

**Die Prävalenz von entwicklungsbedingten
Hypomineralisationen an Milchzähnen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades einer
Doktorin der Zahnmedizin (Dr. med. dent.)
an der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von
Vasiliki Tzortzini
aus
Marousi, Athen

2025

Betreuer:in / Gutachter:in der Dissertation: Prof. Dr. Ulrich Schiffner

Gutachter:in der Dissertation: Prof. Dr. Johannes Keller

Vorsitz der Prüfungskommission: Prof. Dr. Johannes Keller

Mitglied der Prüfungskommission: Prof. Dr. Ibrahim Nergiz

Mitglied der Prüfungskommission: PD Dr. Hartwig Seedorf

Datum der mündlichen Prüfung: 09.06.2026

Inhaltsverzeichnis

1	ARBEITSHYPOTHESE UND FRAGESTELLUNG	5
2	EINLEITUNG	7
2.1	Definition und diagnostische Kriterien	7
2.2	Erscheinungsbild der MIH und klinische Merkmale	11
2.3	Histologie und zelluläre Aspekte	14
2.4	Ätiologie	15
2.4.1	Amelogenesis	15
2.4.2	MIH auslösende Faktoren	16
2.5	Differentialdiagnose	18
2.6	Epidemiologie	20
2.7	Präventionsansätze	21
2.8	Therapie von MIH-Zähnen	22
2.9	Milchmolaren-Hypomineralisation (MMH)	25
2.9.1	Erscheinungsbild der MMH und klinische Merkmale	25
2.9.2	Ätiologie der MMH	26
2.9.3	Differentialdiagnose	28
2.9.4	Therapie der MMH	29
2.9.5	Epidemiologie	29
2.9.6	Forschungsfrage	31
3	MATERIAL UND METHODEN	32
3.1	Studiendesign und Stichprobenziehung	32
3.2	Fragenbögen	33
3.3	Klinische Untersuchung	34
3.3.1	Kalibrierung der Untersucherinnen	34
3.3.2	Befundung	34
3.4	Dokumentation	36
3.5	Datenverarbeitung und Statistik	37
4	ERGEBNISSE	39
4.1	Stichprobe	39

4.2	Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen	41
4.3	Ergebnisse in Bezug auf den sozioökonomischen Status	48
4.4	Ergebnisse in Bezug auf den Migrationshintergrund	49
4.5	Umschriebene Schmelzhypomineralisationen bezogen auf Zähne und Zahnoberflächen	51
4.6	Umschriebene entwicklungsbedingte Schmelz- Hypomineralisationen im Zusammenhang mit Karies	56
5	DISKUSSION	59
5.1	Diskussion der Methode	59
5.2	Diskussion der Ergebnisse	63
5.3	Schlussfolgerungen	74
5.4	Beantwortung der Untersuchungshypothesen	75
6	ZUSAMMENFASSUNG	76
7	ABSTRACT	78
8	LITERATURVERZEICHNIS	80
9	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	92
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	93
11	TABELLENVERZEICHNIS	94
12	ANHANG	96
12.1	Fragebogen Eltern	96
12.2	Befundblatt zur Registrierung der entwicklungsbedingten Hypomineralisationen	97
13	VORVERÖFFENTLICHUNGEN	98
14	ERKLÄRUNG DES EIGENANTEILS	99
15	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	100
16	DANKSAGUNG	101

1 Arbeitshypothese und Fragestellung

Parallel zu einem stetigen Kariesrückgang bei Kindern und Jugendlichen sind zunehmend weitere orale Befunde wie Schmelzstrukturstörungen in den Fokus der Forschung gerückt. Diese können sowohl im Milch- als auch im bleibenden Gebiss diagnostiziert werden (Jälevik und Norén, 2000). Als eine spezielle Form von entwicklungsbedingten Schmelzdefekten wurde an bleibenden Zähnen die Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH) erkannt. Das weltweite Auftreten der MIH beschäftigt die Kinder- und Jugendzahnheilkunde seit gut 20 Jahren. Das Krankheitsbild hat hohe klinische Relevanz und scheint in manchen Altersgruppen das Auftreten von Karies überholt zu haben (Bekes, 2021). Weltweite Studien registrieren eine große Spannweite der MIH-Prävalenz von 2,4 bis 40,2 % (Schwendicke et al., 2017). Für Deutschland wurde bei 12-jährigen Kindern eine Prävalenz von 28,7% ermittelt (Schiffner, 2016). Entsprechende Hypomineralisationen wurden inzwischen auch an den Milchzähnen gefunden, wobei insbesondere die zweiten Milchmolaren und die Milcheckzähne betroffen sind. Für diese entwicklungsbedingten Hypomineralisationen wurde im deutschen Literaturgut der Begriff der Milchmolaren-Hypomineralisation (MMH) eingeführt.

Studien zur MMH existieren im Vergleich zu MIH-Untersuchungen bislang seltener, wobei auch hier über stark schwankende Prävalenzraten zwischen 0 und 41% mit einem Mittelwert von 6,8% berichtet wird (Schiffner und Schwendicke, 2022). Aufgrund der begrenzten Datenlage sind weitere wissenschaftliche Studien zur Prävalenz der MMH erforderlich. Aus der Kenntnis der MMH-Prävalenz können u.a. wichtige Folgerungen für Behandlungsbedarfe abgeleitet werden.

Ziel dieser Querschnitts-Beobachtungsstudie ist die Bestimmung der MMH-Prävalenz des gesamten Milchgebisses bei 3- bis 6-jährigen Vorschulkindern in Hamburg. Dabei sollen auch Bezüge zu sozioökonomischen Parametern in Form des Bildungslevels der Eltern und eines möglichen Migrationshintergrundes hergestellt werden.

Ergänzend sollen die MMH-Befunde mit der Kariesprävalenz und der Karieserfahrung der Kinder (dmft- und dmfs-Index) in Beziehung gesetzt werden. Hierzu sollen die an den untersuchten Kindern gleichzeitig erhobenen Kariesbefunde bei Vorschulkindern in Hamburg (Schulz, 2020) herangezogen werden.

Die Arbeitshypothesen lauten:

1. Die Häufigkeit von MMH-Befunden bei Hamburger Kita-Kindern entspricht mit ca. 7% dem Mittel der in nationalen und internationalen Studien aufgezeigten Prävalenzraten.
2. Ein niedriger Bildungslevel der Eltern sowie ein Migrationshintergrund korrelieren mit höherer MMH-Prävalenz.
3. Kariesprävalenz und Karieserfahrung korrelieren mit dem Vorliegen von MMH-Befunden.

2 Einleitung

2.1 Definition und diagnostische Kriterien

Die Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation, abgekürzt MIH, wurde als eine systemisch bedingte Hypomineralisation von mindestens einem bleibenden ersten Molaren definiert (Weerheijm et al., 2001). Es können alle 6-Jahr-Molaren betroffen sein, und ebenfalls optional können die bleibenden Schneidezähne MIH-Veränderungen aufweisen (Weerheijm, 2003). Die Schmelzveränderungen imponieren als klar abgegrenzte Defekte. Neben der Farbveränderung ist der Schmelz der betroffenen Zähne weicher und poröser, was oft bereits kurz nach dem Durchbruch der Zähne, durch Kaukräfte bedingt, zum Verlust des fehlstrukturierten Schmelzes führen kann (Lygidakis et al., 2003). Die Frontzähne scheinen aufgrund der geringeren Kaubelastung hiervon weniger betroffen zu sein (Beentjes et al., 2002). Abbildung 1 und 2 illustrieren die Ausprägung von MIH an 6-Jahr-Molaren in Form von Opazitäten bzw. Schmelzeinbrüchen (Abb. 1 und 2 © und mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Ulrich Schiffner).

Abb. 1: Umschriebene Opazität am Sechsjahres-Molaren



Abb. 2: Sechsjahres-Molar mit posteruptiven Schmelzeinbrüchen



Im Jahr 1987 waren Koch et al. die ersten Autoren, die Beobachtungen zu hypomineralisierten Molaren im bleibenden Gebiss veröffentlichten. Sie berichteten

über das Vorkommen und die Prävalenz dieser deutlich vom umgebenden gesunden Schmelz abgegrenzten Zahnschmelzveränderungen bei schwedischen Kindern in verschiedenen Geburtskohorten.

Die Nomenklatur dieser Hypomineralisationen ist in der Literatur lange Zeit nicht einheitlich gewählt worden. Es lassen sich viele verschiedene Begriffe für Molaren mit abgegrenzten Opazitäten finden: Nicht-endemische Schmelzflecken, idiopathische Schmelzhypomineralisationen, nicht fluoridbedingte Hypomineralisationen, hypomineralisierte permanente erste Molaren, idiopathische Schmelzopazitäten, Schmelzopazitäten, Käse-Molaren (Koch et al., 1987; Weerheijm, 2003). Der Begriff der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation mit der oben erwähnten Definition wird seit dem Kongress der European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD) im Jahre 2001 verwendet. Gelegentlich wurde die MIH auch so definiert, dass das klinische Erscheinungsbild der Schmelzdefekte das okklusale bzw. inzisale Drittel eines oder mehrerer permanenter Molaren oder Schneidezähne betrifft und systemischen Ursprungs ist (Weerheijm, 2004). Auch wurde der Begriff "Molaren-Hypomineralisation" (MH) für Fälle vorgeschlagen, in denen die Hypomineralisation auf die ersten bleibenden Molaren beschränkt ist (Chawla et al., 2008). Durchgesetzt hat sich aber die Definition von MIH mit dem Vorkommen der typischen Veränderungen an mindestens einem 6-Jahr-Molaren, optional auch an Frontzähnen. Allerdings zeichnet es sich ab, dass diese Definition den unterschiedlichen klinischen Erscheinungsbildern nicht immer gerecht wird (Knapp et al., 2009).

Für MIH sind in der Literatur im Laufe der Zeit verschiedene diagnostische Kriterien vorgeschlagen worden. Dies erschwert den Ergebnisvergleich verschiedener Studien, da unterschiedliche Indizes, Kriterien und Erfassungsmethoden verwendet wurden (Lygidakis et al., 2010). Erste Erfassungen haben den 1982 von der World Dental Federation (FDI) beschriebenen "Index of Developmental Defects of Enamel" (DDE-Index) verwendet, mit dessen Hilfe Entwicklungsstörungen der Zähne standardisiert erfasst werden sollten. Änderungen wurden in den Jahren 1987 (Koch et al.) und 1992 vorgenommen, um die Anwenderfreundlichkeit zu verbessern. Der DDE-Index wird

jedoch den speziellen Erscheinungsformen der MIH nur wenig gerecht, so dass er für die MIH-Erfassung nicht als Standard implementiert werden konnte (Crombie et al., 2009). Das erklärt, warum die European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD) im Jahr 2003 Diagnosekriterien für MIH zur Verwendung in epidemiologischen Studien festgelegt hat. Im Jahr 2009 organisierte die EAPD in Helsinki ein Seminar und einen Workshop zur MIH, um diese Kriterien zu bestätigen (Lygidakis et al. 2010). Gegenwärtig umfassen die EAPD-Kriterien für MIH, beschränkt auf die bleibenden ersten Molaren und/oder Schneidezähne:

- Abgegrenzte Opazitäten
- Schmelzeinbrüche
- Atypische Restaurationen und
- Aufgrund von MIH extrahierte Zähne

(Weerheijm et al., 2003). Weil sich bei vielen Schmelzeinbrüchen im weiteren Verlauf Karies entwickelt, diese Kavitäten in jungen Altersgruppen aber nicht oder noch nicht restauriert sind, wurde "atypische Karies" zu den erwähnten Kriterien hinzugefügt (Elfrink und Weerheijm, 2012). Diese Kriterien sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Kriterien zur Feststellung von MIH gemäß EAPD (2003)

Milde Form:
• Opazität: Ein unterschiedlich stark ausgeprägter Defekt, der die Transluzenz des Schmelzes verändert. Der defekte Schmelz hat eine normale Schichtdicke mit einer glatten Oberfläche und kann weiß, gelb oder braun gefärbt sein. Die umschriebene Opazität ist nicht auf Karies, gesteigerte Fluoridaufnahme während der Zahnentwicklung oder Amelogenesis imperfecta zurückzuführen.
Schwere Form:
• Post-eruptiver Schmelzeinbruch: Ein Defekt, der einen oberflächlichen Schmelzverlust nach Durchbruch des Zahnes zeigt, der mechanisch ausgelöst wird. Schmelzverlust durch Erosion ist ausgeschlossen. • Atypische Karies: Größe und Form der kariösen Läsionen entsprechen nicht der üblichen Kariesverteilung im Mund eines Kindes. Der kariesbefallene Bereich ist keine typische Kariesprädispositionsstelle.

- Atypische Restauration: Größe und Form der Restauration entsprechen nicht der Kariesverteilung im Mund eines Kindes. Die Restaurationsstelle liegt nicht an einer typischen Prädilektionsstelle für Karies.
- Atypische Extraktion: Ein fehlender Molar, der nicht in die zahnärztliche Entwicklung und das Kariesmuster des Kindes passt; anamnestische Angaben können die Annahme einer MIH-bezogenen Extraktion stützen.

Die EAPD und verschiedene Autoren empfehlen, die Kriterien in gleicher Form in allen zukünftigen Forschungen über MIH und entsprechende Befunde an Milchzähnen zu verwenden, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu verbessern (Weerheijm et al., 2003; Elfrink et al., 2009; Elfrink und Weerheijm, 2012).

Im Jahr 2016 definierte eine internationale Arbeitsgruppe einen neuen Index zur MIH, der über die Beschreibung der Defekte hinausgehend auch das Symptom der Hypersensibilitäten berücksichtigt sowie Therapieoptionen enthält (Bekes und Steffen, 2016). Dieser als MIH-Treatment Need Index (MIH-TNI) bezeichneten Index, zu dem bereits ein Update erarbeitet wurde, ermöglicht die Anwendung in Kollektiven sowie bei Individuen. Tabelle 2 gibt die Indexierung und die Definitionen der einzelnen Schweregrade wieder.

Tabelle 2: MIH-TNI Index (Bekes und Steffen, 2016)

Index	Definition
Index 0	keine MIH, klinisch gesund
Index 1	MIH ohne Hypersensibilität, kein Substanzdefekt
Index 2	MIH ohne Hypersensibilität, mit Substanzdefekt
2a	< 1/3 Defektausdehnung
2b	> 1/3 < 2/3 Defektausdehnung
2c	> 2/3 Defektausdehnung oder/und Defekt pulpanah oder Extraktion oder atypische Restauration
Index 3	MIH mit Hypersensibilität, ohne Substanzdefekt

Index 4	MIH mit Hypersensibilität, mit Substanzdefekt
4a	< 1/3 Ausdehnung
4b	> 1/3 < 2/3 Ausdehnung
4c	> 2/3 Ausdehnung oder/und Defekt pulpanah oder Extraktion oder atypische Restauration

Die Registrierung von MIH-entsprechenden Defekten an Milchzähnen erfolgte klinisch und wissenschaftlich erst später, nachdem für die MIH schon einige Kenntnisse bestanden. Aufgrund des inzwischen vielfach dokumentierten Vorkommens von MMH wurde vor Kurzem eine Adaptation des MIH-TNI-Updates an die Versorgung von zweiten Milchmolaren mit entwicklungsbedingten, MIH-analogen Defekten vorgestellt (Bekes et al. 2024). Die Darstellung des Wissensstandes zu entwicklungsbedingten Schmelzhypomineralisationen an Milchzähnen, die das Thema der vorliegenden Arbeit darstellen, erfolgt an späterer Stelle.

2.2 Erscheinungsbild der MIH und klinische Merkmale

Die Diagnosen der MIH und MMH erfolgen klinisch. Beide strukturellen Schmelzbildstörungen sind grundsätzlich nicht hypoplastisch, und es gibt primär keine erkennbare Veränderung der Schmelzschichtdicke. Beide Anomalien sind vielmehr von einem qualitativen Schmelzdefekt gekennzeichnet, der als Hypomineralisation klassifiziert wird und den natürlichen inkrementellen Linien der Schmelzbildung von den Höckerspitzen bis zur Schmelz-Zement-Grenze folgt (Farah et al., 2010). Die klinischen Merkmale betroffener Zähne oder Zahnflächen variieren erheblich, nicht nur bei verschiedenen Patienten, sondern auch zwischen den Zähnen desselben Betroffenen (Petrou et al., 2013). Es müssen nicht alle Molaren betroffen sein, und auch wenn sie betroffen sind, kann der Ausprägungsgrad unterschiedlich sein (Weerheijm et al., 2014).

MIH- und MMH-Zähne weisen umschriebene Opazitäten in Form von weiß-cremig bis gelb-braunen Verfärbungen auf (Weerheijm, 2003), die scharf vom gesunden Zahnschmelz abgegrenzt sind (Weerheijm et al., 2014). Es ist bekannt, dass der Schmelz in diesen opaken Bereichen weniger Mineralien enthält als der gesunde Zahnschmelz. Die Mineralkonzentration verringert sich von der Dentin-Schmelz-Grenze zur suboberflächlichen Zone hin, was im Gegensatz zur Verteilung im gesunden Schmelz steht (Fearne et al., 2004). Wegen des reduzierten Mineralgehalts und unter Kaukräften kann der Schmelz von MIH und MMH leicht absplittern, manchmal schon bald nach dem Zahndurchbruch. Dieser posteruptive Substanzverlust wird in der internationalen Literatur als “post-eruptive enamel breakdown” bezeichnet. Der unregelmäßige Schmelzverlust endet ebenso wie die Opazitäten in scharfen Grenzen (Chawla et al., 2008). Wichtig ist die Differenzierung zwischen posteruptivem Schmelzeinbruch und einer Hypoplasie. Eine Hypoplasie entsteht während der Zahnentwicklung und ist ein quantitativer Defekt mit partiell dünnerem oder fehlendem Zahnschmelz. Manche Schmelzhypoplasien treten in Form von Grübchen oder Rillen auf der Zahnoberfläche auf (Oliver et al., 2013).

Fargell et al. (2010) entdeckten, dass der Schmelz von hypomineralisierten MIH-Zähnen signifikant niedrigere Härtewerte als normaler Schmelz aufweist. Die Farbe der umschriebenen Opazitäten bei hypomineralisierten Molaren ist ein guter Indikator für die Härte des Zahnschmelzes und damit für das relative Risiko eines Schmelzeinbruchs. Je dunkler die Farbe ist, umso weicher und poröser ist in der Regel der Zahnschmelz und umso höher ist damit die Gefahr des posteruptiven Schmelzverlusts (meist an den Zahnhöckern), der bis zur Dentinexposition gehen kann (Weerheijm et al., 2013).

