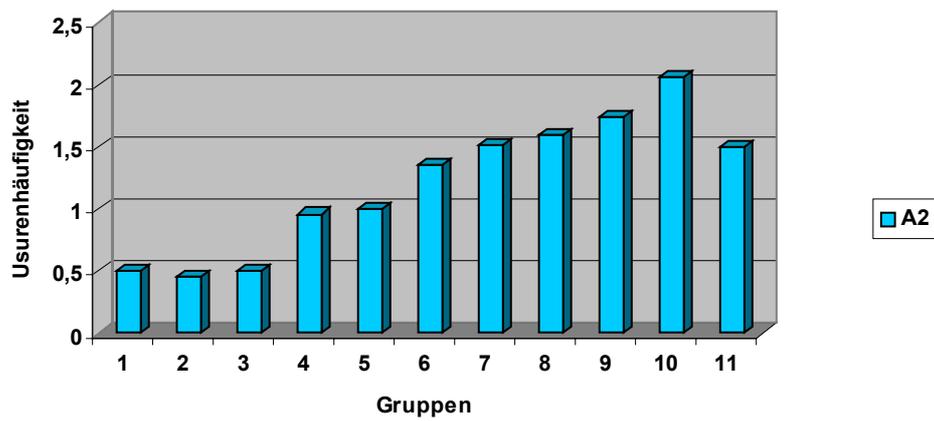


Abb. 32: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors A2

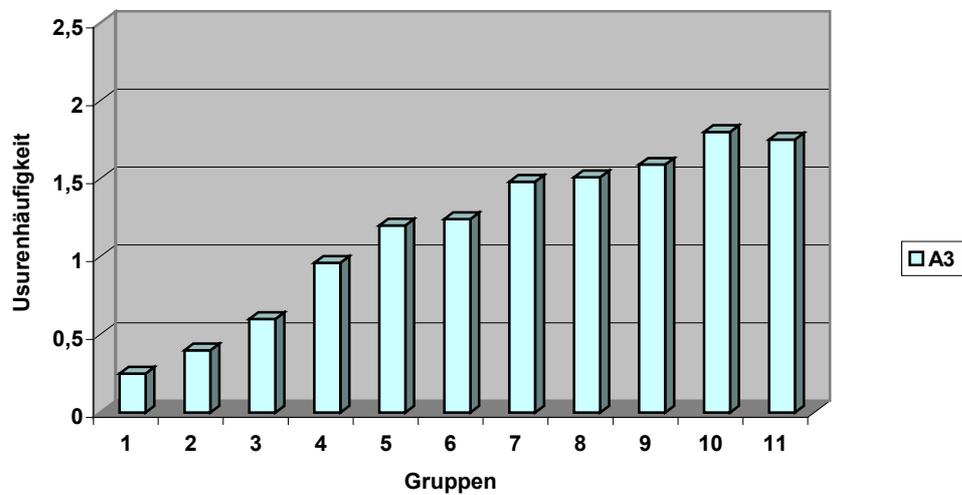


Abb. 33: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors A3

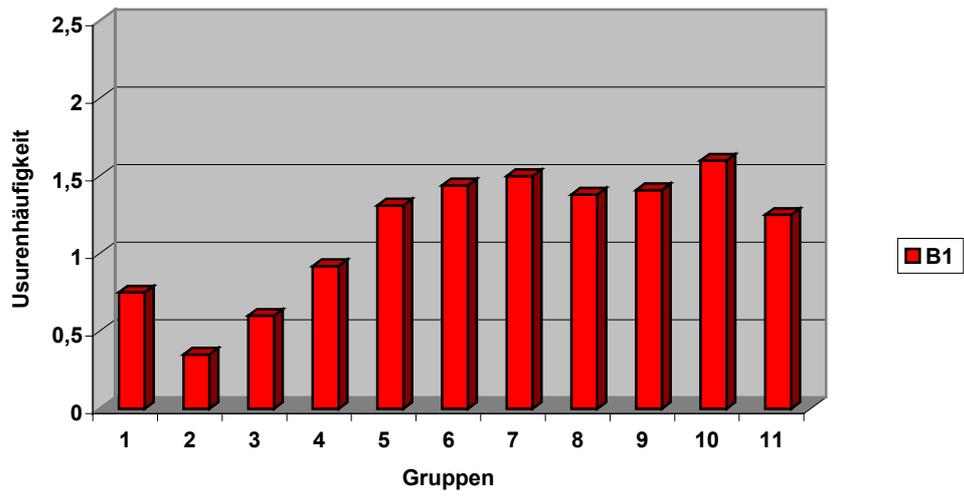


Abb. 34: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors B1

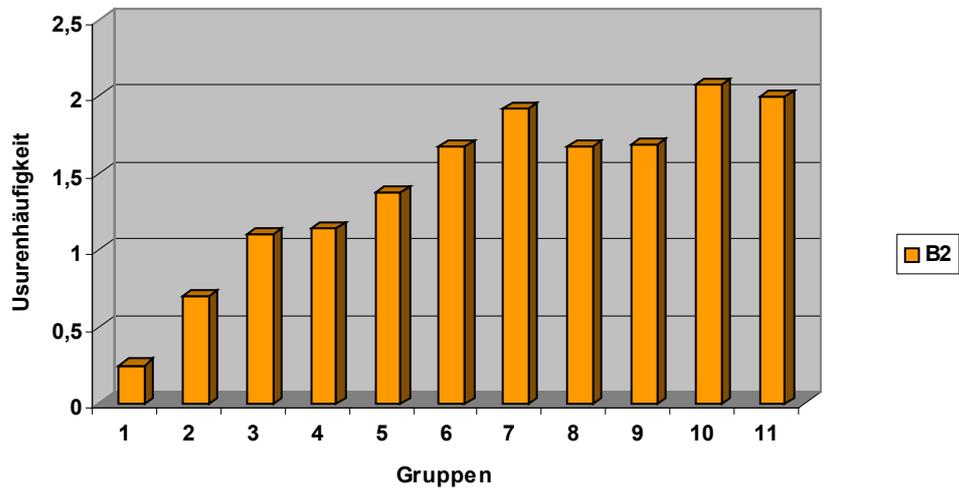


Abb. 35: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors B2

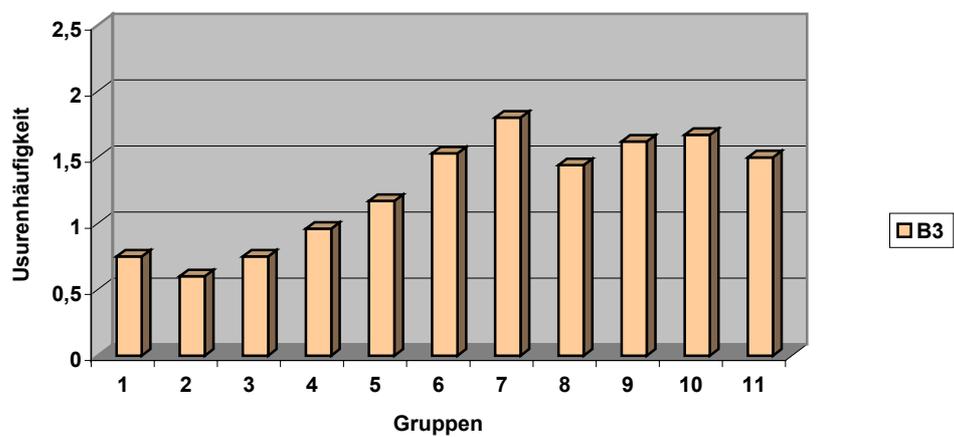


Abb. 36: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors B3

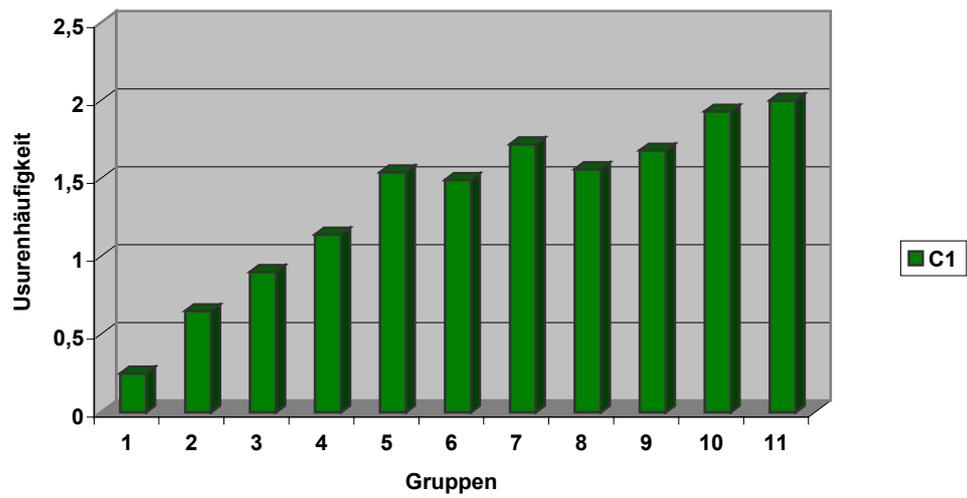


Abb. 37: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors C1

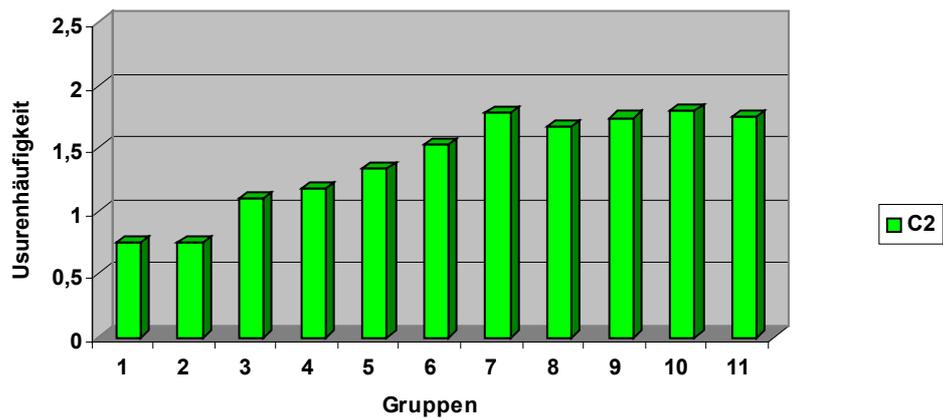


Abb. 38: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors C2

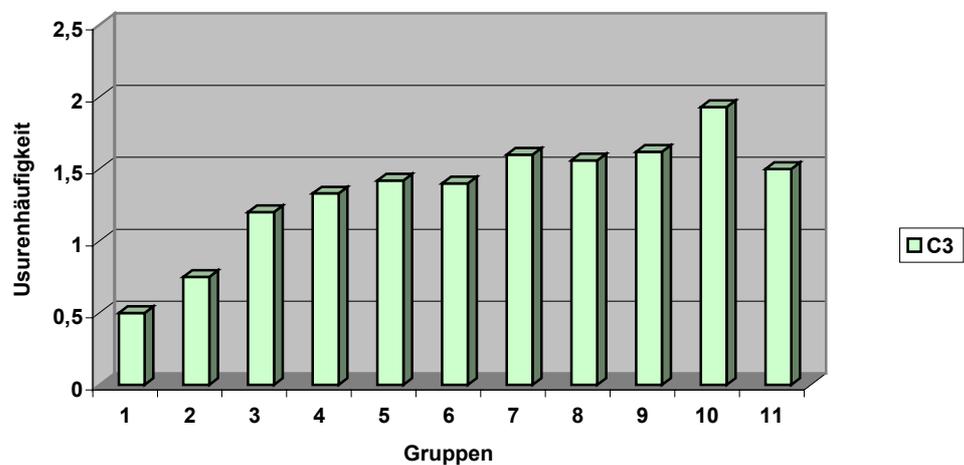


Abb. 39: Überblick der Kratzerhäufigkeit des Sektors C3

Bei Betrachtung der einzelnen Sektoren ergibt sich ein durchaus uneinheitliches Bild:

Man kann nicht von der exponierten Lage eines Sektors (z. B. B2 als zentralstem) zum übrigen Kausystem auf die Erwartung einer Häufung oder Minimierung artifizierlicher mechanischer Defekte schließen. Solche Abhängigkeiten wären bei vergleichender Untersuchung der Vestibularflächen mehrerer Zahnindividuen im Kauverbund zu erwarten. Dann würden unterschiedliche Krafteinwirkungen an einzelnen Sektoren darstellbar.

Anhand der 9 Sektoren nur einer einzelnen Zahnfläche ist aber mit einer Differenzierung durch den unterschiedlichen Reifegrad, (z. B. zwischen dem älteren Anteil der A-Sektoren und dem jüngeren Anteil der C-Sektoren) zu rechnen.

So sollte sich die nachlassende Neuentstehung von Kratzern in A1 bis A3 etwa 1 bis 2 Altersgruppen früher manifestieren als in den später in die Mundhöhle eintretenden Anteilen von C1 bis C3.

Aus den Diagrammen lässt sich eine solch diffizile Analyse der Abhängigkeit jedoch nicht erfolgreich durchführen.

Alle Oberflächenveränderungen sind in Abbildung 40 abschließend als Überblick nach Sektoren und Altersgruppen für die Summe aller Probanden und Reifungsabschnitte dargestellt.

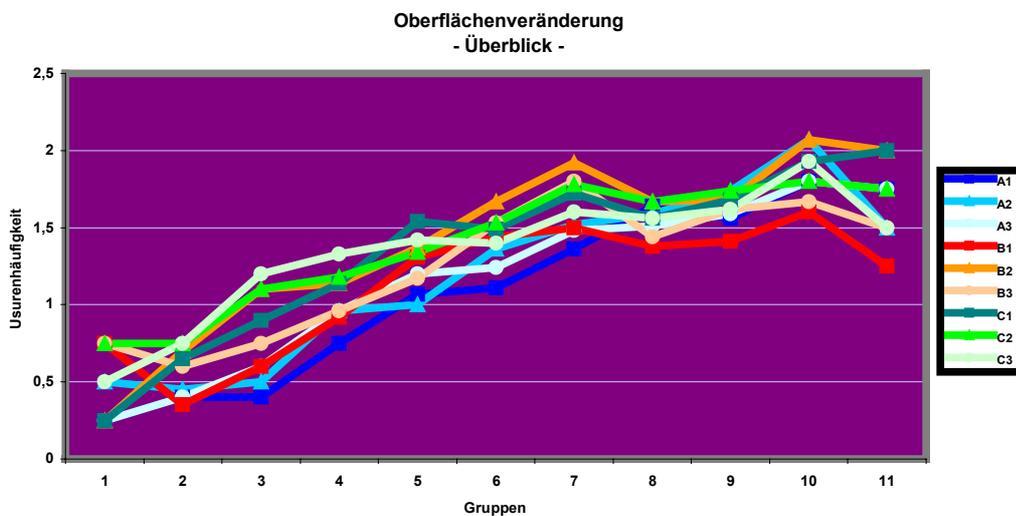


Abb. 40: Gesamtüberblick über die Oberflächenveränderungen aller Zähne, Altersgruppen (Ordinate) und Sektoren (Abb.-Legende rechts)

Dieser 44-monatige Abschnitt der posteruptiven Schmelzreifung gibt gemäß den Oberflächenveränderungen Aufschluss über die Beendigung des Ausreifungszeitraumes:

Der Vergleich aller neun Sektoren weist auf eine stetige Steigerung der Usurenhäufigkeit bis zur Gruppe 7 hin. Danach erfolgt eine auffällige Reduktion. A1 bis A3 starten aus niedriger Position, erreichen bis Gruppe 7 einen Mittelplatz und flachen dann etwas ab.