Aufgrund der Hypomineralisation des Zahnschmelzes sind diese Zähne anfälliger für Karies als andere Zähne (Weerheijm, 2003; Elfrink, 2010; Sönmez et al., 2013), und es kann zu einem unerwartet schnellen Voranschreiten der Karies kommen (Elfrink, 2012). Die Größe, die Form und das Kariesmuster kariöser Läsionen im Zusammenhang mit MMH und MIH entsprechen nicht den üblichen

Kariesprädispositionsstellen. Auch im Milchgebiss sind Hypomineralisation ein wichtiger Risikofaktor für Karies (Elfrink et al., 2008).

Inzisiven sind nicht so häufig von MIH betroffen wie bleibende Molaren, aber das Risiko für sie, hypomineralisierte Defekte zu zeigen, steigt mit der Anzahl der betroffenen Molaren (Weerheijm et al., 2014). Wenn betroffene Inzisiven Opazitäten aufweisen, bleiben die betroffenen Schmelzareale in den meisten Fällen intakt, da die Kaukräfte im Vergleich den Molaren nur begrenzt auf die Opazitäten einwirken. Weerheijm beschreibt in diesem Zusammenhang, dass bei einer stark ausgeprägten Hypomineralisation eines Molaren der kontralaterale Zahn ebenfalls betroffen sei (2003).

Wenn nur Inzisiven betroffen sind, erfüllt diese Verteilung nicht die definierten Kriterien für eine MIH, nach denen mindestens ein erster bleibender Molar betroffen sein muss. Der Hintergrund hierfür ist, dass auf Inzisiven beschränkte umschriebene Opazitäten auch durch eine andere Ursache, wie Traumen oder Pulpa-Infektionen im Milchgebiss in früherem Alter, verursacht werden können (Weerheijm et al., 2014).

Obwohl es in der Literatur nicht oft erwähnt wird, wird über eine Beteiligung der Spitzen der bleibenden Eckzähne spekuliert, da ihre Mineralisierung im gleichen Zeitraum wie die der bleibenden Molaren und Inzisiven erfolgt (Weerheijm et al., 2001).

Röntgenologisch können die betroffenen Zähne eine normale Kronenmorphologie aufweisen, aber auch eine reduzierte Schmelzopazität, die sich an die Radioluzenz des Dentins annähern kann (Temimola et al., 2015).

Von MIH, ebenso aber auch von MMH betroffene Zähne können starke Hypersensibilitäten aufweisen. Aufgrund der Porosität des Zahnschmelzes, der manchmal das Dentin freilegt, können die betroffenen Zähne sehr empfindlich sein, wenn sie Luft oder heißen und kalten Stimuli (Speisen und Getränken) ausgesetzt werden (Weerheijm et al., 2001; Weerheijm, 2003). Ebenso können mechanische

Stimuli wie das Zähneputzen Empfindlichkeiten verursachen. In diesem Fall und bei der mit Schmelzeinbrüchen verbundenen Unebenheit der Zahnoberfläche wird eine rasche Kariesprogression begünstigt (Weerheijm et al., 2001 und 2003).

Die Porosität des Schmelzes kann aber nicht nur zu Überempfindlichkeiten führen, sondern durch die unter dem Schmelz vorhandenen noch breiten Dentintubuli zu einer Bakterieninvasion bis hin zur Pulpa führen. Hieraus kann eine chronische Pulpaentzündung resultieren (Fargell et al., 2008), was eine Vielfalt morphologischer und zytochemischer neuronaler Veränderungen mit einer stark ausgeprägten Dentinempfindlichkeit auslösen kann (Kirshnan und Ramesh, 2014). Darüber hinaus kann die chronische Pulpenentzündung zu Problemen bei der Lokalanästhesie führen (Lygidakis et al., 2010).

Mittlerweile sind MIH-ähnliche Defekte auch an anderen Zähnen der bleibenden Dentition beschrieben worden (Lygidakis et al., 2010; Negre Barber et al., 2016). Auch mit Bezug auf Hypomineralisation im Milchgebiss wird in einigen neueren Publikationen über andere betroffene Milchzähne mit entwicklungsbedingten umschriebenen Opazitäten oder Schmelzdefekten als nur die zweiten Molaren berichtet.

2.3 Histologie und zelluläre Aspekte

Bei histologisch präparierten MIH-Zähnen haben Jävelik und Norén (2000) nachgewiesen, dass der defekte Zahnschmelz teilweise hypomineralisiert ist, mit scharf definierten Grenzen zwischen dem gesunden und dem defekten Zahnschmelz. Die histologische Untersuchung hat auch gezeigt, dass die gelblich-braunen Defekte poröser sind als die cremig-weißen und die gesamte Schmelzbreite betreffen. Die cremig-weißen Defekte hingegen befinden sich im inneren Teil des Zahnschmelzes. Jävelik et al. (2005) fanden, dass die Mikrostruktur des Zahnschmelzes unverändert ist, was auf eine normale Funktion der Ameloblasten während der Sekretionsphase hinweist. Die Kristalle scheinen jedoch weniger kompakt und in den porösen

Bereichen weniger organisiert zu sein, was auf eine Veränderung in der Reifungsphase hindeuten könne. Das verstärkt Hinweise, dass die MIH in besonderem Maße während der letzten pränatalen Phase und in den ersten Lebensjahren entstehen kann.

2.4 Ätiologie

2.4.1 Amelogenesis

Die eigentliche Amelogenese setzt im Glockenstadium der Zahnbildung ein, jedoch erst nachdem sich ein schmaler Saum Dentinmatrix abgelagert und mineralisiert hat. Die Entwicklung des Zahnschmelzes kann als Prozess aus drei Schritten bzw. Stadien angesehen werden:

- a) Bildung der Schmelz-Matrix: Proteine, die an der Amelogenese beteiligt sind, werden von Ameloblasten sezerniert (Sekretionsphase).
- b) Mineralisation der Schmelzmatrix: Minerale aus dem Serum präzipitieren spontan zu Calcium-Phosphat-Verbindungen, zugleich werden Proteine entfernt (Übergangsstadium).
- c) Schmelzreifung: Proteine und Wasser werden, gesteuert durch die Ameloblasten, entfernt, und der Mineralgehalt nimmt weiter zu (Reifungsstadium).

Ameloblasten sind hochspezialisierte kalzium-transportierende Zellen, die in allen drei Stadien eine wichtige Rolle spielen. Sie reagieren jedoch sehr empfindlich auf Veränderungen ihrer Umgebung. Systemische Faktoren, die die Ameloblasten während der Sekretionsphase beeinflussen, führen zu Einschränkungen der Kristallausdehnung. Folglich sind die Zähne durch einen Mangel an Zahnschmelz gekennzeichnet, der von kleinen Einziehungen und Grübchen bis zum kompletten Verlust von Zahnschmelz variiert. Dies ist ein quantitativer Defekt (Hypoplasie). Andererseits führen Störungen während der Übergangs- und/oder Reifungsphase der Amelogenese zu einem pathologisch weichen (hypomaturierten, hypomineralisierten)

Schmelz normaler Dichte (Suga, 1989). MMH und MIH werden also durch eine Störung in der initialen Mineralisations- und/oder Reifungsphase verursacht, was optisch zu umschriebenen Opazitäten führt. Die Farbe der umschriebenen Opazität bei MIH-Molaren ist mit der Mineraldichte des Schmelzes assoziiert, die in den hypomineralisierten Bereichen im Vergleich zu den gesunden Bereichen um fast 20% reduziert ist (Farah et al., 2010). Der Mineralgehalt weißer Opazitäten ist der von White-Spot-Läsionen ähnlich. Auch wenn über den Mineralgehalt und die Dichte von hypomineralisierten zweiten Milchmolaren wenig erforscht wurde, konnte die Studiengruppe von Elfrink et al. (2012) ermitteln, dass gelbe oder braune Opazitäten in MMH-betroffenen Molaren eine um 20-22% geringere Mineraliendichte aufweisen als gesunder Milchzahnschmelz.

In den von MIH betroffenen Schmelzabschnitten befinden sich hohe Anteile an Albumin (Kirshan und Ramesh, 2014).

2.4.2 MIH auslösende Faktoren

Während die Abläufe der MIH-Entstehung auf zellulärer Ebene gut beschrieben werden können, sind die eigentlichen ätiologischen Faktoren, die hinter der Fehlfunktion der Ameloblasten stehen und diese verursachen, nicht abschließend bekannt, bewertet oder abgesichert. Diskutiert wird ein multifaktorielles Geschehen. Dabei kann in Einflüsse während der pränatalen Phase, der perinatalen Zeit und während der ersten Lebensjahre untergliedert werden.

Die Entwicklung des Zahnschmelzes erfolgt für jede Zahnart in typischen Zeiträumen, in denen jeweils Hypomineralisationen ausgelöst werden können (Tabelle 3). Die Dauer, die Stärke und der Zeitraum des Auftretens der ätiologischen Faktoren sind für die unterschiedlichen klinischen Merkmale des Defekts entscheidend (Lygidakis et. al., 2010).

Tabelle 3: Entwicklungszeiten der Zähne des bleibenden Gebisses in Lebensmonaten (M) bzw. -jahren (J, Logan und Kronfeld, 1933; Schuurs, 2012)

Zahn	Erste Verkalkung		Vollständige Krone		Durchbruch	
	OK	UK	OK	UK	OK	UK
Zentraler Schneidezahn	3-4 M	3-4 M	4-5 J	4-5 J	7-8 J	6-7 J
Seitlicher Schneidezahn	10-12 M	3-4 M	4-5 J	4-5 J	8-9 J	7-8 J
Eckzahn	4-5 M	4-5 M	6-7 J	6-7 J	11-12 J	9-11 J
Erster bleibender Molar	Geburt	Geburt	30-36 M	30-36 M	5.5-7 J	5.5-7 J
Zweiter bleibender Molar	30-36 M	30-36 M	7-8 J	7-8 J	12-14 J	12-14 J

Zu den potentiell MIH verursachenden Faktoren gehören Probleme im letzten Monat der Schwangerschaft, Hypoxie, Frühgeburt, niedriges Geburtsgewicht, Antibiotikagaben (insbesondere Amoxicillin und Erythromycin) sowie ätiopathogenetisch umwelttoxische Einflüsse wie Dioxine oder polychlorierte Biphenyle (PCBs). Geburtskomplikationen und Kaiserschnitt scheinen auch mit dem Auftreten von MIH in Zusammenhang zu treten. (William et al., 2006, Garot et al., 2021). Eine spezifische Erkrankung im letzten Trimester der Schwangerschaft scheint jedoch nicht mit MIH assoziiert zu sein (Garot et al., 2021). Der Einfluss der Bisphenol A als ein möglicher Faktor wurde vom Bundesinstitut für Risikobewertung zudem als unwahrscheinlich eingestuft (BfR Mitteilung Nr. 025/2018, 2018).

Ein Zusammenhang zwischen Stillen und MIH scheint nicht vorhanden zu sein. Jedoch wird über Zusammenhänge zu Kinderkrankheiten wie Masern, Infektionserkrankungen (Bronchitis, Mittelohrentzündung, Lungenentzündung), Magenstörungen, Fieberzustände, Nierenerkrankungen und Asthma berichtet (Fatturi et al., 2019). Kein

Zusammenhang hingegen wurde in dieser systematischen Übersicht zwischen MIH und Sinusitis, Hepatitis, Rhinitis, Unterernährung, Allergien und Durchfallerkrankungen gefunden.

Brook und Smith (1998) vermuten, dass es eine grundlegende genetische Veranlagung geben könnte, die zum Risiko der Entwicklung einer MIH beitrage, während Lygidakis et al. (2010), basierend auf Experimenten an Ratten, berichten, dass es keine diese Behauptung stützenden Belege gäbe. Im letzten Jahrzehnt jedoch hat die Forschung über die Genetik im Zusammenhang mit der Ätiologie der MIH zugenommen. Die Prädisposition und die Rolle epigenetischer Einflüsse rücken nach Zwillingsstudien, Genom- und Einzelnukleotid-Polymorphismus-Analysen bei Patienten und ihren Familien immer mehr in den Vordergrund (Lygidakis et al., 2021). Trotz der zunehmenden medizinischen Forschung sind die Ursache für die Entstehung der Hypomineralisation bisher jedoch nicht eindeutig geklärt.

2.5 Differentialdiagnose

Die Differentialdiagnose von MIH und MMH umfasst erblich bedingte Strukturanomalien und andere Schmelzdefekte, die während der Amelogenese verursacht werden. Zu den erblich bedingten Strukturanomalien gehört die Amelogenesis imperfecta (AI), ein genetisch bedingter Defekt, der als generalisierte Fehlbildung alle Zähne einer oder beider Dentitionen betrifft (Aldred et al., 2003). Bei der AI werden die Formen der Hypoplasie, Hypomaturation und Hypokazifikation unterschieden. Das Verteilungsmuster unterscheidet die AI von der lokalisierten MIH. Dabei ist die hypoplastische Form am häufigsten.

Die ebenfalls genetisch bedingte Dentinogenesis imperfecta (DI) ist als primär das Dentin betreffende Erkrankung durchweg gut von der MIH oder MMH abzugrenzen. Auch bei der DI sind als vererbare Fehlbildung des Dentins beide Dentitionen betroffen. Die Kronen weisen bernsteinfarbige Verfärbungen mit ungewöhnlicher

Transluzenz des Dentins auf, insbesondere bei Milchzähnen. Die Zähne können aber auch unauffällig oder braun gefärbt sein.

Bei Schmelzdefekten, die während der Schmelzbildung entstehen, bezieht die Differentialdiagnose die Hypoplasie ein, die ein quantitativer Defekt ist. Wie bereits mehrfach erwähnt ist die MIH demgegenüber eine Hypomineralisation und damit ein qualitativer Defekt.

Eine wichtige Differentialdiagnose ist die Dental- oder Schmelzfluorose. Diese kann durch chronisch überdosierte systemische Fluoridexposition, insbesondere im Rahmen einer unkontrollierten Mehrfachanwendung von systemischen Fluoridierungsmaßnahmen (Trinkwasser, Tabletten oder fluoridiertes Speisesalz) während der Phase der Schmelzbildung und Schmelzreifung verursacht werden. Auch lokale Fluoridierungsmethoden können zur Dentalfluorose führen, wenn die Fluoridierungsmittel von Kleinkindern in erhöhter Konzentration wiederholt verschluckt werden. Je nach Ausprägungsgrad weisen die betroffenen Zähne feine weiße Linien, Flecken oder opak-weiße und braune Opazitäten auf, die den Verlauf der Perikymatien akzentuieren. Diese Opazitäten unterscheiden sich jedoch von den umschriebenen Opazitäten, die durch Hypomineralisation verursacht werden (Weerheijm et al., 2003). Hauptunterscheidungsmerkmal ist die scharfe Abgrenzung der MIH vom gesunden Zahnschmelz (Weerheijm et al., 2014), während im Gegensatz hierzu die Fluorose durch diffus zum gesunden Schmelz hin auslaufende Opazitäten gekennzeichnet ist. Fluorotischer Zahnschmelz wie auch der Schmelz bei AI enthält keine erhöhten Anteile an Albumin.

Initiale kariöse Läsionen (white spots) unterscheiden sich von den umschriebenen Opazitäten der MIH in Bezug auf ihre Lokalisation im Zahn und die Ätiologie (Chawla et al. 2008). Sie entstehen hauptsächlich an Karies-Prädilektionsstellen (Fissuren und Grübchen, Approximalbereiche und am Gingivarand).

Eine Schädigung eines in Entwicklung befindlichen bleibenden Zahnes, insbesondere Frontzahnes, kann durch ein Trauma des vorhergehenden Milchzahnes erfolgen („Milchzahntrauma“). Diese Defekte kommen vermehrt im oberen Frontzahnbereich vor. Die Schmelzveränderungen können die gesamte Schmelzdicke betreffen, und die Farbe der Strukturanomalien kann weiß bis gelblich-braun sein (Heinrich-Weltzien, 2020).

Darüber hinaus können Verfärbungen von Milch- und bleibenden Zähnen durch die Einnahme von Tetracyclin während der Mineralisation der Zahnkeime verursacht werden. Die Verfärbungen haben ein graues Erscheinungsbild und treten an den Stellen auf, die zum Zeitpunkt der Verabreichung des Antibiotikums mineralisiert wurden (Knapp und Nies, 2009). Aufgrund der typischen Farbe stellen die Tetracyclin-Verfärbungen aber keine reale Differentialdiagnose zur MIH und MMH dar.

Auch systemische Erkrankungen können sich am Zahnschmelz manifestieren. Dazu gehören Stoffwechselerkrankungen, gastrointestinale Störungen, Hypothyreodismus, Hypo-/Hypervitaminosen und Nierenerkrankungen (Meißner et al., 2020). Die Differentialdiagnose zur MMH bzw. MIH ergibt sich aus der systemischen Erkrankung.

2.6 Epidemiologie

Die in den vergangenen Jahrzehnten durchgeführten epidemiologischen Erhebungen dokumentieren im internationalen Maßstab Prävalenzraten von MIH zwischen 10 % und 30 % für Kinder und Jugendliche (Schwendicke et. al, 2018). In einer kürzlich veröffentlichten Übersicht, in die 116 Originalarbeiten eingeschlossen werden konnten, wurde die Prävalenz von MIH auf verschiedenen Kontinenten auf 13,5 eingeschätzt (Schiffner und Schwendicke, 2022). Epidemiologische Daten für den deutschsprachigen Raum liegen in etwa in der gleichen Größenordnung. Eine aktuelle repräsentative Untersuchung der MIH bei 12-jährigen Kindern in Deutschland hat jedoch ergeben, dass die MIH-Prävalenz 28,7 % ausmacht. Bei 23,3 % der Kinder war die MIH dabei auf umschriebene Opazitäten beschränkt, während 5,4 % der

Untersuchten mindestens einen posteruptiven Schmelzeinbruch oder dessen Behandlung aufgewiesen haben (Schiffner 2016). In einer Münchener Studie wurde bei 31,6 % der 10-Jährigen und 40,2 % der 15-Jährigen mindestens eine Hypomineralisation in der bleibenden Dentition gefunden (Kühnisch et al., 2021).

2.7 Präventionsansätze

Da die Ätiologie der MIH unbekannt ist, ist eine ursachengerichtete Prävention bislang nicht möglich. Dennoch werden im Zusammenhang mit der MIH regelmäßig Präventionsaspekte angesprochen. Gemeint ist hierbei die Prävention von Karies. Posteruptive Schmelzeinbrüche treten bei mindermineralisierten Schmelzarealen auf, die zuvor als Opazität imponiert haben. Dennoch ist auch eine Prävention des Schmelzverlustes praktisch nicht möglich.