Die B-Sektoren weisen die zentrale Lage mit dem stärksten Anstieg aus, flachen ab Gruppe 8 stärker ab.

Die Steigerung im marginalen Zahnhalsbereich (C1 bis C3) erfolgt auf geringerem Niveau und ausgeglichener, als in den inzisalen Sektoren. Eventuelle nutritive Einflüsse wären kausal nur spekulativ zu eruieren.

Tabelle 4 weist die Werte der Rauigkeitsspezifik für die einzelnen Sektoren auf.

Zusammenfassung

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A1	0,25	0,40	0,40	0,75	1,07	1,11	1,36	1,64	1,56	1,80	1,75
A2	0,50	0,45	0,50	0,96	1,00	1,36	1,52	1,59	1,74	2,07	1,50
A3	0,25	0,40	0,60	0,96	1,20	1,24	1,48	1,51	1,59	1,80	1,75
B1	0,75	0,35	0,60	0,92	1,31	1,44	1,50	1,38	1,41	1,60	1,25
B2	0,25	0,70	1,10	1,14	1,37	1,67	1,92	1,67	1,68	2,07	2,00
B3	0,75	0,60	0,75	0,96	1,17	1,53	1,80	1,44	1,62	1,67	1,50
C1	0,25	0,65	0,90	1,14	1,54	1,49	1,72	1,56	1,68	1,93	2,00
C2	0,75	0,75	1,10	1,18	1,34	1,53	1,78	1,67	1,74	1,80	1,75
C3	0,50	0,75	1,20	1,33	1,42	1,40	1,60	1,56	1,62	1,93	1,50
Mittelw.	0,47	0,56	0,79	1,03	1,27	1,42	1,63	1,56	1,63	1,85	1,67

In den Abbildungen 41, 42 und 43 werden jeweils 3 Sektoren im marginalen, zentralen und inzisalen Bereich gegenübergestellt.

Oberflächenveränderung - Sektor A1...A3

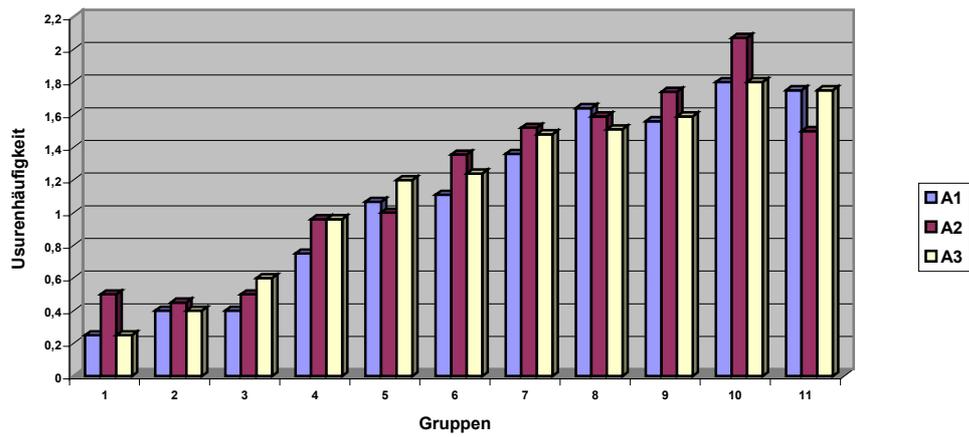


Abb., 41: Usurenhäufigkeit in den Sektoren A1 – A3

Oberflächenveränderung - Sektor B1...B3

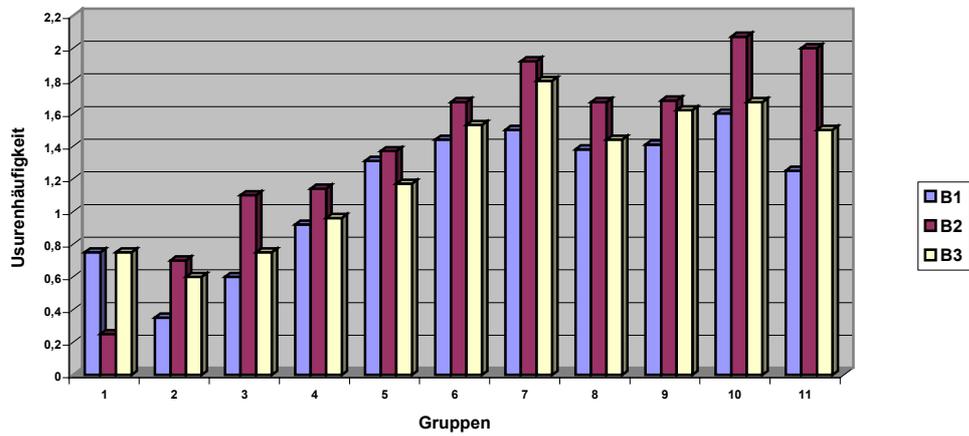


Abb. 42: Usurenhäufigkeit in den Sektoren B1 – B3

Oberflächenveränderung - Sektor C1...C3

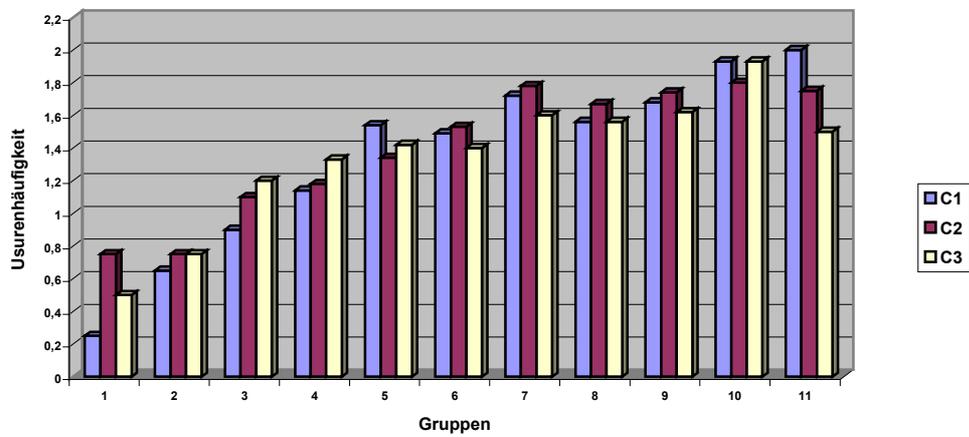
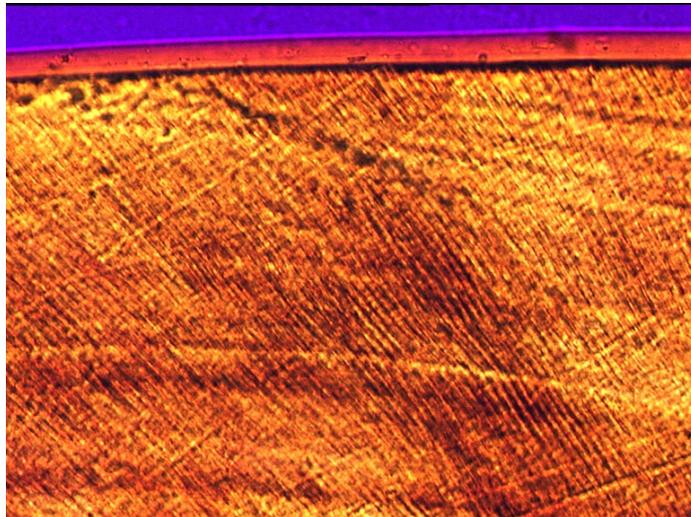


Abb. 43: Usurenhäufigkeit in den Sektoren C1 – C3

4.3 Polarisationsmikroskopischer Nachweis von Reifungsvorgängen

Die Polarisationsmikroskopie an Längsschliffen einzelner (durch Trauma verloren gegangener) und 32 exfolierter Zähne brachte Ergebnisse von unreifem, reifendem und im Endstadium der Funktionsfähigkeit befindlichem Milchzahnschmelz. Mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie lassen sich Mineralisationsgrade an Hand unterschiedlicher Polarisationsfarben darstellen. Die Abbildungen 44, 45, 46 zeigen Schmelzausschnitte unterschiedlicher Reifegrade an 80 µm dicken Zahnschliffen bei 20-facher Vergrößerung:



^

Abb. 41: Milchzahn, unreif, noch nicht durchgebrochen. Der obere hyaline Saum ist noch sehr wenig mineralisiert. Diese zuletzt abgelagerte Schmelzschicht reift sehr spät.

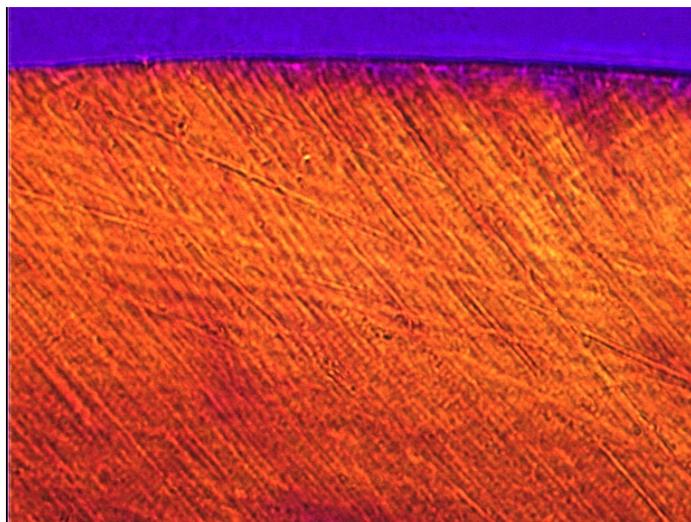


Abb. 42: Milchzahn, Altersgruppe 7 (50-54 Monate). Noch nicht ausgereift; die oberen 5-7 mm auf dem Bild sind noch weitgehend porös (leicht violetter Saum und breite schwarze Prismengrenzen (= Luftspalten)).

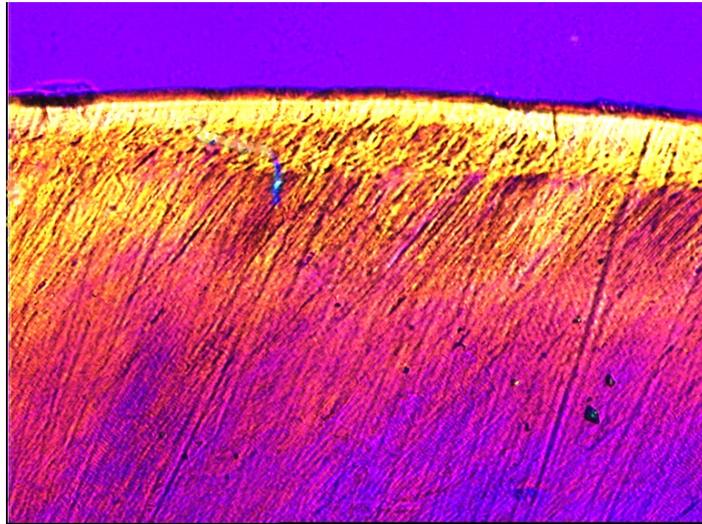


Abb. 43.: Milchzahn, Altersgruppe 10 (62-66 Monate).
 Die äußeren 1,5 mm zeigen noch einen orange gefärbten Saum (Zeichen der Unreife). Das darunter liegende Band ist hellgelb gefärbt (= reifes Mineral) und zeigt keine schwarzen Prismengrenzen mehr (ist also nicht mehr porös).
 In der äußersten Oberflächenschicht sind Vertiefungen als seitliche Anschliffe von Kratzern erkennbar (noch nicht geglättet).

Die Mikrografien zeigen die eindeutigen Unterschiede der Maturationsstadien. Aus den 32 natürlicherweise infolge Zahnwechsels ausgefallenen Zähnen waren 11 Exemplare (= 34,4 %) noch nicht vollständig ausgereift.

Schlussfolgerungen:

Die Raserelektronenmikroskopische Auswertung von Schmelzoberflächen lässt verwertbare Aussagen über die Reifungsvorgänge an Milchzähnen zu. Bei der sektorenweise versuchten Analyse dieser Bilder ergeben sich keine weitergehenden detaillierten Aussagen zur unterschiedlichen Belastung bestimmter lokaler Areale der Labialflächen.

Die Polarisationsmikroskopie an Dünnschliffen erbringt, wie auch die Rasterelektronenmikroskopie, exakte Aussagen über die teilweise

unvollständige Ausreifung des Schmelzminerals.

Damit erhärtet sich die Tatsache, dass die Milchzähne nur teilweise während ihrer Funktionsperiode den physikochemischen Anforderungen an eine vollwertige Nutzbarkeit genügen.

Die permanente Dentition erreicht das Maturationsstadium erst 6-8 Jahre nach dem Durchbruch in die Mundhöhle (Stiefel 1987).

Die laktale Zahngeneration ist im Hinblick auf die nur vorübergehende und verkürzte Periode ihrer Standzeit ähnlich zu betrachten.

5. Diskussion

Mit dieser Arbeit wurde erstmals versucht, die Veränderungen der Milchzahnoberfläche während der Dauer von 44 Monaten näher zu beleuchten. Wir erhofften uns, dadurch den Zeitpunkt des Abschlusses der tertiären Reifung festlegen zu können. Dass die Schmelzreifung des durchbrechenden permanenten Zahnes wesentlich längere Zeiträume erfordert, als man allgemein erwartet, ist ausführlich untersucht worden (Binus et al. 1987, Binus und Stiefel 1987, Stiefel und Binus 1991).

Andererseits gibt es derzeit keine Untersuchungen, die beim Milchzahn morphologische Oberflächenveränderungen klassifizieren. Am ehesten werden sie als „Gebrauchsspuren“ ohne einen zeitlichen Bezug zur Funktionsperiode pauschalisiert oder als Nebenstrukturen mit erwähnt.

Aufgrund der bestehenden Variabilität des menschlichen Zahnschmelzes erscheint die Standardisierung der Untersuchungen schwierig. Die Beurteilung der Oberflächenveränderungen musste für die vorliegende Arbeit den Entwicklungsstand widerspiegeln sowie qualitative Aussagen zulassen.

Die morphologischen Voruntersuchungen der Schmelzoberfläche mit dem Auflichtmikroskop sowie von Dünnschliffen im Polarisationsmikroskop hatten wichtige Übersichts- und Kontrollfunktionen für die späteren REM-Detailbeobachtungen.

Die natürliche Schmelzoberflächenwölbung des Zahnes, das niedrige Auflösungsvermögen und die geringe Tiefenschärfe bilden bei auflichtmikroskopischen Beobachtungen nachteilige Barrieren, die durch rasterelektronische Untersuchungen umgangen werden können.

Schon Zsigmondy beobachtete 1865, vor der Entwicklung des REM, kleine Schliefflächen an den Approximalflächen von Molaren. Die hohe Auflösung und Tiefenschärfe des REM machte die Feinstruktur der Schmelzoberfläche zugänglich. Mit 100-facher Vergrößerung war es möglich, die labiale Zahnoberfläche der Schneidezähne in neun Sektoren qualifiziert zu beurteilen. Die altersbezogene Klassifizierung von

Positivrepliken der Patientenabdrücke erlaubte eine fortlaufende Klassifizierung (Längsschnittuntersuchung) über die Dauer von 44 Monaten. Um eine repräsentative Beurteilung zu ermöglichen, erfolgte die Untergliederung in 11 Altersgruppen.