Die erhöhte Kariesanfälligkeit ergibt sich daraus, dass die MIH-Areale bei Vorliegen von Schmelzeinbrüchen zusätzliche Retentionen für Zahnbeläge und Nahrungsreste darstellen, so dass es hier durch bakterielle Verstoffwechselung von Zuckern zur Säureeinwirkung auf den Zahnschmelz und im weiteren Verlauf zur Karies kommt. Erschwerend kann hinzukommen, dass MIH-Zähne oft eine erhöhte Sensibilität aufweisen, die auch bei Berührung mit der Zahnbürste als unangenehm empfunden werden kann. Dann werden gerade die MIH-Zähne nicht mit der erforderlichen Sorgfalt gereinigt.

Präventionsansätze für die MIH bedienen sich der allgemein üblichen Maßnahmen von Mundhygiene und Fluoridanwendung (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024). Ein weiterer Fokus liegt auf der Behandlung von Hypersensibilitäten. Darüber hinaus soll die Progression von Schmelzverlusten durch gezielte Behandlungen verhindert werden (Bekes, 2023).

2.8 Therapie von MIH-Zähnen

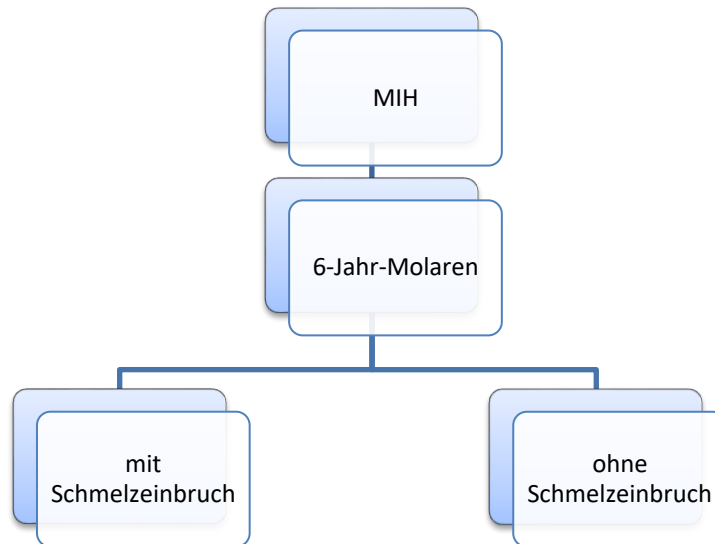
Die Therapiemöglichkeiten für Zähne, die von MIH betroffen sind, variieren je nach dem Alter des Kindes, dem Schweregrad und dem Vorhandensein von Symptomen (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024).

Inzwischen bestehen umfangreiche Erfahrungen bezüglich der Versorgung von MIH betroffener Zähne im bleibenden Gebiss. Generell umfasst das Behandlungsspektrum Prophylaxe-Maßnahmen, restaurative Ansätze sowie die Extraktion. Dabei sind funktionelle und ästhetische Aspekte zu beachten. Abbildung 3 gibt einen Überblick über präventive und restaurative Maßnahmen an MIH-Zähnen.

Für betroffene Patienten sind eine frühzeitige Diagnose und Betreuung sehr wichtig. Das Prophylaxe-Programm umfasst regelmäßige Mundhygienesitzungen sowie die Verwendung von Fluoridpräparaten. Bei leichter Schmerzempfindlichkeit von MIH-betroffenen Zähnen können CPP-ACP-Präparate (Casein Phosphopeptid – amorphes Calciumphosphat) Anwendung finden (Ghanim et al., 2017). Stärkere Überempfindlichkeiten können bei Abwesenheit von Schmelzeinbrüchen mit einer Versiegelung behandelt werden.

Treten moderate oder ausgeprägte Schmelzeinbrüche auf, können restaurative Maßnahmen erforderlich werden. Bei unvollständiger Eruption des Molaren bietet sich die Applikation eines Glasionomerzementes an. Die Restauration sollte jedoch langfristig durch ein definitives adhäsives Material ersetzt werden.

Abb. 3: Therapieoptionen für MIH-Zähne



Präventiv	Fluoridierung Mineralisierung (CPP/ACP) Fissurenversiegelung
Restaurativ	Infiltration Glasionomerezement-Füllungen Komposit / Kompomer Füllungen Konfektionierte Kronen Gefräste Keramiken

Bei der adhäsiven Füllungstherapie von MIH-Zähnen gibt es zwei Vorschläge bezüglich der Positionierung des Restaurationsrandes: a) Entfernung des gesamten defekten Schmelzes (William et al., 2006) und b) Entfernung nur des stark porösen Schmelzes (Lygidakis et al., 2003). Die Entscheidung hängt wesentlich von dem Defektumfang und der Kooperationsfähigkeit des Kindes ab. An kleinflächigen

moderaten Defekten kann ein minimalinvasives Kavitätdesign genutzt werden, so dass der adhäsive Defektverschluss im Vordergrund des Managements steht. Mit zunehmender Defektgröße gewinnt die Gestaltung einer suffizienten Umrisskavität an Bedeutung, um die Wahrscheinlichkeit von Teil- oder Totalverlusten zu reduzieren. Aus klinischer Sicht trägt dazu sowohl die weitgehende Entfernung hypomineralisierter Zahnhartsubstanz als auch die Lage der Kavitätengrenzen im gesunden Zahnschmelz bei, da der adhäsive Verbund zu hypomineralisiertem Schmelz verringert ist (Kühnisch et al., 2018).

Liegen ein größerer Substanzverlust und massive Hypersensibilitäten vor, kann in der frühen Wechselgebissphase zum Erhalt der betroffenen Molaren als Therapieoption zunächst die Eingliederung einer konfektionierten Stahlkrone als Langzeitprovisorium gewählt werden [Zagdwon et al., 2002]. Zudem können die Extraktion der ersten bleibenden Molaren und eine anschließende kieferorthopädische Behandlung in Betracht gezogen werden. Dies ist besonders in folgenden Situationen abzuwägen:

- bei exzessivem und rasch fortschreitendem Substanzverlust (Fayle, 2003),
- nach wiederholten erfolglosen (konservierend-prothetischen) Behandlungen,
- bei nicht-kontrollierbarer endodontischer oder parodontaler Problematik (Weerheijm et al., 2001),
- bei starker Hypersensibilität und dadurch eingeschränkter Mundhygiene (Fayle, 2003).

Die MIH-Therapie bleibender Inzisiven erfolgt gelegentlich vorwiegend aufgrund ästhetischer Aspekte. Kompositrestaurationen stellen den Standard dieser Versorgung dar. Selten werden auch die Mikroabrasion sowie eine von Wright (2002) vorgeschlagene "etch-bleach-seal"-Technik angewendet.

2.9 Milchmolaren-Hypomineralisation (MMH)

Erst seit Kürzerem ist bekannt, dass neben der MIH im bleibenden Gebiss auch Milchzähne die gleiche Symptomatik aufweisen können. Die Schmelzhypomineralisationen entsprechen den Strukturdefekten der MIH im bleibenden Gebiss und können ebenfalls als Opazität oder abgeplatzter Schmelz in Erscheinung treten. In besonderem Maße sind hier oft die Milchmolaren betroffen. Hierfür wurde der Begriff der „Milchmolaren-Hypomineralisation“ (MMH) vorgeschlagen (Elfrink, 2012). Im angloamerikanischen Sprachgebrauch werden die Begriffe “Deciduous Molar Hypomineralisation” (DMH) oder, bezogen auf die zweiten Milchmolaren, “Hypomineralised Second Primary Molars” (HSPM) verwendet (Weerheijm et al., 2003). Die Definition der DMH von Elfrink und von Weerheijm beziehen sich nur auf zweite Milchmolaren. Es handelt sich hierbei um eine der MIH entsprechende Entwicklungsstörung im Zahnschmelz der zweiten Milchmolaren, wobei ein bis alle vier dieser Zähne die Symptomatik aufweisen können (Elfrink et al., 2008). Aufgrund der unterschiedlichen Begriffe und der damit verbundenen Definitionen sind Vergleiche von Prävalenzangaben mitunter erschwert.

2.9.1 Erscheinungsbild der MMH und klinische Merkmale

Betroffene Milchmolaren weisen ein MIH-ähnliches Erscheinungsbild auf, das als deutlich abgegrenzte weiß-cremige bis gelb-braune Opazität, als umschriebener oder als umfassenderer Schmelzdefekt imponieren kann (Weerheijm, 2003). Der hypomineralisierte Schmelz enthält wie auch MIH-Zähne weniger Mineralien. Häufig kommt es deshalb zu einem post-eruptiven Schmelzverlust verbunden mit einer raschen Kariesprogression und Hypersensitivität (Elfrink, 2012). Die Abbildungen 4 bis 6 illustrieren typische Erscheinungsbilder von MMH-Zähnen (Abb. 5 und 6 © und mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Ulrich Schiffner).

Abb. 4: Schwerer MMH-Defekt in einem zweiten Milchmolaren



Abb. 5: Umschriebene Opazität an Zahn 73 und Schmelzeinbruch bei 75



Abb. 6: Opazität an Zahn 73



2.9.2 Ätiologie der MMH

Die Odontogenese der zweiten Milchmolaren beginnt fast gleichzeitig mit derjenigen der ersten bleibenden Molaren und Inzisiven, aber die Reifung der Milchzähne erfolgt im Vergleich zu den bleibenden Zähnen schneller (Butler et al., 1967). Tabelle 4 gibt die Stadien der Zahnentwicklung für jede Zahnart im Milchgebiss wieder (Logan und Kronfeld, 1933; Schuurs, 2012).

Tabelle 4: Entwicklungszeiten der Zähne des Milchgebisses in Lebensmonaten (M) bzw. -jahren (Logan und Kronfeld, 1933; Schuurs, 2012)

Zahn	Erste Verkalkung	Krone vollständig	Durchbruch	
			OK	UK
Zentraler Schneidezahn	3-4 M in utero	1-4 M	6-10 M	5-8 M
Seitlicher Schneidezahn	4,5 M in utero	2-5 M	8-12 M	7-10 M
Eckzahn	5,5 M in utero	9 M	16-20 M	16-20 M
Erster Molar	5 M in utero	6 M	11-18 M	11-18 M
Zweiter Molar	6 M in utero	10-12 M	20-30 M	20-30 M

Aufgrund der Überlappung des Entwicklungsprozesses der zweiten Milchmolaren und der ersten bleibenden Molaren kann es gleichzeitig sowohl im Milch- als auch im bleibenden Gebiss zu einer entwicklungsbedingten Hypomineralisation kommen, wenn diese Zähne während der Überlappungszeit dem gleichen ätiologischen Affekt ausgesetzt sind (Aine et al., 2000). Nach Elfrink et al. (2012) haben Kinder mit MMH daher ein erhöhtes Risiko, MIH zu entwickeln (OR 4,4, 95% CI: 3,1-6,4), und MMH kann als hilfreicher klinischer Prädiktor für MIH verwendet werden. Eine neuere Studie von Mittal und Sharma (2015) ergab für das Auftreten von MIH bei Kindern mit MMH eine Odds Ratio von 7,82, und eine weitere Studie von Negre-Barber et al. (2016) zeigte mit 18,2 ein noch höheres Odds Ratio auf (95% CI 9,39-35,38).

Wie bei der MIH ist die Ätiologie der MMH nicht durch einen spezifischen Faktor bedingt. Prinzipiell kommen für MMH und MIH die gleichen Einflussfaktoren in Betracht. Mehrere schädigende Faktoren können die Schmelzentwicklung beeinflussen, sich addieren oder synergistisch wirken und das Risiko einer Hypomineralisation erhöhen (Lygidakis et al. 2010). Beentjes et al. (2002) vermuten, dass die Faktoren einen Grenzwert erreichen müssen, bevor Schmelzdefekte verursacht werden.

Da die Entwicklung der zweiten Milchmolaren früher beginnt als die Entwicklung der ersten bleibenden Molaren und Inzisiven, müssen die schädigenden Einflüsse bei der MMH oder bei Hypomineralisationen anderer Milchzähne früher im Leben aufgetreten sein als bei der MIH. So scheinen prä- und perinatale Faktoren, denen bei der MIH ein nur geringer Einfluss zuerkannt wird, bei der MMH von größerer Bedeutung zu sein (Alaluusua et al., 2010; Ghanim et al., 2012). In diesem Kontext wurden drei Studien über prä- und perinatale MMH-Faktoren veröffentlicht. Es stellt sich heraus, dass medizinische Probleme während der Schwangerschaft und/oder der Geburt mit einer MMH verbunden können. 94% der Kinder mit MMH haben demnach mindestens ein medizinisches Problem gehabt, von denen 24,5% pränatal, 45,3% perinatal und 9,4% postnatal aufgetreten sind (Elfrink et al., 2014). Das Risiko für MMH scheint umso

höher zu sein, je größer die Zahl der allgemeinmedizinischen Probleme ist (Ghanim et al., 2012b; Elfrink et al., 2013; Elfrink et al., 2014). Ethnizität, mütterlicher Alkoholkonsum während der Schwangerschaft, Lebensstil und sozioökonomischer Status werden mit MMH in Verbindung gebracht (Elfrink et al., 2013). Es besteht jedoch kein Zusammenhang zwischen MMH und dem Einnehmen von Antibiotika sowie von antiallergischen oder antiasthmatischen Medikamenten während der Schwangerschaft (Elfrink et al., 2013; Elfrink et al., 2014).

Auch ein niedriges Geburtsgewicht ist oft mit MIH assoziiert. Dennoch scheint das niedrige Geburtsgewicht kein direkter Einflussfaktor für MMH zu sein. Es besteht wahrscheinlich eine Wechselbeziehung mit anderen Faktoren, die mit dem Gesundheitszustand der Mutter in Zusammenhang stehen. Hingegen könnten fieberhafte Infektionskrankheiten des Kindes für die MMH eine Rolle spielen, da Fieberschübe im ersten Lebensjahr von Elfrink et al. (2014) als Risikofaktor für MMH identifiziert wurden.

Adäquate Forschung (prospektive Studie, große Zielgruppe, Langzeit-Follow-up) zu diesem Thema ist sehr aufwändig. So bleibt es bislang bei der Beschreibung vielfältiger Assoziationen von Einflussfaktoren und dem Auftreten von MIH und MMH, ohne dass eine Kausalität zwingend nachgewiesen worden wäre. Da die Entwicklung von MMH deskriptiv mit vielen verschiedenen Faktoren in Zusammenhang steht, wird bei der MMH ebenso wie bei der MIH ein multifaktorieller Hintergrund als wahrscheinlichster Erklärungsansatz angesehen (Elfrink et al., 2012).

2.9.3 Differentialdiagnose

Für eine hinreichend sichere Diagnose ist eine gründlich Anamnese ausschlaggebend. Exogene sowie andere endogen bedingte Strukturanomalien sollten ausgeschlossen werden. Zu pränatalen schädigenden Einflüssen, die ca. ab dem 6. Monat in utero Strukturanomalien der Zähne verursachen können, zählen Mangelernährung, Diabetes mellitus oder auch Syphilis. Ebenso können perinatale

Entwicklungsstörungen wie Atemnot, Frühgeburt oder Ikterus eine negative Auswirkung auf die Zahnentwicklung des Kindes haben.

2.9.4 Therapie der MMH

Für hypomineralisierte Milchmolaren stehen verschiedene Therapieoptionen zur Verfügung, die den Maßnahmen bei der MIH entsprechen. Das Spektrum reicht von prophylaktischen Maßnahmen (z.B. Fluoridierung, gezielte Mundhygiene), mikroinvasiven Verfahren (z.B. Infiltration), restaurativen Behandlungen mit Glasionomerkementen, adhäsiven Komposit- oder Kompomer-Füllungen, Stahlkronen bis hin zu Extraktionen (Elhennawy et al., 2016). Dabei ist zu beachten, dass Milchzähne bis zur natürlichen Exfoliation erhalten werden sollten, da sie zur Okklusionseinstellung, Kauleistung, Phonation, Ästhetik sowie zur optimalen Knochenentwicklung beitragen (Quintero et al., 2019). Die Auswahl der Maßnahme orientiert sich am Alter des Patienten, dem Schweregrad der Hypomineralisierung, der Schmerzsymptomatik, der geplanten Behandlungsmodalität sowie den Erwartungen des Patienten und seiner Eltern (Elhennawy et al., 2017).

2.9.5 Epidemiologie

Es gibt bislang erst vergleichsweise wenige Prävalenzstudien zur MMH. McCarra et al. (2022) konnten jedoch bereits eine Metaanalyse durchführen, in der 32 Studien mit Daten von 26.805 Kindern einbezogen wurden. Die Prävalenz betrug 6,80 % auf Kinderebene und 4,08% auf Zahnebene.

Tabelle 5 fasst einige international verfügbare Studien zusammen. Die in diesen Studien berichtete Prävalenz von MMH schwankt zwischen 0 und 41 %. Die Autoren sehen die Ursache hierfür zum Teil in unterschiedlichen Studienkohorten, aber auch in unterschiedlichen Erhebungskriterien (Schiffner und Schwendicke, 2022). MMH ist gleichmäßig zwischen den Geschlechtern verteilt (Elfrink et al., 2008)

Tabelle 5: MMH-Prävalenz in verschiedenen Ländern

Land	Prävalenz	Referenz
Niederlande	4,9 %	Elfrink et al. (2008)
Niederlande	21,8 %	Elfrink et al. (2009)
Niederlande	9 %	Elfrink et al. (2012)
Niederlande	9 %	Elfrink et al. (2013)
Irak	6,6 %	Ghanim et al. (2013)
Brasilien	20,14%	Costa-Silva et al (2014)
Deutschland	4,04%	Kühnisch et al (2014)
Indien	5,6 %	Mittal and Sharma (2015)
Nigeria	4,6 %	Teminola et al. (2015)
Nigeria	5,8%	Oyedele et al. (2016)
Spanien	14, 8%	Negre-Barber et al (2016)
Indien	4,88%	Mittal et al. (2016)
Deutschland	1,97 %	Wagner (2017)
Melbourne	14,1%	ML Owen et al. (2017)
Brasilien	6,48%	Da Silva et al. (2017)
Toronto	5,2%	Sidhu et al. (2019)
Chile	5%	Gambetta et al. (2019)
Syrien	41%	Halal et al. (2020)
Brasilien	13,7%	Reyes et al. (2020)
Deutschland	3,97%	Elger et al. (2020)
Deutschland	0,0%	Schüttfort et al (2020)
Deutschland	6,8%	Gaballah et al (2025)

Eine der Studien mit auffallend hohen Prävalenzraten (21,8 %) basiert auf einer kleinen Zufallsstichprobe von 62 Kindern (Elfrink et al., 2009). In Syrien wurde eine Prävalenz von 41% festgestellt, was deutlich höher ist als in den übrigen Studien. Dies könnte auf die Verwendung unterschiedlicher Kriterien für die Klassifizierung der MMH und den Unterschied in der Altersgruppe der rekrutierten Gruppen zurückzuführen sein. Aus Deutschland liegen bisher fünf Studien zur Prävalenz von MMH mit niedrigen Angaben zwischen 0% und 6,8% vor.