Im Vorfeld waren auftretende Artefakte hinsichtlich Schrumpfung und Spannung von Replikations- und Ausgussmaterialien durch Anpassung der Methoden und Werkstoffe verhindert worden. Dadurch stieg die Genauigkeit für die Charakterisierung innerhalb der Kratzeranalyse.

Da die Qualität der Zahnoberfläche abhängig von ihrem Reifezustand, also von der Schmelzoberflächenhärte (Mineralisationsgüte) ist, muss es Korrelationen zu Oberflächenveränderungen bzw. Kratzerhäufigkeiten geben.

Die Arbeit beweist, dass diese Messung der Veränderung – wenn auch sehr aufwendig – möglich ist.

Der gebildete Mittelwert jeder einzelnen Gruppe erläutert die Oberflächenveränderungen, bezogen auf die Kratzerhäufigkeit, für einen Zeitraum von 44 Monaten. Bis zum Alter von 54 Monaten erfolgte ein geringer, aber stetiger Anstieg der Kratzerhäufigkeit insgesamt. Von einer Häufigkeitszuordnung zu Beginn der Untersuchung von 0,47, stieg dieser Wert auf 1,63 im Alter von 54 Monaten. Während dieser Zeit wird die posteruptive Schmelzreifung durch Vorgänge charakterisiert, die die Zahnoberfläche in ihrer Qualität verbessern. Im wesentlichen handelt es sich um eine steigende Mineraldichte, also eine Strukturverbesserung innerhalb der Kristallitanordnung. Der Milchzahn ist vor dem 54. Lebensmonat den an ihn gestellten funktionellen Anforderungen noch nicht gewachsen. Er bedarf noch der Optimierung seiner physikochemischen Eigenschaften.

Aus den Ergebnissen ergibt sich, dass die posteruptive Schmelzreifung ähnlich prolongiert verläuft, wie das von den permanenten Zähnen beschrieben wurde. Erst ab dem 54. Lebensmonat wird ein Rückgang der Kratzerhäufigkeit auf der Zahnoberfläche sichtbar. Die Stagnation bzw. die Abnahme von der 8. bis zur 11. Gruppe signalisiert uns das Ende der Prozesse um die Ausreifung des Mineralgerüsts.

Die zunächst angenommene Arbeitshypothese, die oberen mittleren Inzisivi würden bereits in der ersten Hälfte der Funktionsperiode (also etwa um den 30. Lebensmonat) zur Ausreifung kommen, konnte also nach den Ergebnissen nicht bestätigt werden. Der nachgewiesene vierjährige Reifungsprozess weist eindeutige Parallelen zur Dauer des verzögerten Maturationsvorgangs im permanenten Gebiss auf, wenn man die unterschiedlichen Funktionsdauern der beiden Dentitionen zueinander vergleicht.

Erst nach dem 54. Lebensmonat kann die Schmelzoberfläche der untersuchten Milchschnidezähne als ausgereift bezeichnet werden. Ab diesem Zeitpunkt kommt es zu keiner darstellbaren Steigerung der Oberflächenveränderungen mehr, sondern zu einer Einebnung, d. h. zu einer Verflachung des Reliefs.

Keine Berücksichtigung fand das Auftreten der Neonatallinie, welche sich bei Milchschnidezähnen im zervikalen Drittel der Zahnkrone befindet und dort auch als ringförmige Einsenkung die Oberfläche erreicht. Häufig festgestellte Grübchen auf der Zahnoberfläche frisch durchgebrochener Zähne entsprechen vertieften Prismenkernzonen und entstehen infolge frühzeitig aussetzender Matrixsekretion. Ebenso wurden Lamellen sowie präeruptive Schmelzsprünge, die später von der Oberfläche her mit organischen Einlagerungen gefüllt werden, außer acht gelassen. Solche Sprünge gehen meist von der Schmelzzementgrenze aus und verlaufen etwa 100 - 1000 μm nach koronal.

Die festgestellte lange Ausreifungszeit im Milchzahngewebiss muss Forschung und Zahnärzte im Hinblick auf die Ergebnisse der Kariesepidemiologie anregen, die Schwachstellen dieser Reifungsphase zu umgehen bzw. durch gezielte Manipulationen eine Verbesserung der Eigenschaften zu erreichen.

Die Phase der ständigen Wechselwirkungen im Mundhöhlenmilieu muss zugunsten einer Qualitätsverbesserung der Zahnoberfläche beeinflussbarer gemacht werden.

Nachfolgende Forschungsarbeiten müssen Möglichkeiten zur Beschleunigung der Reifungsvorgänge suchen und anwendbar gestalten.

Im Vergleich von laktaler und permanenter Dentition in bezug auf das Thema der Studie ist zu resümieren, dass die Oberflächen der Milchzähne über einen Maturationszeitraum bis etwa zur Vollendung des 4. Lebensjahres stetig neue Strukturveränderungen erfahren, bis sich endlich eine Phase einstellt, bei der die Zunahme von Usuren und exogenen mechanischen Verletzungen stagniert und durch attritive oder weitere abrasive Substanzverluste sogar eine Glättung eintritt. Jedoch ist dann die verbleibende Funktionsperiode bis zur Exfoliation leider begrenzt. Gemessen an den Milchzähnen sind die Schmelzoberflächen der permanenten Zähne um ein Mehrfaches stärker belastet. Die mechanischen Läsionen im höheren Kindesalter bis hin zum jungen Erwachsenen deuten jedenfalls auf ausgeprägte Merkmale einer prolongierten Immaturität. Die Schmelzkratzer sind wesentlich häufiger und in ihrer Intensität nach Breite und Tiefe der Hartschmelzverletzungen mindestens mit der doppelten Zeitspanne gegenüber dem Milchgebiss zu veranschlagen. Die Maturationsdauer beim bleibenden Gebiss zieht sich über 6-8 Jahre post eruptiv hin. Gleichzeitig kann man die Schmelzreifung sowohl auf die mechanischen, strukturellen und chemischen Veränderungen der Hartschmelzen beziehen. Das zeigt sich an zahlreichen Untersuchungen, die im Arbeitsbereich Orale Strukturbiologie der Universitätspoliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, unter Einbeziehung von Doktoranden durchgeführt wurden. Durch Überprüfung der Schmelzporosität und -dichte im Polarisationsmikroskop, mit Hilfe von Dichtemessungen, durch Bestimmungen mittels Mikroinduktionshärtemessungen, durch Strukturuntersuchungen im Rasterelektronenmikroskop, durch Bestimmungen wichtiger an der Mineralisation beteiligter Elemente wurde für die zweite Dentition der Zeitpunkt der Erreichung der weitgehenden Ausreifung und physikochemischen Widerstandsfähigkeit beim Menschen mit etwa 20 Jahren bestimmt. Das zeigt sich auch am raschen Absinken der Kariesprogredienz zum gleichen Zeitpunkt. An einigen Gruppen der Säugetiere ließen sich gleichzeitig Anzeichen der Akzeleration im Ablauf der Mineralisation als Trend nachweisen, die jedoch noch unter der Signifikanzgrenze liegen.

An der angenommenen Arbeitshypothese, dass es schon in der ersten Hälfte der Funktionsperiode, mit dem 30. Lebensmonat zu einer

Ausreifung der Zahnoberfläche kommen würde, kann nach den erzielten Ergebnissen nicht festgehalten werden. Der nachgewiesene vierjährige Reifungsprozess von Milchzähnen weist eindeutige Parallelen zur Dauer des Reifungsprozesses im permanenten Gebiss in Relation zur spezifischen Funktionsdauer der beiden Dentitionen auf.

6. Zusammenfassung

Die labiale Schmelzoberflächenstruktur der rechten ersten Milchzähne des Oberkiefers von 51 Kindern wurde in einer Längsschnittuntersuchung mittels Replikatechnik und Rasterelektronenmikroskopie untersucht.

Bei jedem Probanden wurden 6 Abdrücke (blend-a-gum light) im Abstand von je 4 Monaten gewonnen.

Die mittels flüssigem Polystyrol hergestellten Ausgüsse kamen nach Goldbedampfung zur Untersuchung in einem Rasterelektronenmikroskop (TESLA BS 301)

Insgesamt 306 Schneidezahnoberflächen (je 6 pro Kind) in 2754 Sektoren (9 pro Zahnlabialfläche) wurden halbquantitativ beurteilt und ausgewertet.

Der Grad der Mineralisationsgüte an der Schmelzoberfläche sollte durch die Häufigkeit, Zunahme der Anzahl von Kratzern und anderen artifiziellen Veränderungen im unreifen Zustand und schließlich deren allmähliche Einebnung bei und nach der Ausreifung eruiert werden.

Auf der Grundlage der morphologischen Veränderungen wurde eine Einteilung von 0 (keine Usuren), 1 (geringe Kratzerhäufigkeit), 2 (mittlere Kratzerhäufigkeit) und 3 (starke Kratzerhäufigkeit) vorgenommen.

Die Analyse erfolgte bei 100-facher Vergrößerung im REM. Zusätzlich standen für ausgewählte Objekte Vergrößerungen von 500x, 1000x, 3000x, 5000x zur Verfügung.

Die Abdrücke wurden der entsprechenden Altersgruppe zugeordnet. Jede umfasste einen Abschnitt von vier Monaten (kalendarisches Alter nach Geburtsdatum). 11 Gruppen mit einer Gesamt-Altersbreite von 26 bis 70 Monaten wurden gebildet. Jede Gruppe umfasste 4 Monate. Jede Labialfläche bestand aus 9 einzeln ausgewerteten Sektoren.

Ein geringer und stetiger Anstieg der Kratzerhäufigkeit von 0,47 im 26. Lebensmonat bis 1,63 im 54. Lebensmonat konnte festgestellt werden.

Entsprechend der 9 Sektoren pro Labialfläche fanden sich stärkere Oberflächenveränderungen im mesialen und inzisalen Bereich, sowie weniger auffällige Kratzerhäufigkeiten im superioren Marginalbereich.

Die Schmelzreifung des durchbrechenden Milchzahnes erstreckte sich über einen etwa vierjährigen Zeitraum. Ab dem 54. Lebensmonat nahmen die Oberflächenveränderungen nicht mehr zu, und die Relieflättung begann.

Die Arbeitshypothese einer relativ raschen Ausreifung von Milchzahnschmelz musste korrigiert werden: Der Reifungsprozess dauert im untersuchten Milchzahn länger als erwartet. Er nimmt mehr als 60 % der gesamten Standzeit im Mund in Anspruch.

Ein ständiger prophylaktisch orientierter Dialog zwischen Zahnarzt und Patient (bzw. Erziehungsverantwortlichem) ist deshalb ein wichtiger Grundstein für die Eigenverantwortung des Kindes im Hinblick auf eine gesunde Gebissentwicklung.

7. Literaturverzeichnis

1. Angmar-Mansson B: Studies on the distribution and ultrastructure of the main components in human dental enamel.
Dr odont Thesis, Stockholm 1970
2. Bawden JW, Crenshaw MA, Takano Y, Hammarström L: Ion transport through the enamel organ.
J dent Res 61 Spec Issue (1982) 1550-1556
3. Birke W: Abrasionen im Milchgebiss.
Med Diss. Univ Rostock 1965
4. Blechschmidt, E: Anatomie und Odontogenese des Menschen.
Quelle & Meyer, Heidelberg 1978
5. Borutta A, Künzel W, Micheelis W, Müller PJ: Dringliche Mundgesundheitsprobleme der Bevölkerung im vereinten Deutschland. (Hrsg.): Inst Dtsch Zahnärzte (IDZ), Köln 1991, S. 17-23
6. Boyde A: The structure of developing mammalian dental enamel. In: Stack MV, Fearnhead RW (Hrsg): Tooth enamel I, Wright, Bristol 1965, S. 163-192
7. Boyde A: The history of "enamel fibres". Some questions about priority in dental histology. Brit dent J 121 (1966) 85-91
8. Büttner D, Büttner H, Hoppe WF: Lichtmikroskopische Beobachtungen am Zahnoberhäutchen des Menschen.
Dtsch Zahnärztl Z 20 (1965) 1085-1091
9. ten Cate, A. R.: Oral histology: Development Structure and Function. second ed. Mosby, St. Louis, 1985

10. Cooper WEG: A microchemical, microradiographic and histological investigation of amelogenesis in the pig.
Arch oral Biol 13 (1968) 27-29
11. Eastoe JE: The amino acid composition of proteins from the oral Tissues. II. The matrix proteins in dentin and enamel from developing human deciduous teeth.
Arch oral Biol 8 (1963) 747-752
12. Eastoe JE: Chemical aspects of the matrix concept in calcified tissue organization.
Calc Tiss Res 2 (1968) 352-358
13. Eifinger FF, Fritz U, Wirichs R: Composites – eine Alternative auch bei Milchzähnen?
Philipp J 2 (1990) 55-63
14. Fejerskov O, Josephsen K, Nyvad B: Ultrastructure of unerupted mature human enamel surface.
Caries Res 18 (1984) 302–314
15. Filippi A, Kirchner H: Milchzahnreimplantation nach Frontzahntrauma.
Tagungsband Jahrestagung Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde und Primärprophylaxe, Göttingen 1994, S. 34
16. Frank RM, Nalbandian J: Ultrastructure of Amelogenesis. In: Miles, AE (Hrsg): Structural and chemical organization of teeth. Vol. 1., Academic Press, New York, London, 1967
17. Gatzmeyer R: Abrasionen im Milchgebiss.
Med. Diss. Hamburg 1960
18. Geyer G: Histologie und mikroskopische Anatomie,
Barth, Leipzig, 1980, S. 145-149

19. Glimcher MJ, Daniel EJ, Travis PF and Kamhi S:
Electron optical and x-ray diffraction studies of the organization of the inorganic crystals in embryonic bovine enamel.
J Ultrastruct Res Suppl. 7 (1965) 271-274
20. Gustafson G, Gustafson AG: Microanatomy and histochemistry of enamel. In: Structural and Chemical Organization of Teeth, Bd. II, Hrsg: AEW Miles. Academic Press, New York / London, 1967
21. Gustafson G: The structure of human dental enamel. A histological Study by means of incident light, polarized light, phase contrast microscopy, fluorescence microscopy and microhardness tests.
Odontol Tidskr 53 Suppl. Göteborg 1945
22. Gwinnett AJ: The ultrastructure of the prismless enamel of deciduous teeth. Arch Oral Biol 11 (1966) 1109–1115
23. Gwinnett AJ: The ultrastructure of the prismless enamel of permanent human teeth.
Arch Oral Biol 12 (1967) 381-390
24. Harndt E, Weyers H: Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde im Kindesalter.
Quintessenz (1967) 22 - 23
25. Heckmann U, Reumuth E: Die Abrasion im Milchgebiss.
Zahn-Mund-Kieferheilkunde 49 (1967) 239-247
26. Helmcke J-G, Schulz L, Scott DB: Querstreifung der menschlichen Schmelzprismen.
Dtsch Zahnärztl Z 18 (1963) 636-637
27. Hermann R: Das Verhalten der Nukleinsäuren im Laufe der Zahnentwicklung.
Z mikroskop Anat 45 (1956) 254-265