2.9.6 Forschungsfrage

Es liegen bislang keine Daten über die MMH-Prävalenz in Hamburg vor. Mit der vorliegenden Untersuchung sollen derartige Daten erstmalig generiert werden. Mit Bezug auf die Hypomineralisation von Milchzähnen wird in einigen neueren Publikationen zudem über andere Zähne als Milchmolaren berichtet, die umschriebene Opazitäten oder Schmelzdefekte aufweisen können (Wagner 2017). Daher soll in dieser Studie die Prävalenz von MMH-entsprechenden Befunden bei Hamburger Kita-Kindern für das gesamte Milchgebiss erfasst werden. Es soll zudem untersucht werden, ob der Bildungslevel der Eltern sowie ein Migrationshintergrund mit der MMH-Prävalenz korrelieren.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign und Stichprobenziehung

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum von Juli bis Dezember 2016 in Tageseinrichtungen für Kinder im Hamburger Stadtgebiet durchgeführt. Es wurden Kinder im Alter von 3 - 6 Jahren in die Untersuchung einbezogen. Die Studie wurde mit organisatorischer Unterstützung der Landesarbeitsgemeinschaft zur Förderung der Jugendzahnpflege in Hamburg e.V. (LAJH) durchgeführt. Die LAJH arbeitet auf der gesetzlichen Grundlage des § 21 SGB V und organisiert Maßnahmen der Gruppenprophylaxe bei Kindern und Jugendlichen in Hamburg.

Die Stichprobenziehung der Betreuungseinrichtungen wurde in Absprache mit und durch die LAJH veranlasst. Die MIH-Erhebung erfolgte im Zuge einer Studie zur Aktualisierung der Daten über die Kariesprävalenz und Karieserfahrung bei Vorschulkindern in Hamburg (Schulz 2020). Die Untersuchung erfolgte in Anlehnung an vorausgegangene Untersuchungen der Jahre 1977/78, 1987, 1993, 1998 und 2006 von Hamburger Kindergartenkindern (Gülzow et al., 1980; Schiffner und Gülzow, 1988; Burghardt, 1995; Steegmann et al., 2007) und sollte nach Möglichkeit dieselben Einrichtungen wie bei den vorhergehenden Studien einschließen. Zur Gewährleistung der Repräsentativität waren die Kindergärten gleichmäßig über Hamburg verteilt und sollten die gesamte demographische Skala umfassen. Allerdings folgte nur eine begrenzte Anzahl von Kindergärten der Einladung zur Teilnahme an der Untersuchung. Aus diesem Grund wurde eine zweite Stichprobenliste erstellt, die ebenfalls alle Stadtteile Hamburgs umfasste. Die Kindergärten wurden aus einer Liste aller 984 Kindergärten ausgewählt, die unter der Betreuung der LAJH stehen, indem jeder 24. Kindergarten einbezogen wurde.

Nach der Stichprobenziehung kontaktierte die LAJH die Leiterinnen jedes ausgewählten Kindergartens mit einem gemeinsam verfassten Brief und informierte über das Ziel der Studie und die geplante Vorgehensweise. Wenn die Kindergärten der Teilnahme zustimmten, erhielten die Eltern ein Informationsblatt über die

Untersuchung und eine Einverständniserklärung über die Teilnahme ihres Kindes. Die Formulare wurden von der LAJH zur Verfügung gestellt und von den jeweiligen Kindergärtnerinnen verteilt. Das Formular sollte ausgefüllt, von den Eltern unterschrieben und am Tag der Untersuchung bei den Erzieherinnen abgegeben werden.

Die Untersuchungstermine wurden mit den Kindergärten, die sich zur Teilnahme an der Studie bereit erklärten, telefonisch vereinbart. Innerhalb der ausgewählten Institutionen fand eine Untersuchung in allen Kindergartengruppen statt.

3.2 Fragebögen

Zusammen mit dem Informationsblatt und der Einverständniserklärung wurden die Eltern um die Beantwortung von Fragen zu soziodemografischen und kariesrelevanten Inhalten gebeten, um die Untersuchungsergebnisse (primär bezüglich Karies) auf diese Parameter beziehen zu können. Neben Alter und Geschlecht der Kinder wurden der Schulabschluss und ein Migrationshintergrund der Eltern erfragt (siehe Anhang 12.1). Der Schulabschluss gilt in der Sozialforschung neben dem Beruf und dem Einkommen als Kriterium zur Zuordnung von Personen in die einzelnen Sozialschichten der Ober-, Mittel- und Unterschicht.

Weitere Fragen betrafen die Fluoridaufnahme in den ersten Lebensjahren (Tabletten, Speisesalz), die verwendete Zahnpasta, die Zahnputzhäufigkeit am Tag sowie den Zeitpunkt des ersten Zahnarztbesuches.

Die ausgefüllten Elternfragebögen wurden den Untersuchern zusammen mit der Einverständniserklärung vor Beginn der klinischen Untersuchung vorgelegt. Der obere Teil des Fragebogens, auf dem der Name des Kindes worden war, wurde vor der Untersuchung vom Blatt abgetrennt, um eine anonyme Datenerfassung zu gewährleisten.

In dem Fall, dass vom Untersucher umschriebene Opazitäten an den Milchzähnen erkannt wurden, wurde das Kind weiter gefragt, ob es beim Zähneputzen oder bei täglichen Aktivitäten Schmerzen hatte, um eine mögliche Überempfindlichkeit zu dokumentieren. Die folgenden standardisierten Fragen wurden allen Kindern gestellt, um das Vorliegen oder Fehlen von Beschwerden zu ermitteln:

- Tun dir die Zähne weh, wenn Mama oder Papa dir die Zähne putzt?
- Tun dir die Zähne weh, wenn du etwas Kaltes isst oder trinkst?

3.3 Klinische Untersuchung

3.3.1 Kalibrierung der Untersucherinnen

Die Untersucherinnen waren im Vorfeld zur Studie gemäß den Empfehlungen des Arbeitskreises Epidemiologie und Public Health (AKEPH) der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) durch den Studienleiter kalibriert worden, um die Reliabilität der Ergebnisse zu gewährleisten (Schiffner et al. 2010). Zunächst wurden die Untersucherinnen durch schriftliche Informationen des Studienleiters geschult. Das klinische Training fand dann mit einzelnen Patienten in der Zahnklinik statt. Diese Patienten wurden sowohl vom Betreuer als auch von den Untersucherinnen untersucht.

3.3.2 Befundung

In der Regel konnte jeden Morgen nur ein Termin mit einem Kindergarten vereinbart werden, da die Einrichtungen oft weit voneinander entfernt lagen und die möglichen Besuchszeiten aufgrund des Tagesablaufs in der Einrichtung (Ankunft der Kinder, Frühstück, Mittagessen, Schlafenszeit etc.) begrenzt waren.

Die klinische Untersuchung wurde am häufigsten in einem der vorhandenen Kindergartenräume durchgeführt, da es offensichtlich war, dass die Kinder in einer ihnen vertrauten Umgebung tendenziell kooperativer sind. Die mutigsten Kinder spielten eine Vorbildfunktion für die zurückhaltenderen Kinder. Auf spielerische Art und

Weise wurde ihre Neugierde geweckt. Sie durften mit den Spiegeln und den Watterollen spielen und auch die Untersuchungshandschuhe ausprobieren. So überwand die meisten Kinder ihre anfängliche Schüchternheit.

Alle Kinder, die bei Vorliegen der elterlichen Einverständniserklärung für die Teilnahme an der Studie in Betracht kamen, wurden für die Untersuchung ihrer Zähne in kleinere Gruppen aufgeteilt. Die Befundaufnahme wurde von zwei kalibrierten Untersucherinnen durchgeführt. Eine Untersucherin untersuchte jeweils die Kinder und die andere dokumentierte die Befunde auf einem Datenerfassungsformular (siehe Anhang 12.2).

Die 3- bis 6-jährigen Kinder saßen auf einem transportablen Untersuchungsstuhl, der mit einer 50W-Lichtquelle ausgerüstet war (Waldmann-Leuchte, Villingen-Schwenningen; 35 W). Die klinische Untersuchung erfolgte mit einem sterilen Dentalspiegel und Watterollen zur Reduzierung von umfangreichem Speichelfluss sowie zur Entfernung von Ablagerungen. Wenn bei unklaren Schmelzabplatzungen taktile Befunde erforderlich waren, wurden diese mit einer stumpfen Parodontalsonde erhoben. Jeder Zahn, der vollständig in den Mund durchgebrochen war, wurde auf umschriebene Opazitäten oder Schmelzabplatzungen untersucht.

Vor Beginn der Untersuchung wurden das Datum, der Name der Einrichtung, eine Seriennummer des untersuchten Kindes, das Alter, das Geschlecht und das Vorliegen von visuell mit bloßem Auge erkennbarer Plaque auf den bukkalen Flächen der Frontzähne notiert. Die Fragebögen der Eltern wurden dem jeweiligen Kind zugeordnet und mit der gleichen Seriennummer versehen wie der Erhebungsbogen der Untersuchung. Um die Anonymität der Teilnehmer zu wahren, wurde der Name des Kindes aus jeder Einverständniserklärung herausgeschnitten.

Die Erzieherinnen und Erzieher waren während der gesamten Untersuchung zur Unterstützung anwesend. Es wurde keine Behandlung durchgeführt. Die meisten Kinder ließen sich – nicht zuletzt auch dank der Vorbereitung und mit der

Unterstützung durch die Erzieherinnen und Erzieher - ohne Schwierigkeiten begutachten, auch wenn dies ihr erster zahnärztlicher Kontakt war. Nach der Untersuchung wurde den Eltern jedes Kindes ein Zettel ausgeteilt, auf dem vermerkt war, ob eine zahnärztliche Behandlung erforderlich war.

3.4 Dokumentation

Diese Untersuchung zur Prävalenz von DMH bei Vorschulkindern wurde im Rahmen einer Studie zur Kariesprävalenz bei Kindern unter 6 Jahren in Hamburg durchgeführt. Die Karieserfahrung auf Zahn- und Zahnflächenebene wurde anhand des dmf-Indexes bewertet. Bei den Milchmolaren wurden fünf Flächen untersucht, bei den Inzisiven und Eckzähnen vier. Für die Dokumentation der klinischen Untersuchungsergebnisse wurde ein speziell entworfener Untersuchungsbogen verwendet. Alle Zähne, die mindestens bis zur Höhe des Zahnäquators durchgebrochen waren, wurden gemäß den WHO-Empfehlungen (WHO 2013) untersucht. Darüber hinaus wurden auch präkavitierte Läsionen erfasst. Das genaue Vorgehen der Karieserhebung ist bei Schulz (2020) beschrieben.

Für die MMH-Dokumentation erfolgte nach der Kariesuntersuchung eine zweite, unabhängige Beurteilung der Milchzähne. Alle Zähne wurden auf MMH-Befunde untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem gesonderten Schema im Untersuchungsbogen bezogen auf Zahnflächen erfasst (siehe Anhang 12.2). Der Schweregrad der Hypomineralisationen wurde anhand der von Wetzel und Reckel 1991 vorgeschlagenen Kriterien und Klassifikation für MIH-Zähne bewertet (Tabelle 6). Die Kriterien wurden im Hinblick auf Restaurationen aufgrund von MMH modifiziert (Tabelle 7).

Tabelle 6: MIH-Klassifizierung nach Wetzel und Reckel (1991)

Grad 1	Einzelne weiß-cremig bis gelb-braune Verfärbungen
Grad 2	Verfärbungen und leichtere Veränderungen der Kronenmorphologie durch Schmelzdefekte
Grad 3	Ausgeprägte gelb-braune Verfärbungen und große Defekte der Kronenmorphologie.

Tabelle 7: In der Studie verwendete Einteilung der MMH-Defekte.

1	Opazitäten
2	Umschriebene Schmelzdefekte
2a	Kleine atypische Restauration, wahrscheinlich aufgrund von MMH
3	Ausgeprägte, schwere Schmelzdefekte
3a	Große atypische Restauration, wahrscheinlich aufgrund von MMH
4	Andere Strukturanomalien als MMH.

3.5 Datenverarbeitung und Statistik

Alle Daten wurden auf den Fragebögen als Zahlen codiert. Sie wurden anschließend in eine Excel-Tabelle (Microsoft Office 2003) übertragen und später in das SPSS-Programm zur statistischen Analyse importiert (SPSS für Windows, Version 22, IBM SPSS Statistics, Armonk, USA). Für Plausibilitätsüberprüfungen wurden zunächst Häufigkeitszählungen durchgeführt.

Kinder wurden als Kinder mit Schmelzhypomineralisation betrachtet, wenn mindestens ein Milchzahn einen der in Tabelle 7 aufgeführten klinischen Befunde aufwies. Im Falle der Koexistenz von mehr als einem klinischen Zeichen der Schmelzhypomineralisation bei ein und demselben Zahn wurde der Zahn entsprechend der schwersten MMH-Form kategorisiert.

Es wurden deskriptive Analysen durchgeführt, um die Prävalenz der Schmelzhypomineralisation und die Verteilung der klinischen Daten zu bestimmen. Hierbei wurden entsprechend der in der Literatur vorhandenen unterschiedlichen epidemiologischen Erfassung dieser Defekte getrennte Berechnungen für die zweiten Milchmolaren, alle Milchmolaren, für die Milch-Front- und Eckzähne sowie für das gesamte Milchgebiss durchgeführt.

Der Zusammenhang zwischen Schmelzhypomineralisation und den unabhängigen Variablen "Geschlecht", „SES“ und "Migrationshintergrund" wurde mit dem Chi-Quadrat-Test von Pearson ermittelt.

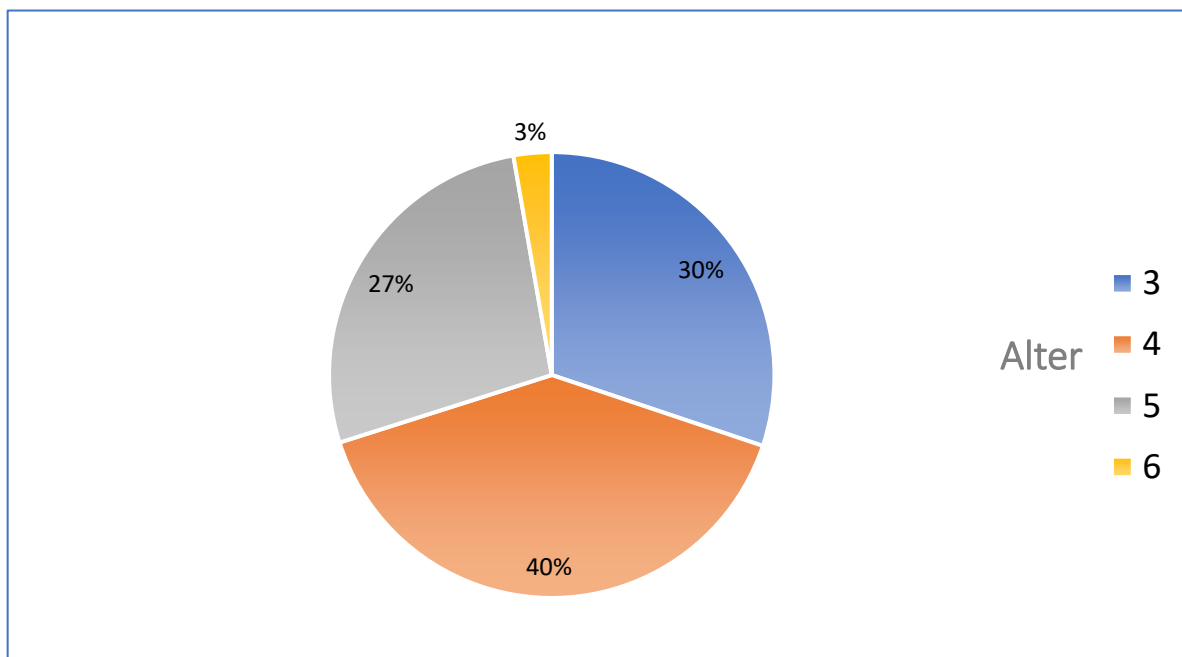
Zur Errechnung der Kariesdaten sei auf die Publikation von Schulz (2020) verwiesen, der diese Daten entnommen wurden. Für die Kinder, die in die vorliegende Untersuchung zur Prävalenz von Hypomineralisationen eingeschlossen waren, wurden Kariesprävalenz und Karieserfahrung gezielt nachberechnet. Zur Darstellung der Karieslast in Abhängigkeit der Sozialschichtzugehörigkeit wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet, da die Karieserfahrung nicht-parametrisch verteilt war. In der Studiauswertung wurde dann die Karieslast bei Kindern mit und ohne entwicklungsbedingte Schmelzhypomineralisationen verglichen. Hierzu wurde neben dem χ^2 -Test der Mann-Whitney-Test angewendet. Mit dem gleichen Testverfahren wurde die mittlere Anzahl an Zähnen mit entwicklungsbedingten Defekten für Kinder mit bzw. ohne Karieserfahrung statistisch verglichen. Die durchschnittliche Karieserfahrung und die mittlere Anzahl an Zähnen mit Entwicklungsdefekten wurden zur Überprüfung von Zusammenhängen mittels Korrelationsanalyse nach Pearson einander gegenübergestellt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit p für die gefundenen Zusammenhänge wurde jeweils dann als signifikant eingestuft, wenn ein α -Wert kleiner als 5% ($p < 0,05$) errechnet wurde.