28. Heyden G, Arwill T: Some current concept on mineralization.
Swed. dent. J. 63 (1971) 285-295
29. Holmen L, Thylstrup A: Variations in normal enamel surface as visualized in the SEM. Insepm, 125, 1984
30. Höhling H-J: Bauelemente von Zahnschmelz und Dentin aus morphologischer, chemischer und struktureller Sicht. Hanser, München, 1966
31. Höhling H-J, Krefting EK, Borkhaus R: Does correlation exist between mineralization in collagen-rich hard tissues and that in enamel. J Dent Res 61, Spec. Iss. (1982) 1496-1503
32. Ingram GS, Fejerskov O: A scanning electron microscope study of artificial caries lesion formation.
Caries Res 20 (1986) 32-39
33. Jankelson B, Hoffmann GM, Hendron JG: Abrasion im Milchgebiss.
Quintessenz 6 (1953) 321-325
34. Kellner G, Ruzicka F, Schuh E: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen über Entstehung und Wachstum von Plaques.
Zahnärztl Praxis 30 (1979) 114 - 120
35. Klink-Heckmann U, Bredy E: Kieferorthopädie.
Barth Leipzig - Heidelberg, 1990, S. 84 - 134
36. Kreter F, Pantke H: Einführung in die Zahnheilkunde mit Grenzinformationen. Quintessenz, Berlin 1979
37. Kröncke A: Perikymatien. Dtsch Zahnärztl Z 21 (1966) 87-93
38. Künzel W: Lehrbuch der Kinderstomatologie. Barth, Leipzig, 1979

39. Lebedeva GK: Der Einfluss mechanischer Faktoren auf die Abrasion der Zahnhartgewebe.(russ.) Stomatologia Moskva, 53 (1974) 78-80
40. Lenz H: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Schmelzgenese. Dtsch Zahnärztl Z 13, (1958) 23-44
41. Mannerberg F: Appearance of tooth surface as observed in shadowed replicas. Odontol Revy 11, Suppl. 6 (1960) 1-180
42. Marthaler TM: Caries status in Europe and predictions of future trends
Caries Res 24 (1990) 381-396
43. Meckel AW, Griebstein WJ, Neal RJ: Structure of mature human dental enamel as observed by electron microscopy.
Arch oral Biol 10 (1965) 775-783
44. Meyer W: Histologie der Zähne und des Gebisses.
In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd. 1, Hrsg. W. Meyer, Urban und Schwarzenberg, München, Berlin, 1958 S. 253-296.
45. Micheelis W, Bauch I: Mundgesundheitszustand und –verhalten in Ostdeutschland. Hrsg.: Institut Deutscher Zahnärzte (IDZ)
Dtsch Ärzte-Verlag, Köln 1993, S. 81-104
46. Mierau HD, Finder U: Lokale Unterschiede der Rauigkeit von Zahnoberflächen bei Jugendlichen und Erwachsenen.
Dtsch Zahnärztl Z 36 (1981) 361-366
47. Nagai N, Frank RM: Transfer due ^{45}Ca par autoradiographie an microscopie elektronique an corse de l'amelogenese.
Calcif Tiss Res 19 (1975) 211-221

48. Newesely H: Über die Existenzbedingungen von Oktacalciumphosphat, Whitlockit und Carbonatapatit.
Dtsch Zahnärztl Z 20 (1965) 753-766
49. Osborn JW: Directions and interrelationship of prisms in cuspal and cervical enamel of human teeth. J dent Res 47 (1968) 395-403
50. Osborn JW: A relationship between the Striae of Retzius and prism directions in the transverse plane of the human tooth.
Arch Oral Biol 16 (1971) 1061-1064
51. Osborn JW: The mechanism of prism formation in teeth: A hypothesis.
Calcif Tiss Res 6 (1970) 115-123
52. Osborn JW: The mechanism of ameloblast movement: A hypothesis.
Calc Tiss Res 5 (1970) 344-349
53. Osborn JW: The cross-sectional outlines of human enamel prisms.
Acta anat 70 (1968) 493-496
54. Pedersen PO, Scott DB: Replica studies of the surface of teeth from Alaskan Eskimo, West Greenland Natives, and American Whites.
Acta odont scand 9 (1951) 262-267
55. Pilz W, Plathner H, Taatz H: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. Barth, Leipzig, 1980
56. Radlanski RJ: Contributions to the Development of Human Deciduous Tooth Primordia.
Quintessence, Chicago 24 (1993) 155-159

57. Retzius A: Bemerkungen über den inneren Bau der Zähne mit besonderer Berücksichtigung auf den im Zahnknochen vorkommenden Röhrenbau.
Arch Anat Physiol U wiss Med (1837) 486-571
58. Ripa LW, Gwinnet AJ, Buonocore MG: The prismless outer layer of deciduous and permanent enamel.
Arch Oral Biol 11 (1966) 41-48
59. Sasaki T: Ultrastructure and cytochemistry of the Golgi Apparatus and related organelles of the secretory ameloblasts of the rat incisor.
Arch. oral Biol. 28, (1983) 361-375
60. Scott DB, Kaplan H, Wyckoff RWG: Replica studies of changes in tooth surface with age. J dent Res 28 (1949) 31-37
61. Schmidt H.: Biochemie für Stomatologen.
Barth, Leipzig, 1982, S. 321-375
62. Schroeder HE: Orale Strukturbiologie. 2. Aufl.
Thieme, Stuttgart, 1982
63. Schroeder HE: Orale Strukturbiologie. 4. Aufl.
Thieme, Stuttgart, 1992
64. Schroeder HE: Pathobiologie oraler Strukturen. Zahn - Pulpa - Parodont, Karger, Basel, 1983
65. Schroeder HE: Altersveränderungen an Zahnhart- und Weichgeweben des Menschen.
Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 607-610

66. Schumacher GH: Odontographie, eine Oberflächenanatomie der Zähne. Barth, Leipzig, 1983, S. 28, 36, 37 und 55
67. Schumacher GH, Schmidt H, Börnig H, Richter W: Anatomie und Biochemie der Zähne. 3. Aufl. Volk und Gesundheit, Berlin, 1982, 106-184

Schumacher GH, Schmidt H, Börnig H, Richter W: Anatomie und Biochemie der Zähne. 4. Aufl. Volk und Gesundheit, Berlin, 1990, 480-490
69. Schüle M: Das Schmelzoberhäutchen. Thieme, Stuttgart, 1962
70. Schweitzer-Hirt M, Schait A, Impfeld T, Lutz F, Mühlemann HE: Erosion und Abrasion des Schmelzes, eine experimentelle Studie. Schweiz Mschr Z 88 (1978) 497-530
71. Slavkin, HC: Embryonic tooth formation. Oral Sciences Reviews Nr. 4, Munksgard, Copenhagen, 1974
72. Stecksén-Blicks, C, Hohn A-K, Mayanagi, H: Dental caries in swedish 4-year old children. Swed Dent J 13 (1989) 39-44
73. Stiefel A: Biologie des Zahnschmelzes.
In: Binus W, Pilz V, Stiefel A: Initialkaries, Präventiv-therapeutische Alternativen eines pathobiologischen Phänomens
Barth, Leipzig, 1987, 25-70
74. Suga, S (Hrsg): Mechanism of Tooth Enamel Formations. Quintessenz, Tokyo, 1983
75. Swancar JR, Scott DB, Njemirovskij Z: Studies on the structure of human enamel by the replica method. J dent Res49 (1970) 1025-1031