4 Ergebnisse

4.1 Stichprobe

Es wurden Daten von 406 Kindern aus 23 Kindergärten erhoben. 8 der Kinder waren 2 Jahre alt, diese Kinder wurden von den weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Insgesamt wurden also 398 Vorschulkinder im Alter von 3-6 Jahren in die statistischen Auswertungen einbezogen. Die Stichprobe setzte sich aus 199 Jungen und 199 Mädchen zusammen. Während die Stichprobe in Bezug auf das Geschlecht gleichmäßig verteilt war, war die Streuung nach dem Alter ungleichmäßig. 30,2% (n=120) der Kinder waren 3 Jahre alt, 39,9% (n=159) waren 4 Jahre alt und 27,1% (n=108) waren 5 Jahre alt. Die 6-jährigen Kinder machten nur 2,8% (n=11) der Untersuchungss Stichprobe aus (Abb. 7)

Abb. 7: Verteilung der Stichprobe nach Alter (in Jahren)

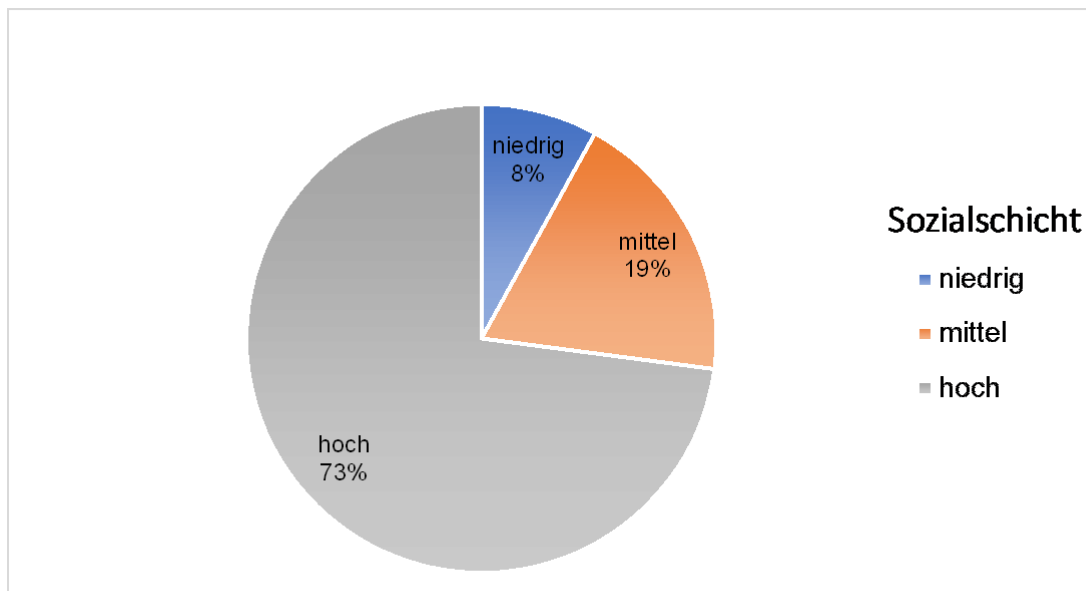


Der sozioökonomische Status der Kinder (SES) wurde entsprechend dem im Fragebogen abgefragten Bildungsgrad der Eltern in 3 Gruppen als hoher, mittlerer und

niedriger sozioökonomischer Status kategorisiert. Die Eltern von 62 Kindern (15,6 % der Gesamtkohorte) hatten ihren Schulabschluss nicht angegeben. Somit konnten die Ergebnisse in Verbindung mit dem SES bei 336 Kindern ermittelt werden.

Mehr als die Hälfte der Kinder (61,6 %, n=245) gehörten der hohen sozioökonomischen Schicht an, während nur 16,1 % (n=64) und 6,8 % (n=27) der mittleren bzw. niedrigen sozioökonomischen Schicht angehörten (Abb. 8.)

Abb. 8: Verteilung der Studienstichprobe nach sozioökonomischem Status



In Bezug auf den Migrationshintergrund waren Angaben zu 341 Kindern vorhanden. Bei 57 Kindern (14,3% der Kohorte) hatten die Eltern keine Angaben zum Migrationshintergrund gemacht. Unter den Kindern mit gültigen Angaben zum Migrationshintergrund befanden sich 296 Kinder (86,8%) ohne und lediglich 45 Kinder (13,2%) mit Migrationshintergrund.

4.2 Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen

Die Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen wurde mehrfach in Bezug auf verschiedene Zahnkategorien berechnet. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse bezüglich zweiter Milchmolaren (HSPM), aller Milchmolaren (MMH), Inzisiven und Eckzähne sowie aller Milchzähne.

Tabelle 8: Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen

	Prävalenz bei zweiten Milchmolaren (HSPM)		Prävalenz bei Milchmolaren (MMH)		Prävalenz bei Inzisiven und Eckzähnen		Prävalenz bei allen Zähnen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Nicht betroffen	299	75,1	284	71,4	365	91,7	281	70,6
Betroffen	99	24,9	114	28,6	33	8,3	117	29,4

Die Chi-Quadrat-Statistik bestätigt, dass die Prävalenzen bei männlichen und weiblichen Kindern statistisch gleich sind (Tabelle 9).

Tabelle 9: Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (%) in Bezug auf das Geschlecht

	Prävalenz bei zweiten Milchmolaren (HSPM)		Prävalenz bei Milchmolaren (MMH)		Prävalenz bei Inzisiven und Eckzähnen		Prävalenz bei allen Zähnen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
männlich	51	25,6	62	31,2	17	8,5	64	32,2
weiblich	48	24,1	52	26,1	16	8,0	53	26,6
p (Chi²-Test)	0,728		0,268		0,856		0,226	

Ebenso ist die Prävalenz statistisch nicht unterschiedlich in Bezug auf das Alter der Kinder (Tabelle 10). Für diese Auswertung wurden die 6-Jährigen ausgeschlossen, da sich nur 11 6-jährige Kinder in der Stichprobe befanden.

Tabelle 10: Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (%) in Abhängigkeit vom Alter

	Prävalenz bei zweiten Milchmolaren (HSPM)		Prävalenz bei Milchmolaren (MMH)		Prävalenz bei Inzisiven und Eckzähnen		Prävalenz bei allen Zähnen	
Alter (Jahre)	n	%	n	%	n	%	n	%
3	38	31,7	42	35,0	9	7,5	42	35,0
4	32	20,1	38	23,9	11	6,9	40	25,2
5	27	25,0	32	29,6	13	12,0	33	30,6
p (Chi ² -Test)	0,088		0,127		0,302		0,200	

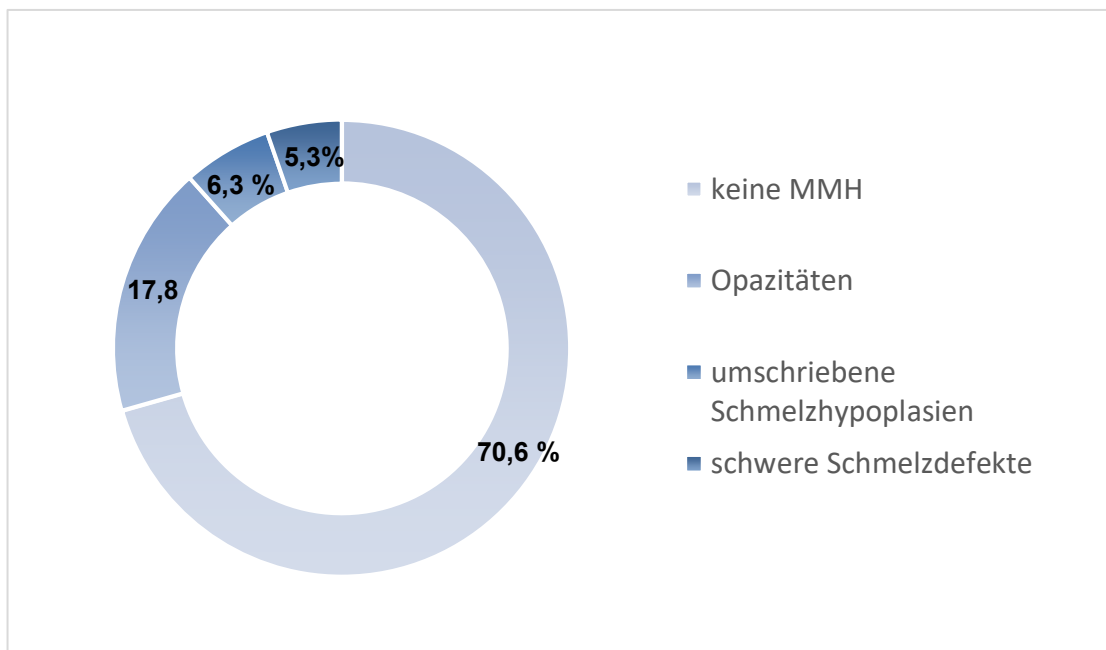
Der Schweregrad der Defekte war am häufigsten auf Opazitäten beschränkt. Opazitäten waren bei 71 Kindern (17,8%) die schwerste Form der Schmelzhypomineralisation, während umschriebene Defekte als schwerste MMH-Ausprägung bei 25 Kindern (6,3%) registriert wurden (Tabelle 11). Schwere Strukturverluste wurden bei 21 Kindern (5,3 %) beobachtet.

Tabelle 11: Maximale Defekt-Ausprägung nach verschiedenen Zahngruppen pro Kind

	Zweite Milchmolaren (HSPM)		Milchmolaren (MMH)		Inzisiven und Eckzähne		Alle Zähne	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Keine Hypomineralisation	299	75,1	284	71,4	365	91,7	281	70,6
Opazitäten	58	14,6	69	17,3	27	6,8	71	17,8
Umschriebene Schmelzhypoplasien	20	5,0	24	6,0	6	1,5	25	6,3
Erweiterte, schwere Schmelzdefekte	21	5,3	21	5,3	0	-	21	5,3

Abbildung 9 illustriert die Verteilung der schwersten beobachteten Form der Schmelzhypomineralisation, bezogen auf alle Kinder und in Bezug auf alle ihre Zähne.

Abb. 9: Maximaler Schweregrad der Schmelzdefekte pro Kind, bezogen auf alle Zähne



Das Vorkommen von entwicklungsbedingten Hypomineralisationen sowie die schwerste Form der registrierten Schmelzhypomineralisationen unterschied sich deutlich zwischen Inzisiven und Eckzähnen im Vergleich zu den Milchmolaren (Tabellen 8 und 11). In Bezug auf die Schneide- oder Eckzähne zeigten 27 Kinder mindestens einen Zahn mit einer umschriebenen Opazität (6,8% aller Kinder), während 6 Kinder (1,5%) einen umschriebenen Schmelzverlust aufwiesen. Kein Kind war von schwerem Schmelzverlust an seinen Milch-Inzisiven oder Milch-Eckzähnen betroffen. Im Gegensatz dazu wurden alle Schweregrade, einschließlich umschriebener und schwerer Defekte, häufiger bei den Milchmolaren beobachtet.

Die Verteilung der schwersten Form der Schmelzhypomineralisation war bei Jungen und Mädchen statistisch ausgeglichen. Dies gilt für alle Zahnkategorien, d.h. HSPM, MMH, Inzisiven und Eckzähne sowie für alle Zähne (p-Werte der Vergleiche im Chi²-Test: 0,782, 0,358, 0,702 bzw. 0,351).

Wenn die statistische Auswertung der maximalen Defektausprägung auf Kinder beschränkt wird, die mindestens einen Zahn mit einer umschriebenen Schmelzhypomineralisation aufweisen, wird die Prädominanz der Opazitäten als schwerste Form der Schmelzveränderung noch deutlicher (Tabelle 12). Bei 60,7% aller Kinder mit irgendeiner Art von Schmelzhypomineralisation geht die schwerste Form der Hypomineralisation nicht über das Niveau von Opazitäten hinaus, während sich bei 21,4% bzw. 17,9% dieser Kinder ein umschriebener oder schwerer Schmelzverlust als stärkste Zahnveränderung herausstellt. Bei den Milch-Inzisiven oder -Eckzähnen zeigten 27 Kinder mindestens einen Zahn mit einer umschriebenen Opazität (81,8% der betroffenen Kinder). Bei diesen Zähnen wurden als stärkste Defektausprägung lediglich umschriebene Schmelzverluste beobachtet, und dies betraf 6 Kinder (18,2% aller Kinder mit Hypomineralisationen an diesen Zähnen).

Tabelle 12: Schwerste Form der Schmelzhypomineralisation bei Kindern mit mindestens einer dieser Störungen in verschiedenen Zahnkategorien pro Kind

	Zweite Milchmolaren (HSPM)		Milchmolaren (MMH)		Inzisiven und Eckzähne		Alle Zähne	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Kinder mit jeder Art von Schmelzhypomineralisation	99	100	114	100	33	100	117	100
Opazitäten	58	58,6	69	60,5	27	81,8	71	60,7
Umschriebene Schmelzhypoplasien	20	20,2	24	21,1	6	18,2	25	21,4
Ausgedehnte Schmelzdefekte	21	21,2	21	18,4	0	-	21	17,9

Im Gegensatz zur statistisch ähnlichen Verteilung der schwersten Form der Schmelzhypomineralisation im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen zeigt sich mit zunehmendem Alter eine deutliche Verschiebung der Prävalenzen von Opazitäten hin zu umschriebenen oder ausgedehnten Schmelzdefekten (Tabelle 13).

Tabelle 13: Schwerste Form der Schmelzhypomineralisation in verschiedenen Zahnkategorien in Abhängigkeit vom Alter

	Alter 3 Jahre		Alter 4 Jahre		Alter 5 Jahre		p (Chi ² - Test)
	n	%	n	%	n	%	
Zweite Milchmolaren (HSPM)							
Keine Hypomineralisation	82	68,3	127	79,9	81	75,0	0,011
Opazitäten	28	23,3	18	11,3	10	9,3	
Umschriebene Schmelzhypoplasien	4	3,3	9	5,7	7	6,5	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	6	5,0	5	3,1	10	9,3	
Milchmolaren (MMH)							
Keine Hypomineralisation	78	65,0	121	76,1	76	70,4	0,009
Opazitäten	32	26,7	22	13,8	13	12,0	
Umschriebene Schmelzhypoplasien	4	3,3	11	6,9	9	8,3	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	6	5,0	5	3,1	10	9,3	
Inzisiven und Eckzähne							
Keine Hypomineralisation	111	92,5	148	93,1	95	88,0	0,182
Opazitäten	9	7,5	7	4,4	11	10,2	
Umschriebene Schmelzhypoplasien	0	-	4	2,5	2	1,9	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	0	-	0	-	0	-	
Alle Zähne							
Keine Hypomineralisation	78	65,0	119	74,8	75	69,4	0,015
Opazitäten	32	26,7	23	14,5	14	13,0	
Umschriebene Schmelzhypoplasien	4	3,3	12	7,5	9	8,3	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	6	5,0	5	3,1	10	9,3	

Der altersbedingte Unterschied ist statistisch signifikant in Bezug auf die Milchmolaren und alle Milchzähne, aber nicht für Inzisiven und Eckzähne. Werden die Kinder ohne einen einzigen Zahn mit MMH von der statistischen Analyse ausgeschlossen, so verändern sich die Irrtumswahrscheinlichkeiten bezüglich der Verteilung der MMH-Schweregrade in den Altersgruppen im Chi²-Test nur geringfügig (Tabelle 14).

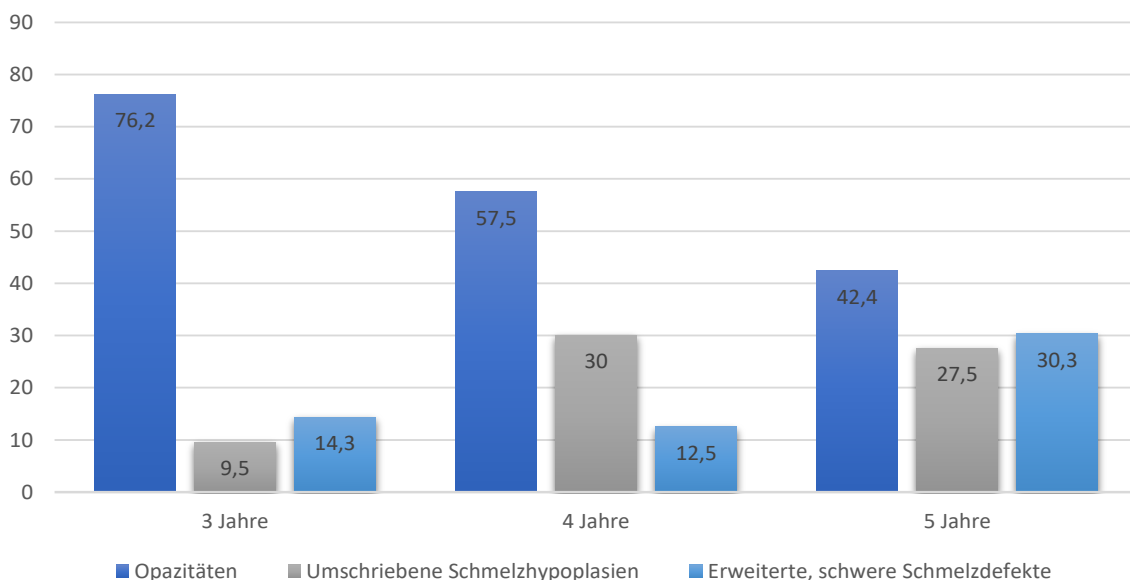
Tabelle 14: Schwerste Form der Schmelzhypomineralisation in verschiedenen Zahnkategorien in Abhängigkeit vom Alter (statistischer Vergleich ohne befundfreie Kinder)

	Alter 3 Jahre		Alter 4 Jahre		Alter 5 Jahre		p (Chi ² - Test)
	n	%	n	%	n	%	
Zweite Milchmolaren (HSPM)							
Opazitäten	28	23,3	18	11,3	10	9,3	0,028
Umschriebene Schmelzhypoplasien	4	3,3	9	5,7	7	6,5	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	6	5,0	5	3,1	10	9,3	
Milchmolaren (MMH)							
Opazitäten	32	26,7	22	13,8	13	12,0	0,017
Umschriebene Schmelzhypoplasien	4	3,3	11	6,9	9	8,3	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	6	5,0	5	3,1	10	9,3	
Inzisiven und Eckzähne							
Opazitäten	9	7,5	7	4,4	11	10,2	0,105
Umschriebene Schmelzhypoplasien	0	-	4	2,5	2	1,9	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	0	-	0	-	0	-	
Alle Zähne							
Opazitäten	32	26,7	23	14,5	14	13,0	0,018
Umschriebene Schmelzhypoplasien	4	3,3	12	7,5	9	8,3	
Ausgedehnte Schmelzdefekte	6	5,0	5	3,1	10	9,3	

Die mit dem Alter zunehmende Häufigkeit von MMH-Befunden, die sich als ausgeprägte Schmelzverluste darstellen, wird auch deutlich, wenn der prozentuale Anteil an Kindern mit schweren MMH-Befunden unter allen Kindern mit MMH-Befunden errechnet wird: Während bei 14,3% bzw. 12,5% der 3- und 4-jährigen Kinder ausgeprägte Defekte vorhanden sind, steigt dieser Befund bei den 5-Jährigen auf 30,3% an. Der Unterschied ist statistisch signifikant ($p = 0,018$, Chi²-Test).

Abb. 10 verdeutlicht die Verschiebung der registrierten ausgeprägtesten Form der Hypomineralisation von Opazitäten hin zu umschriebenen und schweren Schmelzverlusten mit dem Alter. Die kontinuierliche Verringerung der Prävalenz von Opazitäten als für die jeweiligen Kinder schwerste Form der Hypomineralisation wird erkennbar. Im Gegenzug hierzu steigt zwischen dem dritten und vierten Lebensjahr die Prävalenz des umschriebenen Schmelzverlustes und zwischen dem vierten und fünften Lebensjahr die Prävalenz des schweren Schmelzabbruchs deutlich an.

Abbildung 10: Prävalenz (%) der verschiedenen MMH-Defekte (maximaler Schweregrad) bei Kindern mit MMH-Befunden in Abhängigkeit vom Alter



4.3 Ergebnisse in Bezug auf den sozioökonomischen Status

Tabelle 15 fasst die Prävalenz der umschriebenen Schmelzhypomineralisationen in Abhängigkeit vom SES zusammen. Es scheint, verglichen mit anderen Kindern, eine bemerkenswert niedrigere Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen bei Kindern mit niedrigem SES zu bestehen. Der Unterschied erreicht jedoch kein statistisches Signifikanzniveau.

Tabelle 15: Prävalenz der umschriebenen Schmelzhypomineralisationen in Abhängigkeit vom sozioökonomischen Status (SES) *

	Prävalenz bei zweiten Milchmolaren (HSPM)		Prävalenz bei Milchmolaren (MMH)		Prävalenz bei Inzisiven und Eckzähnen		Prävalenz bei allen Zähnen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Niedriger SES	2	7,4	3	11,1	1	3,7	4	14,8
Mittlerer SES	20	31,3	23	35,9	10	15,6	24	37,5
Hoher SES	68	27,8	77	31,4	20	8,2	78	31,8
p (Chi²-Test)	0,051		0,056		0,108		0,102	

* bezogen auf Fälle mit Angaben zum SES

Tabelle 16 stellt die Verteilung der jeweils schwersten Erscheinungsformen von Schmelzhypomineralisationen bei Kindern mit unterschiedlichem sozialem Hintergrund dar, die mindestens einen entsprechenden Zahn aufweisen. Bei Kindern aller sozialen Schichten und in Bezug auf alle Zahnkategorien ist die Verteilung der Anzahl der Zähne mit der schwersten Form der umschriebenen, entwicklungsbedingten Schmelzhypomineralisationen statistisch gleich, wobei Opazitäten stets der häufigste maximale Schweregrad sind. Das gleiche gilt, wenn die wenigen Kinder mit niedrigem SES aus der Berechnung ausgeschlossen werden.

Tabelle 16: Schwerste Formen umschriebener Schmelzhypomineralisationen in verschiedenen Zahnkategorien pro Kind, bezogen auf den sozioökonomischen Status (SES) *

	Zweite Milchmolaren (HSPM)			Milchmolaren (DMH)			Inzisiven und Eckzähne			Alle Zähne		
	Nied. SES	Mitt. SES	Hoher SES	Nied. SES	Mitt. SES	Hoher SES	Nied. SES	Mitt. SES	Hoher SES	Nied. SES	Mitt. SES	Hoher SES
Opazitäten	100	40,0	61,8	100	43,5	62,3	0	80,0	90,0	75,0	45,8	62,8
Umschriebene Schmelzdefekte	0	25,0	20,6	0	26,1	22,1	100	20,0	10,0	25,0	25,0	21,8
Ausgedehnte Schmelzdefekte	0	35,0	16,7	0	30,4	15,6	0	0	0	0	29,2	15,4
p (Chi²-Test)	0,276			0,245			0,053			0,428		

* bezogen auf Fälle mit Angaben zum SES

4.4 Ergebnisse in Bezug auf den Migrationshintergrund

In Bezug auf den Migrationshintergrund ist der Anteil der betroffenen Kinder mit Migrationshintergrund etwas geringer als bei Kindern ohne Migrationshintergrund (Tabelle 17). Die Prävalenz bei Inzisiven und Eckzähnen zeigt den größten Unterschied. Der Unterschied erreicht jedoch kein statistisches Signifikanzniveau.

Tabelle 17: Prävalenz der umschriebenen Schmelzhypomineralisationen in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund *

	Prävalenz bei zweiten Milchmolaren (HSPM)		Prävalenz bei Milchmolaren (MMH)		Prävalenz bei Inzisiven und Eckzähnen		Prävalenz bei allen Zähnen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Ohne Migrationshintergrund	82	27,7	94	31,8	30	10,1	96	32,4
Mit Migrationshintergrund	10	22,2	11	24,4	1	2,2	11	24,4
p (Chi²-Test)	0,440		0,322		0,085		0,282	

* bezogen auf Fälle mit vorliegenden Angaben

Das betrifft auch die Prävalenz der schwersten Form der umschriebenen Schmelzhypomineralisationen. In Tabelle 18 wird die Verteilung der verschiedenen Ausprägungsgrade der Schmelzhypomineralisation bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund, die mindestens einen entsprechenden Zahn aufweisen, verglichen. Obwohl Milchmolaren mit ausgedehnten Schmelzverlusten bei Kindern mit Migrationshintergrund häufiger beobachtet werden als bei Kindern ohne Migrationshintergrund, gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied (Tabelle 18).

Tabelle 18: Schwerste Formen umschriebener Schmelzhypomineralisationen in verschiedenen Zahnkategorien pro Kind, bezogen auf den Migrationshintergrund (in %) *

	Zweite Milchmolaren (HSPM)		Milchmolaren (MMH)		Inzisiven und Eckzähne		Alle Zähne	
	Ohne Migr.-hint.	Mit Migr.-hint.	Ohne Migr.-hint.	Mit Migr.-hint.	Ohne Migr.-hint.	Mit Migr.-hint.	Ohne Migr.-hint.	Mit Migr.-hint.
Opazitäten	59,8	40,0	60,6	45,5	80,0	100	60,4	45,5
Umschriebene Schmelzhypopl.	20,7	20,0	22,3	18,2	20,0	0	22,9	18,2
Ausgedehnte Schmelzdefekte	19,5	40,0	17,0	36,4	-	-	16,7	36,4
p (Chi²-Test)	0,312		0,302		0,618		0,283	

* bezogen auf Fälle mit vorliegenden Angaben

4.5 Umschriebene Schmelzhypomineralisationen bezogen auf Zähne und Zahnoberflächen

Tabelle 19 zeigt den prozentualen Anteil der betroffenen Zähne differenziert für jede Zahnart. Es wird erkennbar, dass am häufigsten die zweiten Milchmolaren betroffen sind, gefolgt von den ersten Milchmolaren und den Eckzähnen.

Tabelle 19: Prävalenz von Schmelzhypomineralisationen im Milchgebiss (Prozent der jeweiligen Zähne)

Zahn 55	Zahn 54	Zahn 53	Zahn 52	Zahn 51	Zahn 61	Zahn 62	Zahn 63	Zahn 64	Zahn 65
9,3	4,8	2,8	0	0,3	0,3	0,3	2,8	4,5	11,8
Zahn 85	Zahn 84	Zahn 83	Zahn 82	Zahn 81	Zahn 71	Zahn 72	Zahn 73	Zahn 74	Zahn 75
13,1	5,5	2,8	0,5	0	0	0	2,8	5,0	14,8

In Tabelle 20 ist die Anzahl der betroffenen Zähne pro Kind zusammengefasst. In den meisten Fällen sind ein oder zwei Zähne betroffen. 9,5% (n = 38) aller Kinder weisen einen hypomineralisierten Milchzahn auf, 9,0% (n = 36) zwei. Bezogen auf die Anzahl der Kinder mit Hypomineralisationen (n = 117) entsprechen die 38 Kinder mit einem betroffenen Zahn 32,5% und die 36 Kinder mit zwei betroffenen Zähnen 30,8%. Wiederum sind Inzisiven und Eckzähne seltener betroffen als Milchmolaren. Wenn ein Kind eine Hypomineralisation aufweist, die sich auf Inzisiven und Eckzähne beschränkt, ist in zwei Dritteln (66,7%) dieser Fälle nur ein Zahn betroffen.

Tabelle 20: Verteilung der Anzahl der betroffenen Zähne

	Zweite Milchmolaren (HSPM)			Milchmolaren (MMH)			Inzisiven und Eckzähne			Alle Zähne		
	n	%	% *	n	%	% *	n	%	% *	n	%	% *
keine umschriebenen Defekte	299	75,1		284	71,4		365	91,7		281	70,6	
1 Zahn	40	10,1	40,4	42	10,6	36,8	22	5,5	66,7	38	9,5	32,5
2 Zähne	33	8,3	33,3	30	7,5	26,3	7	1,8	21,2	36	9,0	30,8
3 Zähne	15	3,8	15,2	13	3,3	11,4	3	0,8	9,1	10	2,5	8,5
4 Zähne	11	2,8	11,1	19	4,8	16,7	1	0,3	3,0	10	2,5	8,5
5 Zähne	-	-	-	5	1,3	4,4	-	-	-	9	2,3	7,7
6 Zähne	-	-	-	3	0,8	2,6	-	-	-	6	1,5	5,1
7 Zähne	-	-	-	2	0,5	1,8	-	-	-	5	1,3	4,3
8 Zähne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,3	0,9
> 8 Zähne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,5	1,7

* Prozentanteil bezogen auf Kinder mit mindestens einer umschriebenen Schmelzhypomineralisation (n = 99, 114, 33 bzw. 117 in den verschiedenen Zahnkategorien)

Bei Betrachtung der Anzahl der von Hypomineralisationen betroffenen Zahnflächen wird deutlich, dass in den meisten Fällen eine oder zwei Oberflächen pro Kind die Defekte aufweisen (Tabelle 21). 8,5% aller Kinder weisen eine betroffene Zahnfläche auf, 7,8% zwei Flächen und 3,0% drei Flächen. Eingeschränkt auf Kinder mit Schmelzhypomineralisationen weisen 29,1% von ihnen eine betroffene Fläche und 26,5% zwei Flächen auf, gefolgt von 10,3% mit drei betroffenen Flächen.

Tabelle 21: Verteilung der Anzahl betroffener Zahnflächen je Kind

	Zweite Milchmolaren (HSPM)		Milchmolaren (MMH)		Inzisiven und Eckzähne		Alle Zähne	
	n	%	n	%	n	%	n	%
keine umschriebenen Defekte	299	75,1	284	71,4	365	91,7	281	70,6
1 Fläche	35	8,8	37	9,3	22	5,5	34	8,5
2 Flächen	23	5,8	26	6,5	7	1,8	31	7,8
3 Flächen	13	3,3	12	3,0	2	0,5	12	3,0
4 Flächen	6	1,5	7	1,8	2	0,5	5	1,3
5 Flächen	5	1,3	6	1,5	-	-	7	1,8
6 Flächen	6	1,5	8	2,0	-	-	3	0,8
7 Flächen	1	0,3	6	2,0	-	-	6	1,5
8 Flächen	6	1,5	5	1,3	-	-	7	1,8
9 Flächen	1	0,3	1	0,3	-	-	2	0,5
10 Flächen	1	0,3	2	0,5	-	-	3	0,8
> 10 Flächen	2	0,5	4	1,0	-	-	7	1,8

Im Geschlechtervergleich unterscheidet sich weder die Anzahl der betroffenen Zähne noch die der betroffenen Oberflächen zwischen Jungen und Mädchen; die jeweiligen p-Werte sind in Tabelle 22 angegeben.

Tabelle 22: p-Werte zum Vergleich der Anzahl betroffener Zähne und betroffener Zahnflächen bei Jungen und Mädchen (Chi²-Tests)

	Zweite Milchmolaren (HSPM)	Milchmolaren (MMH)	Inzisiven und Eckzähne	Alle Zähne
Zähne	0,606	0,445	0,242	0,586
Flächen	0,671	0,112	0,242	0,197

Die Verteilung der unterschiedlichen Ausprägungen der Schmelzhypomineralisation pro Zahn ist in Tabelle 23 dargestellt, wobei jeweils die schwerste Ausprägung berücksichtigt ist. Es ist zu erkennen, dass bei Milchschnidezähnen umschriebene entwicklungsbedingte Schmelzhypomineralisationen selten auftreten. Bei den Eckzähnen und den ersten Milchmolaren gibt es einige Zähne, die Opazitäten aufweisen und einige wenige Fälle, die umschriebene Defekte zeigen. Umschriebene Defekte werden häufiger bei zweiten Milchmolaren beobachtet, die auch die einzige Zahnkategorie mit ausgeprägten, schweren Schmelzdefekten darstellen. Die durchschnittliche Prävalenz dieser schweren Defekte beträgt bei den zweiten Milchmolaren 2,3 % und reicht bei den vier zweiten Milchmolaren in der Studienkohorte von 1,3 % bis 3,3 % (Tabelle 23).

Tabelle 23: Streuung der Prävalenz von Schmelzhypomineralisationen bezogen auf Zähne (in %). Es ist jeweils die schwerste Defekt-Ausprägung angegeben

	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65
Keine Hypomineralisation	90,7	95,2	97,2	100	99,7	99,7	99,7	97,2	95,5	88,2
Opazitäten	5,3	3,8	2,3	-	0,3	0,3	0,3	2,3	4,0	6,0
Umschriebene Schmelzhypoplasien	2,8	1,0	0,5	-	-	-	-	0,5	0,5	2,5
Ausgedehnte Schmelzdefekte	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3

	85	84	83	82	81	71	72	73	74	75
Keine Hypomineralisation	86,9	94,5	97,2	99,5	100	100	100	97,2	95,0	85,2
Opazitäten	8,8	5,0	2,5	0,5	-	-	-	2,0	4,0	9,3
Umschriebene Schmelzhypoplasien	2,3	0,5	0,3	-	-	-	-	0,8	1,0	3,0
Ausgedehnte Schmelzdefekte	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5

Anschließend wurde ausgewertet, ob das Auftreten von Schmelzhypomineralisationen gleichmäßig auf die Zahnflächen verteilt war (Tabelle 24). Es zeigen sich die meisten dieser Defekten auf den okklusalen und bukkalen Flächen der Milchmolaren. Darüber hinaus ist auch die orale Oberfläche der zweiten Milchmolaren besonders häufig betroffen. Bei den Eck- und Schneidezähnen tragen die bukkalen Oberflächen der Eckzähne zu 38 der 50 betroffenen Oberflächen aller dieser Zähne bei. Sie sind zugleich die einzigen Oberflächen innerhalb dieser Zahngruppen, die einen umschriebenen Schmelzverlust aufweisen.

Tabelle 24: Anzahl umschriebener entwicklungsbedingter Schmelzhypomineralisationen, auf Zahnflächen bezogen, mit Differenzierung nach Defektausprägung (Opazitäten / umschriebener Schmelzverlust / ausgeprägter Schmelzverlust)

	Zahn 55	Zahn 54	Zahn 53	Zahn 52	Zahn 51	Zahn 61	Zahn 62	Zahn 63	Zahn 64	Zahn 65
okklusal	21 (10/8/3)	2 (2/0/0)							2 (2/0/0)	19 (8/1/10)
bukkal	11 (8/1/2)	15 (12/3/0)	9 (7/2/0)	0	1 (1/0/0)	1 (1/0/0)	0	11 (9/2/0)	16 (14/2/0)	24 (16/3/5)
oral	18 (8/5/5)	2 (1/1/0)	0	0	0	0	0	0	2 (1/1/0)	20 (5/7/8)
distal	4 (1/1/2)	2 (0/2/0)	0	0	0	0	0	0	2 (2/0/0)	8 (1/2/5)
mesial	7 (3/2/2)	2 (2/0/0)	2 (2/0/0)	0	0	0	1 (1/0/0)	1 (0/1/0)	2 (2/0/0)	5 (0/2/3)

	Zahn 85	Zahn 84	Zahn 83	Zahn 82	Zahn 81	Zahn 71	Zahn 72	Zahn 73	Zahn 74	Zahn 75
okklusal	32 (18/6/8)	4 (4/0/0)							8 (6/2/0)	33 (20/5/8)
bukkal	31 (19/6/6)	16 (4/2/0)	10 (9/1/0)	2 (2/0/0)	0	0	0	8 (5/3/0)	13 (10/3/0)	36 (20/8/8)
oral	6 (1/1/4)	2 (2/0/0)	0	0	0	0	0	0	1 (1/0/0)	13 (4/5/4)
distal	6 (2/0/4)	1 (1/0/0)	0	0	0	0	0	0	1 (1/0/0)	7 (0/3/4)
mesial	4 (1/0/3)	2 (2/0/0)	1 (1/0/0)	0	0	0	0	3 (3/0/0)	0	7 (1/2/4)

4.6 Umschriebene entwicklungsbedingte Schmelz-Hypomineralisationen im Zusammenhang mit Karies

Im Rahmen einer epidemiologischen Kariesstudie können die Befunde über umschriebene Schmelzhypomineralisationen mit der Kariesprävalenz und der Karieserfahrung der Kinder (dmft- und dmfs-Werte) in Beziehung gesetzt werden. Die Kariesuntersuchung folgte üblichen epidemiologischen Mustern und ist in der Publikation zur Kariesstudie detailliert beschrieben (Schulz, 2020). Die Karieserhebung folgte den Kriterien der WHO (WHO 2013). Zusätzlich wurden aber auch vorangegangene Stadien der Kariesbildung erfasst, was die Berechnung der Kariesindizes einschließlich der Initialkaries ermöglicht.

Tabelle 25 gibt einen Überblick über die gesamte Karieslast in der bezüglich der Schmelzhypomineralisationen untersuchten Kohorte mit besonderem Fokus auf den Zusammenhang zum sozioökonomischen Hintergrund der Kinder. Es besteht ein starker Zusammenhang zwischen Karies und SES, der statistisch signifikante Werte hinsichtlich der Kariesregistrierung nach WHO-Kriterien, aber nicht hinsichtlich der gesamten Karieslast einschließlich Initialkaries erreicht.

Tabelle 25: Kariesfreiheit und Karieserfahrung (dmft- und dmfs-Werte) in der untersuchten Kohorte der 3- bis 6-jährigen Kinder ausschließlich (WHO-Kriterien) und einschließlich Initialkaries

	dmft = 0 (%, WHO-Kriterien)	dmft = 0 (%, inkl. Initialkaries)	dmft (WHO-Kriterien)	dmft (inkl. Initialkaries)	dmfs (WHO-Kriterien)	dmfs (inkl. Initialkaries)
Alle Kinder	79,4	57,0	0,6 ± 1,5	1,6 ± 2,4	0,8 ± 2,5	2,1 ± 3,5
SES						
Niedrig	55,6	48,1	1,6 ± 2,4	2,5 ± 3,1	2,2 ± 3,8	3,4 ± 4,5
Mittel	75,0	56,3	0,6 ± 1,4	1,7 ± 2,5	1,0 ± 2,6	2,4 ± 3,8
Hoch	86,5	60,8	0,4 ± 1,3	1,3 ± 2,2	0,5 ± 1,7	1,6 ± 2,8
p *	< 0,001	0,397	< 0,001	0,166	< 0,001	0,114

* Chi²-Test bzw. Kruskal-Wallis-Test

In Tabelle 26 sind die Karieswerte differenziert für Kinder mit und ohne umschriebene Schmelzhypomineralisationen zusammengefasst. Es zeigt sich, dass weder die Kariesprävalenz noch die Karieserfahrung, sowohl ohne als auch mit Initialkaries, signifikant mit dem Vorliegen von umschriebenen Schmelzdefekten zusammenhängen. Allerdings ist eine deutlich unterschiedliche Karieslast bei Kindern mit und ohne umschriebene Schmelzhypomineralisationen auf Dentinkaries-Ebene zu verzeichnen. Während Kinder ohne umschriebene Veränderungen eine mittlere Karieserfahrung von 0,7 Zähnen (1,0 Flächen) zeigen, weisen Kinder mit mindestens einer umschriebenen Schmelzhypomineralisation 0,4 kariöse Zähne (0,5 Flächen) auf.