76. Töndury G: Zahnärztliche Probleme im Lichte embryologischer Forschung. Das Dtsch Zahnärztebl: 10 (1956) 933-939
77. Töndury G: Angewandte und Topografische Anatomie, 3. Auflage. Thieme, Stuttgart, 1965
78. Wannemacher E: Abrasionen im Milchgebiss. Dtsch Zahn-Mund-Kieferheilkd 8 (1941) 645-857
79. Wild, W.: Funktionelle Prothetik. Karger, Basel, 1950
80. Winkler M: Die Feinstruktur des Zahnschmelzes. Rasterelektronenmikroskopische Befunde an menschlichen Zähnen. Oralprophylaxe 6 (1984) 32-35
81. Whittaker DK: Variations in the structure of the surface layer of human dental enamel. Med Sci 9 (1981) 247-262
82. Whittaker DK: Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy. Arch Oral Biol 27 (1982) 383-390
83. Wolf J, Neuwirt F: Reparative Vorgänge an der Oberfläche natürlicher und künstlich hervorgerufener Schmelzdefekte. Dtsch Zahn-Mund-Kieferhkd 8 (1941) 222-349

Thesen zur Dissertation:**Mikromorphologische Veränderungen der Schmelzoberfläche von Milchzähnen während der tertiären Schmelzreifung (Entstehung und lokale Verteilung von Gebrauchsspuren in der Funktionsperiode)**

vorgelegt von Stefan Schorm

1. Die tertiäre Reifung des Zahnschmelzes erfordert bei Milchzähnen analog zu bleibenden Zähnen einen längeren Zeitraum, als aus dem raschen Fortschreiten der Embryogenese angenommen wird. Über den genauen Verlauf ist nur wenig bekannt.

2. Mit dem Durchbruch in die Mundhöhle und dem Beginn ihrer Funktionsperiode können die temporären Zähne den funktionellen Anforderungen noch nicht genügen. Dazu ist eine Reihe physikochemischer Reaktionen notwendig, die auch von strukturellen und morphologischen Veränderungen begleitet werden.

3. In erster Linie geht es bei dieser Arbeit um Phasen, in denen die Kariesgefährdung der Zähne der ersten Generation noch ausgesprochen hoch ist. Dieses Stadium durchlaufen Kleinkinder zwischen dem ersten und vierten Lebensjahr. Der Behandlungsbedarf von Milchzähnen 8-9-jähriger Kinder in Deutschland lag 1993 zwischen 25,2 % und 40,5 %. Bei der Behandlung von Milchzähnen sollte berücksichtigt werden, dass sie ihre Funktion bis zu 10 Jahre lang ausüben müssen und als Platzhalter für die zweite Dentition fungieren sowie für die Ausbildung der Sprache und auch für die psychische Entwicklung der Kinder von Bedeutung sind.

4. Ziel dieser Arbeit ist es, den Maturationsprozess der Milchzähne näher zu untersuchen. Eine Zunahme, Stagnation und Abnahme der Oberflächenveränderungen während der Funktionsperiode soll Aufschluss über den eventuellen Zeitpunkt der Beendigung der Reifungsvorgänge bringen. Deshalb wird für diese Arbeit hypothetisch angenommen, dass es spätestens mit dem 30 Lebensmonat zu einer Stagnation, bzw. zu einer Abnahme der Oberflächenveränderungen kommt. Die Verifikation dieser

Annahme würde bestätigen, dass es zur Ausreifung während der Funktionsperiode käme. Im permanenten Gebiss erstreckt sich die Reifung des Mineralgerüsts über fünf, mitunter bis acht Jahre nach der Zahneruption.

5. Die labiale Schmelzoberflächenstruktur der rechten ersten Milchzähne des Oberkiefers von 51 Kindern wurde in einer Längsschnittuntersuchung mittels Replikatechnik und Rasterelektronenmikroskopie untersucht. Bei jedem Probanden wurden 6 Abdrücke (blend-a-gum light) im Abstand von je 4 Monaten (= 44 Monate) gewonnen. Die mittels flüssigem Polystyrol hergestellten Ausgüsse kamen nach Goldbedampfung zur Untersuchung in einem Rasterelektronenmikroskop (TESLA BS 301) Neben der integrierten Glattflächeneinschätzung erfolgte eine detaillierte Analyse nach 9 Sektoren. Parallel dazu dienten polarisationsoptische Untersuchungen von longitudinalen Dünnschliffen zur Darstellung von Reifungsstadien.

6. Die Auswertung der Oberflächenveränderung betraf 306 labiale Glattflächen sowie 2754 Sektoren. Eine zahnbezogene und sektorenbezogene Auswertung erfolgte mit vier verschiedenen Beurteilungsmerkmalen.

7. Elf Gruppen im Altersbereich von 26-70 Monaten lassen auf den Reifungszustand im jeweiligen Zeitraum rückschließen.

8. Die qualitative Usurenhäufigkeit der Gruppen 1-7 war signifikant geringfügig von 0,47 auf 1,63 ansteigend.

9. Vom 54. bis zum 70. Lebensmonat erfolgte keine stetige Steigerung der Usurenhäufigkeit mehr.

10. Vom 52. bis zum 56. Lebensmonat war sogar ein Rückgang der Usurenhäufigkeit von 1,63 auf 1,56 zu verzeichnen.

11. Bis zum 70. Lebensmonat gab es keine qualitative und quantitative Zunahme der Oberflächenveränderung. Sie war durch die allmähliche Einebnung des Oberflächenreliefs gekennzeichnet.

12. Die sektorenbezogene Auswertung ergab eine durchgängige Oberflächenveränderung im zentralen Zahnbereich. Ansonsten verliefen die morphologischen Strukturwechsel uneinheitlich.

13. Die lange Ausreifungszeit, analog zum bleibenden Gebiss, muss in praxi gezielte Manipulationen zur Verbesserung der Eigenschaften erlauben. Nach solchen wird gesucht.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Stefan Schorm
Geburtsdatum: 28.07.1966
Geburtsort: Brehna

Schulbildung:

1973-1983 Polytechnische Oberschule "August Bebel" Sandersdorf
1983-1985 erweiterte Oberschule "Ernst Thälmann" Bitterfeld
1985 Abitur

Vorpraktikum:

1985-1986 Kreiskrankenhaus Bitterfeld

Wehrdienst:

1986-1988 Absolvierung des Grundwehrdienstes in Bad Salzungen

Studium:

1988-1993 Studium der Zahnheilkunde an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

1993 Staatsexamen

Beruflicher Werdegang:

1993-1995 Vorbereitungsassistent bei Frau Zahnärztin Cornelia Batzer Wolfen-Nord

Oktober 1995-
April 1999 selbständig in eigener Praxis

April 1999-
Dezember 2000 zahnärztliche Gemeinschaftspraxis
mit Frau ZÄ Ina Wagner

Januar 2001-
April 2001 selbständig in eigener Praxis

seit April 2001 zahnärztliche Gemeinschaftspraxis
mit Frau ZÄ Claudia Sachse

Selbständigkeitserklärung

**Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst
und mich dabei keiner anderen als der von mir angegebenen Literatur
und Hilfsmittel bedient habe.**

Bitterfeld, 24.04.2002

Die vorliegende Dissertation wurde am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie, angefertigt.

Frühere Promotionsversuche mit gleicher oder einer anderen Thematik sind nicht erfolgt.

Bitterfeld, 24.04.2002

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Arnd Stiefel für die freundliche Überlassung des Themas, sowie die Anleitung im Labor und an den Mikroskopen.

Ich danke ihm des weiteren für seine ständige Diskussionsbereitschaft sowie seine fachliche Betreuung während der Umsetzung.

Für die Unterstützung bei der Laborarbeit bedanke ich mich bei der CTA Frau Wagner und bei der MTA Frau Müller.

Ich bedanke mich auch bei meiner lieben Frau Ines und meinem Sohn Christopher-Maximilian, die mir beide den für diese Arbeit wichtigen zeitlichen Freiraum erhielten und so zum Gelingen dieser Arbeit beitrugen.