Tabelle 26: Kariesfreiheit (in Prozent) und Karieserfahrung (dmft und dmfs, ohne und mit Initialkaries) in Bezug auf das Vorkommen von umschriebenen entwicklungsbedingten Schmelzhypomineralisationen

	dmft =0 (%, WHO-Kriterien)	dmft =0 (%, inkl. Initialkaries)	dmft (WHO-Kriterien)	dmft (inkl. Initialkaries)	dmfs (WHO-Kriterien)	dmfs (inkl. Initialkaries)
Keine umschriebenen Defekte	77,6	56,9	0,7 ± 1,6	1,7 ± 2,5	1,0 ± 2,9	2,2 ± 3,7
Mit umschriebenen Defekten	83,8	57,3	0,4 ± 1,1	1,4 ± 2,1	0,5 ± 1,3	1,8 ± 2,9
p *	0,165	0,952	0,122	0,570	0,117	0,642

* Chi²-Test bzw. Mann-Whitney-Test

Eine weitere Analyse bezüglich des Zusammenhangs zwischen Karies und umschriebenen Schmelzhypomineralisationen wurde durchgeführt, indem die durchschnittliche Anzahl der von Hypomineralisation betroffenen Zähne bzw. Flächen bei Kindern mit oder ohne Karies berechnet wurde (Tabelle 27). Auch bei dieser Auswertung, die für jede Zahnkategorie durchgeführt wurde, konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden.

Tabelle 27: Mittlere Anzahl der von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen betroffenen Zähne bzw. Zahnflächen bei Kindern mit bzw. ohne Karies, (ohne und mit Berücksichtigung von Initialkaries) und für verschiedene Zahnkategorien

	Zweite Milchmolaren (HSPM)		Milchmolaren (MMH)		Inzisiven und Eckzähne		Alle Zähne	
	Zähne	Flächen	Zähne	Flächen	Zähne	Flächen	Zähne	Flächen
Kariesfreie Kinder (dmft = 0, WHO-Kriterien)	0,5 ± 1,0	0,8 ± 2,1	0,7 ± 1,4	1,0 ± 2,6	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,8 ± 1,7	1,2 ± 2,9
Kinder mit Karies (dmft > 0, WHO-Kriterien)	0,4 ± 0,9	0,6 ± 1,6	0,6 ± 1,3	0,8 ± 1,9	0,1 ± 0,5	0,1 ± 0,5	0,7 ± 1,5	1,0 ± 2,2
p *	0,479	0,540	0,269	0,287	0,637	0,637	0,234	0,246
Kariesfreie Kinder (dmft = 0, unter Berücksichtigung von Initialkaries)	0,5 ± 1,0	0,8 ± 2,2	0,7 ± 1,3	1,0 ± 2,3	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,5	0,8 ± 1,6	1,1 ± 2,9
Kinder mit Karies (dmft > 0, inkl. Initialkaries)	0,5 ± 1,0	0,7 ± 1,8	0,7 ± 1,4	1,0 ± 2,3	0,1 ± 0,5	0,1 ± 0,5	0,9 ± 1,7	1,2 ± 2,7
p *	0,753	0,795	0,927	0,978	0,172	0,173	0,915	0,973

* Mann-Whitney-Test

Abschließend wurden Korrelationen zwischen der durchschnittlichen Anzahl der kariesbefallenen Zähne und Oberflächen (mit und ohne Initialkaries) und der durchschnittlichen Anzahl der Zähne mit umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (alle Zahnkategorien) berechnet (Pearson-Korrelation). Alle Kariesindizes (dmft und dmfs, mit und ohne Initialläsionen) korrelierten hochsignifikant miteinander ($p < 0,001$), jedoch nicht mit der Anzahl der Zähne mit abgegrenzten Hypomineralisationen. Dies trifft für alle Zahngruppen zu. Entsprechend korrelierten die Anzahlen der entwicklungsbedingten Defekte der verschiedenen Zahngruppen miteinander (auch Frontzähne und Eckzähne mit Molaren), nicht aber mit den Karieswerten. Eine tabellarische Wiedergabe der nicht existenten Korrelationen erübrigt sich.

5 Diskussion

Die vorliegende Studie ist eine der ersten epidemiologischen Studien, die die Prävalenz umschriebener Opazitäten oder Defekte im Zahnschmelz des gesamten Milchgebisses, einschließlich der Inzisiven oder Eckzähne, bei Vorschulkindern in Deutschland untersucht. Die Studie leistet damit einen wichtigen Beitrag zur weltweit wachsenden Forschung über die Epidemiologie von MMH und MMH-Merkmalen und könnte damit auch das Potenzial bieten, Anhaltspunkte über die Ätiologie der Schmelzhypomineralisation einzugrenzen.

5.1 Diskussion der Methode

Die Untersuchung war in eine Studie zur Aktualisierung der Daten über die Kariesprävalenz und Karieserfahrung bei Vorschulkindern in Hamburg eingebettet. Ähnliche epidemiologische Studien über Karies bei Vorschulkindern in Hamburg wurden in den Jahren 1977-78, 1987, 1993, 1998 und 2006 durchgeführt (Gülzow et al. 1980, Schiffner und Gülzow 1988, Burghardt 1995, Gülzow und Farshi 2000, Steegmann et al. 2007). Um Ergebnisse zu erheben, die mit den vorangegangenen Studien vergleichbar sind, wurden die gleichen Kindergärten wie zuvor zur Teilnahme eingeladen. Da diese Kindergärten gleichmäßig über Hamburg gestreut sind, war zu erwarten, dass die Ergebnisse repräsentativ für Hamburg sind, einschließlich der gesamten demographischen Skala.

Im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen weigerte sich ein Großteil der Kindergärten, an der Studie teilzunehmen. Daher war es notwendig, die Stichprobenziehung zu erweitern. Hierbei wurde erneut darauf geachtet, die einbezogenen Kindergärten über die gesamte Region Hamburg zu streuen. Letztendlich stellte sich jedoch heraus, dass vor allem Einrichtungen mit einem hohen Anteil von Kindern aus Familien mit hohem sozioökonomischem Hintergrund teilnahmen. Auch aus den Lokalisationen der teilnehmenden Kitas konnte gemäß der

Einteilung der einzelnen Stadtteile nach dem sozioökonomischen Statusindex der Behörde für Stadtentwicklung Hamburg in Stadtteile mit hohem, mittlerem, niedrigem oder sehr niedrigem Index (Sozialmonitoring „Integrierter Stadtteilentwicklungsbericht“ von 2015, RISE-Statusindex) eine Konzentration auf besser gestellte Stadtteile abgeleitet werden.

Als Folge davon wurde eine relativ geringe Anzahl von Kindern mit Migrationshintergrund untersucht (13,2 %). Nach Angaben des Statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein hatte im Jahr 2015 fast die Hälfte der Hamburger Bevölkerung unter 18 Jahren (48,9%) einen Migrationshintergrund (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2016). Folglich könnten die Ergebnisse auf Kinder aus Familien mit höherem Sozialstatus beschränkt sein. Da nach derzeitigem Kenntnisstand die Prävalenz umschriebener Opazitäten (MIH, MMH) allerdings nicht mit dem sozioökonomischen Status zusammenhängt (Oyedele et al., 2015; Temimola et al., 2015), scheint das ohne Konsequenzen für die hier vorgelegten Studienergebnisse zu sein. Auch die eigenen Daten zeigen, dass das Vorkommen von entwicklungsbedingten umschriebenen Hypomineralisationen im Milchgebiss von der Sozialschichtzugehörigkeit unabhängig ist.

Die Untersucherinnen waren in Kinderzahnheilkunde fortgebildet. Um einheitliche Untersuchungskriterien zu gewährleisten, wurden sie vom Studienleiter schriftlich instruiert. Zusätzlich fand eine klinische Einweisung in die epidemiologische Untersuchung in der Zahnklinik statt.

Die Studienkohorte war in Bezug auf das Geschlecht gleichmäßig verteilt. Die Streuung nach dem Alter war jedoch ungleichmäßig. Insbesondere waren nur 11 6-jährige Kinder eingeschlossen. Grund dafür ist, dass viele 6-jährige Kinder in die Vorschule wechseln und keine Kindergärten mehr besuchen. Außerdem wurde die Untersuchung zu Beginn eines neuen Schuljahres durchgeführt. Somit hatten auch viele Kinder in der ältesten Kindergartengruppe ihr 6. Lebensjahr noch nicht vollendet. Da sich Entwicklungsstörungen schon früher vor dem Zahndurchbruch bilden, dürfte

dies aber keine Folgen für die Studienergebnisse haben. Es kann jedoch spekuliert werden, dass die Prävalenz von Schmelzverlusten aufgrund von Hypomineralisation etwas höher gewesen wäre, wenn mehr 6-jährige Kinder mit einer längeren Zeitspanne, in der der Zahnschmelz unter Kau- und Abnutzungskräften abgeplatzt hätte sein können, in der Stichprobe gewesen wären.

Für die Registrierung von entwicklungsbedingten Defekten im Milchgebiss liegt das optimale Alter bei etwa 5 Jahren, da die Kinder mit großer Wahrscheinlichkeit kooperationsfähig sind und ein Befund mit geringerer Wahrscheinlichkeit durch Karies überlagert sein wird. Die Untersuchung in jüngeren Lebensaltern könnte dagegen vorteilhaft sein, da im Alter von fünf Jahren bereits eine Zerstörung der stark hypomineralisierten Milchmolaren durch Karies vorliegen kann (Elfrink et al., 2015), die eine Zuordnung zur MMH verhindern könnte.

Einige Hintergrundinformationen über die Kinder wurden mit Hilfe eines Fragebogens von den Eltern gesammelt. Hierbei handelt es sich um eine weit verbreitete, praktische und ökonomische Methode, um Informationen zu erhalten. Falsche Informationen oder Fehlinterpretationen sind jedoch nicht auszuschließen. Bei 62 Kindern (15,6 % der Gesamtkohorte) konnte aufgrund fehlender Angaben keine Zuordnung zum SES erfolgen, und bei 57 Kindern (14,3 % der Studienkohorte) wurde die Frage nach dem Migrationshintergrund nicht beantwortet. Es ist nicht bekannt, ob die Studienergebnisse hierdurch einer Verzerrung unterliegen. In Bezug auf den SES scheint dies gemäß der vorliegenden Daten auszuschließen zu sein. Das unterschiedlich häufige Vorkommen der Hypomineralisationen bei Kindern ohne Migrationshintergrund (Prävalenz auf alle Zähne bezogen 32,4%) und mit Migrationshintergrund (Prävalenz 24,2%) könnte hingegen, obwohl diese Differenz in der vorliegenden Kohorte kein statistisches Signifikanzniveau erreicht hat, eine Verzerrung der Gesamtzahlen bedeuten (sample bias).

Wie bereits von Weerheijm et al. (2015) gefordert, scheint es ratsam zu sein, die Befundung bezüglich der umschriebenen entwicklungsbedingten Schmelzdefekte im

Milchgebiss in epidemiologische Kariesprävalenzstudien einzubeziehen, wie es in der vorliegenden Studie der Fall war. Dies würde nicht nur den Aufwand für die jeweiligen einzelnen Fragestellungen reduzieren, sondern kann auch Ergebnisse über mögliche Zusammenhänge von Karies und Hypomineralisationen generieren. In der vorliegenden Studie wurde die Mundhöhle der Kinder zum Zweck der Karieserhebung und der Registrierung von Hypomineralisationen zweimal in zwei direkt aufeinander folgenden Untersuchungsdurchgängen inspiziert. Die Untersuchung auf Schmelzhypomineralisation folgte auf die Kariesuntersuchung. Durch die Verwendung von zwei separaten Befundungen sollte erreicht werden, dass beide Zielvariablen (Karies und Hypomineralisation) mit der gleichen Aufmerksamkeit berücksichtigt wurden und dass Zähne mit beiden vorliegenden Erkrankungen adäquat erfasst werden konnten.

In der vorliegenden Studie wurden sämtliche Milchzähne untersucht. Hierin unterscheidet sie sich von zahlreichen anderen Erhebungen. So werden gemäß des Begriffes „hypomineralized second primary molars“ (HSPM) oft nur zweite Milchmolaren befundet. Andere Untersuchungen befassen sich gemäß der Begrifflichkeit „deciduous molar hypomineralization“ (DMH) mit allen Milchmolaren. Damit weisen die Prävalenz-Bestimmungen von Hypomineralisationen in Milchgebiss eine zusätzliche Komplexität auf. Zunehmend wird in Studien auch das Vorkommen von Hypomineralisationen auf den Eckzähnen im Milchgebiss erfasst (Schiffner und Schwendicke, 2022).

Die von Weerheijm (2003) aufgestellten Diagnosekriterien („EAPD-Kriterien“) stellen die am häufigsten verwendete Grundlage für die Festlegung von MMH und MIH dar, die später modifiziert wurden (Weerheijm et al. 2013). In der vorliegenden Arbeit wurde der Schweregrad der Hypomineralisationen anhand der von Wetzel und Reckel (1991) für MIH-Zähne vorgeschlagenen Kriterien und Klassifizierung bewertet. Der Grund für ist, dass diese Kriterien in der epidemiologischen Anwendung praktikabler sind. So wurden praktisch keine "atypische Restaurationen" registriert. In weiteren Studien wurden ebenfalls andere Kriterien zur MMH-Festlegung herangezogen (Temimola et

al., 2015; Kemoli et al., 2008). Wegen der erschwerten Vergleichbarkeit der Studienergebnisse von Prävalenz- und Ätiologie-Studien entwicklungsbedingter Defekte wurde vorgeschlagen, ein Standardprotokoll zu entwickeln (Ghanim et al., 2015). Letztendlich sind die Unterschiede der Kriterien aber gering.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Befunde in den Kitas erhoben. Die Mehrzahl der Studien wurde hingegen in einem zahnärztlichen Behandlungsstuhl durchgeführt. In wenigen Studien wurden die Befunde anhand intraoraler Fotografien erhoben (Elfrink et al., 2009, 2012, 2013). In allen vorhandenen Studien wurden die Zähne feucht untersucht, nachdem sie mit sterilen Watterollen von Belägen und überschüssigem Speichel befreit worden waren. Allerdings variierte die Beleuchtung der Zähne. In einigen Untersuchungen (Temimola et al., 2015; Costa-Silva et al., 2016) wurde das natürliche Licht ohne Hilfe einer Dentallampe verwendet. In allen anderen, einschließlich unserer Untersuchung, wurde dagegen eine Lichtquelle verwendet. Laut Elfrink et al. (2015) ist die Untersuchung mit natürlichem Licht am wenigsten ratsam, da sich das Licht im Laufe des Tages je nach Wetterlage verändert.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Prävalenzen auf Kinder bezogen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein signifikanter Anteil der 3- bis 6-jährigen Kinder von umschriebenen Opazitäten oder Defekten im Zahnschmelz im gesamten Milchgebiss, einschließlich der Schneide- und Eckzähne, betroffen ist. Die Gesamtprävalenz von 29,4 % der Kinder mit umschriebenen Opazitäten oder Zahnschmelzverlust aufgrund von Hypomineralisation ist hoch. Dies gilt für alle Zahnkategorien, insbesondere aber mit einer Prävalenz von 24,9% bzw. 28,6% für die Befundungskategorien HSPM und MMH. Bei Inzisiven und Eckzähnen zeigten immerhin noch 8,3% der Kinder derartige Veränderungen. Das Auftreten der Hypomineralisationen ist bei Jungen und Mädchen gleich häufig. Dies entspricht Angaben von Negre-Barber et al. (2016), Temilola et al. (2015) sowie Elfrink et al. (2012).

Der Schweregrad der beobachteten Hypomineralisationen ist größtenteils gering, am häufigsten wurden Opazitäten registriert. Dies war bei 60,7% aller Kinder mit beobachteten Hypomineralisationen der Fall. Umschriebene Schmelzverluste wurden bei 25 Kindern beobachtet (21,4% aller Kinder mit Hypomineralisationen), und bei 21 Kindern (17,9%) lagen Maximaldefekte mit schwerem Strukturverlust vor. Damit relativiert sich die Interpretation der insgesamt hohen Prävalenzraten. Bezogen auf alle Kinder wurden bei 6,3% umschriebene Defekte als schwerste Defekt-Ausprägung und bei 5,3% ausgedehnte Strukturverluste beobachtet. Dieses sind die Defektausprägungen, die ein besonderes Kariesrisiko darstellen und die häufig therapeutische Maßnahmen erfordern.

Prävalenzen auf Zähne und Zahnflächen bezogen

Bei Betrachtung der Anzahl der betroffenen Zähne und Flächen ist festzustellen, dass die zweiten Milchmolaren am häufigsten Hypomineralisationen aufweisen, gefolgt von den ersten Milchmolaren und den Eckzähnen. Zweite Milchmolaren waren mehr als doppelt so oft betroffen wie die ersten Milchmolaren (12,3% vs. 5,0%). In den meisten Fällen sind ein oder zwei Zähne betroffen. Bezogen auf die Anzahl der Kinder mit Hypomineralisationen ist bei 32,5% von ihnen ein Zahn betroffen und bei 30,8% weisen zwei Zähne Hypomineralisationen auf. Bei den Schneide- und Eckzähnen sind Opazitäten die bei Weitem vorherrschende Defektausprägung.

In den meisten Fällen sind lediglich ein oder zwei Zahnoberflächen pro Kind von Hypomineralisationen betroffen. Damit ist die Anzahl der betroffenen Zähne annähernd gleich der Anzahl der betroffenen Oberflächen.

Die Verteilung der schwersten Form der Schmelzhypomineralisation pro Zahn, bezogen auf Zähne mit umschriebenen Hypomineralisationen, ist in Abbildungen 11a und 11b für Ober- und Unterkiefer dargestellt. Bei Eckzähnen und ersten Milchmolaren weisen die Zähne größtenteils Opazitäten und in einigen wenigen Fällen umschriebene Defekte auf. Umschriebene Defekte werden am häufigsten bei zweiten

Milchmolaren beobachtet, die auch die einzige Zahnkategorie mit schweren Schmelzdefekten sind. Die Prävalenz dieser Störungen bei den zweiten Milchmolaren beträgt bei Kindern mit Hypomineralisationen an diesen Zähnen 21,2% (bezogen auf alle Kinder bei 5,3%) und schwankt bezüglich der jeweiligen vier zweiten Milchmolaren in der Studienkohorte zwischen 13,5% und 27,6%.

Abb. 11a: Verteilung der schwerwiegendsten Formen von Schmelzhypomineralisationen pro Oberkiefer-Zahn, bezogen auf Zähne mit umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (in %)

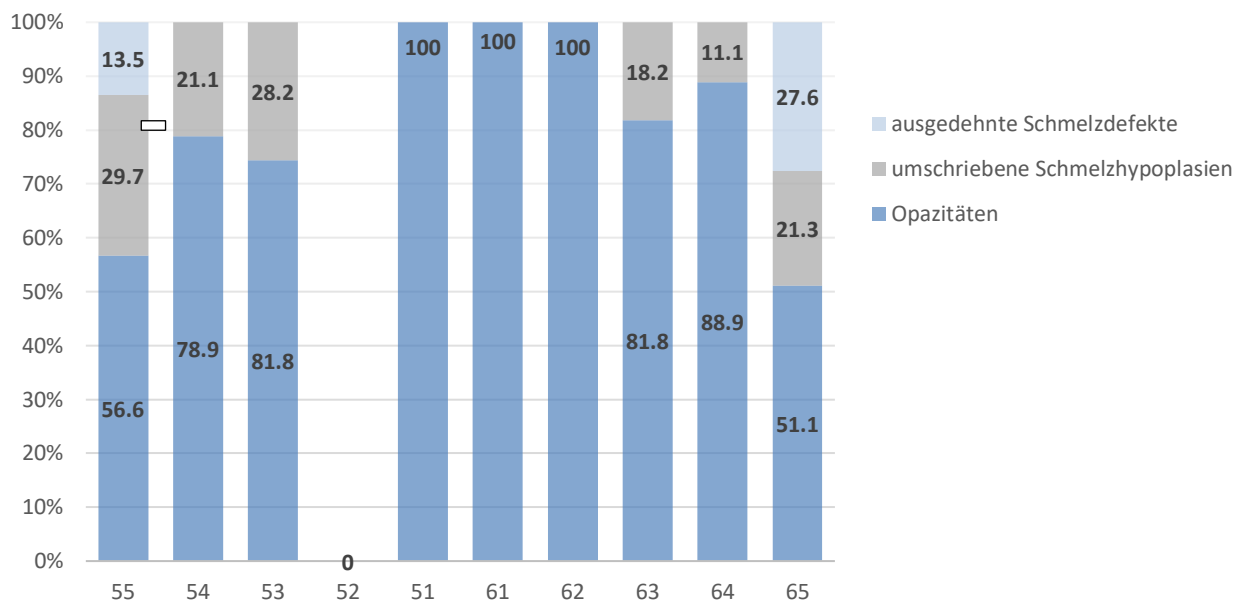
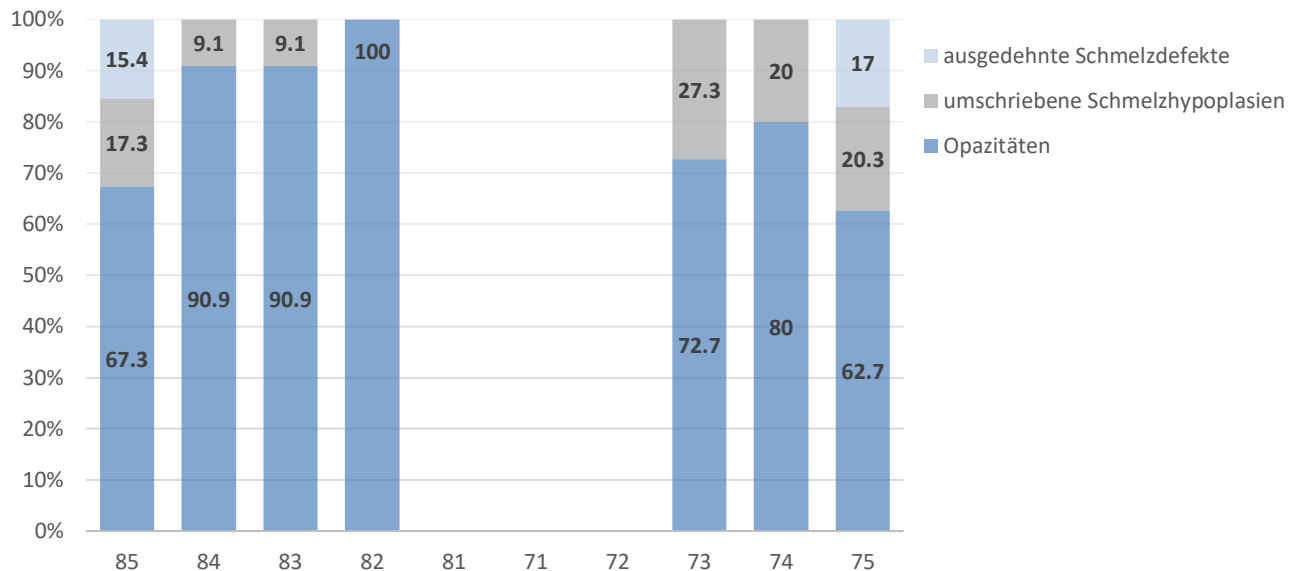


Abb. 11b: Verteilung der schwerwiegendsten Formen von Schmelzhypomineralisationen pro Unterkiefer-Zahn, bezogen auf Zähne mit umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (in %)



Mit Bezug auf die Zahnflächen ist festzustellen, dass sich die Majorität der Schmelzhypomineralisation auf den okklusalen und bukkalen Oberflächen der Milchmolaren befindet. Darüber hinaus ist auch die orale Oberfläche der zweiten Milchmolaren recht häufig betroffen. Bei den Eckzähnen und Schneidezähnen sind weit überwiegend die vestibulären Flächen der Eckzähne betroffen (76,0% aller Defekte auf dieser Gruppe von Zähnen), wobei unter den Veränderungen der Bukkalflächen der Eckzähne die Opazitäten mit 78,9% dominieren.

Aus den von Hypomineralisationen betroffenen Zähnen lassen sich einige Hinweise auf den Zeitraum ableiten, in dem die Veränderungen während der Zahnentwicklung verursacht worden sind. Die Kalzifikation der Kronen der primären Schneidezähne und Eckzähne beginnt im 4. Monat in utero und ist in den ersten 1 bis 5 Lebensmonaten bei den Schneidezähnen bzw. 9 Lebensmonaten bei den Eckzähnen abgeschlossen (Schuurs, 2012). Die Kalzifikation der Milchmolaren beginnt im 5. Monat in utero und ist bis zum 10-12 Lebensmonat abgeschlossen. Folglich kann bei allen Milchzähnen

die Defektentstehung sowohl während der Schwangerschaft als auch in den ersten Lebensmonaten eingetreten sein. Auf jeden Fall muss der Zeitraum, in dem sich die beobachteten Hypomineralisationen entwickelt haben, ab der Mitte der Schwangerschaft bis zum Ende des ersten Lebensjahres gelegen haben. In dieser Phase stellt die Geburt ein Geschehen dar, das mehrfach mit dem Auftreten von MIH, aber auch von MMH in Verbindung gebracht worden ist.

Obwohl die Ätiologie der MMH ungeklärt ist und wahrscheinlich multifaktoriell bedingt sein dürfte, werden für die MMH die gleichen Faktoren vermutet wie für die MIH. Da die Entwicklung der zweiten bleibenden Milchmolaren früher einsetzt als die Entwicklung der ersten bleibenden Molaren und Inzisiven, müssen die möglichen Faktoren für MMH etwas früher eingetreten sein als für MIH (häufiger prä- bis perinatal bei der MMH, häufiger peri- bis postnatal bei der MIH). Es gibt jedoch einen überlappenden Zeitraum in der Entwicklung und Mineralisierung dieser Zähne (Elfrink et al., 2012). Wenn ein Parameter die Entwicklung des Zahns während dieses überlappenden Zeitraums beeinflusst, können Hypomineralisationsdefekte im Milch- und im bleibenden Gebiss auftreten (Aine et al., 2000).

Es wurden mehrere Studien veröffentlicht, die über prä- und perinatale Faktoren berichten, die für MMH wichtig zu sein und eine Rolle zu spielen scheinen (Ghanim et al., 2012b; Elfrink et al., 2013; Elfrink et al., 2014). In diesen Studien werden hauptsächlich Probleme während der Schwangerschaft oder der Geburt als ätiologische Hauptfaktoren für MMH genannt. So werden beispielsweise der Alkoholkonsum der Mutter oder eine Frühgeburt mit niedrigem Geburtsgewicht aufgeführt. Diese Studien beziehen sich auf MMH und konzentrieren sich damit auf die Milchmolaren. Die Milchschnaide- und -eckzähne haben eine weitgehend mit den Milchmolaren überlappende Mineralisationszeit, so dass auch für diese die prinzipiell gleichen Einwirkungszeiten zur Verursachung der Mindermineralisation angenommen werden können.

Hypomineralisationen in Bezug auf das Lebensalter

Während die Verteilung der schwersten Form der Schmelzhypomineralisation bei Jungen und Mädchen statistisch ausgeglichen ist, zeigt sich in der vorliegenden Studie mit zunehmendem Alter eine deutliche Veränderung der Defekthäufigkeit von Opazitäten hin zu umschriebenen oder erweiterten Schmelzdefekten. Es kann eine stetige Verringerung der Prävalenz von Opazitäten beobachtet werden, während zwischen dem dritten und vierten Lebensjahr die Prävalenz des umschriebenen Schmelzabbruchs und zwischen dem vierten und fünften Lebensjahr die Prävalenz des schweren Schmelzabbruchs ansteigt. Diese Verschiebung hin zu schwereren Ausprägungen ist statistisch signifikant in Bezug auf die Milchmolaren und alle Milchzähne, nicht hingegen für Inzisiven und Eckzähne.

Der Grund hierfür ist plausibel erklärbar: Die Opazitäten sind optischer Ausdruck der verringerten Mineralisierung der betroffenen Schmelzareale. Einige dieser Areale können dem Kaudruck nicht standhalten und es kommt zu Schmelzabplatzungen, die im Laufe der Zeit zunehmen oder größer werden können. Die beobachteten Verschiebungen der maximalen Schadenshäufigkeiten spiegeln genau diese Entwicklung wider. Auch dass die mechanisch weniger belasteten Front- und Eckzähne diese Verschiebung nur ansatzweise zeigen, stimmt mit diesem Erklärungsansatz überein.

Hypomineralisationen in Bezug auf die Sozialschichtzugehörigkeit

Mit Bezug auf die sozioökonomischen Status der Familien konnte keine statistisch signifikante Abhängigkeit der Hypomineralisationsbefunde von der Sozialschicht errechnet werden. Dennoch fällt die deutlich niedrigere Befundprävalenz bei Kindern mit niedrigem SES auf. So liegt bei 14,8% dieser Kinder ein Hypomineralisationsbefund vor, bei Kindern der mittleren und hohen Sozialschicht hingegen bei 37,5% bzw. 31,8%. Es ist davon auszugehen, dass die fehlende statistische Signifikanz der geringen Anzahl an Kindern mit niedrigem sozialem Hintergrund zuzuschreiben ist. Wenn dem aber so wäre, bliebe zu erklären, warum diese Kinder so auffallend wenige Entwicklungsdefekte des Zahnschmelzes

aufweisen. Eine plausible Erklärung dürfte darin liegen, dass die hypomineralisierten und eingebrochenen Schmelzareale eine erhöhte Kariesanfälligkeit aufweisen, so dass bei der Befundung Karies anstelle von Hypomineralisationen registriert wird. Die für die hier untersuchte Kohorte belegte Abhängigkeit der Karieslast von der Sozialschichtzugehörigkeit steht mit dieser Vermutung in Einklang.

Hypomineralisationen in Bezug auf einen Migrationshintergrund

Die Prävalenz aller Zähne mit umschriebenen Schmelzhypomineralisationen unterscheidet sich in der untersuchten Kohorte statistisch nicht zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund, obwohl die Prävalenz bei Kindern ohne Migrationshintergrund erhöht ist (32,4% vs. 24,4%). Das trifft jedoch nicht für die ausgedehnten Schmelzabplatzungen zu. Kinder mit Migrationshintergrund sind somit zwar seltener betroffen, wenn sie aber betroffen sind, dann öfter mit höherem Schweregrad. Auch hier hat sich jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied errechnet, wobei allerdings die nur geringe Anzahl an Kindern, deren Eltern einen Migrationshintergrund angegeben hatten, zu berücksichtigen ist. Zudem müssen auch die unter dem Fokus eines Migrationshintergrundes gefundenen Prävalenzen unter den Vorbehalt der Überlagerung mit Karies gestellt werden, da ein Migrationshintergrund oftmals (Pabbla et al. 2020) wie auch in der hier untersuchten Kohorte (Schultz 2020) mit höherer Karieslast verbunden ist.

Hypomineralisationen in Bezug auf die Karies

Die vorliegende Registrierung von umschriebenen entwicklungsbedingten Schmelzhypomineralisationen erfolgte im Zusammenhang mit einer epidemiologischen Erfassung der Karieslast bei Kita-Kindern (Schulz 2020). Daher konnten die Befunde der Hypomineralisationen in einem gemeinsamen Datensatz mit den Kariesbefunden verknüpft werden. Hierbei konnten mehrere interessante Feststellungen getroffen werden. Zunächst wurde die bekannte Abhängigkeit von Karieserfahrung und Schichtzugehörigkeit bestätigt. So waren 86,5% der Kinder aus Haushalten der oberen Sozialschicht kariesfrei, 75,0% der Kinder aus Mittelschichthaushalten und 55,6% der Kinder, die der Unterschicht zuzuteilen waren

(WHO-Kriterien). Auch der dmft-Index und der dmfs-Index folgen diesem Gradienten (p jeweils $< 0,001$). Unter Einbeziehung von Initialkaries werden die Unterschiede jedoch schwächer und erreichen in der statistischen Überprüfung zwischen den Kindern der verschiedenen Sozialschichtzugehörigkeit keine signifikanten Differenzen mehr.

Des Weiteren konnte mittels eines Abgleichs der Karieswerte mit den Hypomineralisationsbefunden gezeigt werden, dass weder die Kariesprävalenz noch die Karieserfahrung, sowohl ohne als auch mit Initialkaries, in statistisch signifikantem Zusammenhang zum Auftreten der umschriebenen Schmelzdefekte standen. Die auffällig unterschiedliche Karieserfahrung auf Dentinkaries-Ebene zwischen Kindern ohne Hypomineralisationsveränderungen (dmft 0,7 Zähne, dmfs 1,0 Flächen) gegenüber Kindern mit solchen Schmelzveränderungen (dmft 0,4 Zähne, dmfs 0,5 Flächen) könnte auf ein besseres Zahnputzverhalten hinweisen, sobald die Eltern die Verfärbungen und Defekte bemerken.

Einordnung der Untersuchungsergebnisse

Nachfolgend sollen die Ergebnisse dieser Studie in den Literaturstand eingeordnet werden. Es liegt inzwischen eine größere Anzahl an Studien zu umschriebenen entwicklungsbedingten Hypomineralisationen im Milchgebiss vor. Dabei schwankt die gefundene Prävalenz zwischen 0% und 41% (McCarra et al. 2020). In dieser Metaanalyse, in die 32 Studien mit Daten von 26805 Kindern einbezogen wurden, betrug die mittlere HSPM-Prävalenz 6,80 % auf Kinderebene und 4,08% auf Zahnebene.

Die von uns berichtete Prävalenz ist im Vergleich zu anderen Studien aus Europa hoch. Die hier ermittelte Prävalenz von 29,4% der Hypomineralisationen entspricht am ehesten den 21,8%, die aus den Niederlanden berichtet wurden (Elfrink et al., 2009). Allerdings stammt diese Studie aus einer kleinen, spezifischen Gruppe (Patienten, die eine Kinderzahnklinik besucht hatten). In einer weiteren Studie berichten Elfrink et al. im Jahr 2008 über eine Prävalenz von 4,8% bei 5-jährigen niederländischen Kindern,

während sie in den Jahren 2012 und 2013 eine höhere Prävalenz von 9% meldeten. Ghanim et al. (2013) fanden eine Prävalenz von 6,6 % im Irak, Mittal und Sharma (2015) eine Prävalenz von 5,6 % in Indien und Temilola et al. (2015) eine Prävalenz von 4,6 % bei Kindern im Alter von 3-5 Jahren in Nigeria. Nerge-Burber et al. (2016) führten eine Querschnittsstudie an einer Stichprobe von 8- und 9-jährigen Kindern aus Spanien durch, um den möglichen Zusammenhang zwischen HSPM und MIH auszuwerten und berichteten über eine Prävalenz von MMH von 14,8 %. Beim Vergleich der jeweiligen Studien ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese sich oftmals ausschließlich auf die zweiten oder auch alle Milchmolaren beziehen. Dennoch sind auch die in der eigenen Studie für diese Zahngruppen ermittelten Prävalenzraten höher als die in den meisten Vergleichsstudien.

In Bezug auf die Hypomineralisation von Inzisiven und Eckzähnen im Milchgebiss wird in wenigen anderen Publikationen über solche Schmelzdefekte berichtet. Die Untersuchungen von Lunardelli und Peres (2005), Slayton et al. (2001) und Wagner (2016) untersuchten das gesamte Milchgebiss einschließlich der Inzisiven und Eckzähne. Nach Lunardelli und Peres (2005) waren die am stärksten von Defekten betroffenen Zähne die oberen zweiten Molaren (26,8%), gefolgt von den unteren zweiten Molaren (17,6%), den oberen ersten Molaren (11,9%), den unteren ersten Molaren (11,6%) und den unteren Eckzähnen (11,6%), den oberen Eckzähnen (10,3%) und den oberen Schneidezähnen (9,2%, alle Prozentsätze bezogen auf die Milchzähne mit Entwicklungsdefekten). Die am wenigsten betroffenen Zähne waren die unteren Inzisiven (nur 1%). Diese Rangfolge der betroffenen Zähne stimmt mit den Ergebnissen der vorgelegten Studie überein.

Slayton et al. (2005) berichten, dass unter den Probanden mit mindestens einer isolierten Opazität der am häufigsten betroffene Zahn der zweite Milchmolar im Oberkiefer war und die am zweithäufigsten betroffenen Zähne die Eckzähne im Unterkiefer waren. Wagner fand, wiederum bezogen auf alle Milchzähne mit Entwicklungsstörungen, dass zweite Milchmolaren (35,2%), Eckzähne (30,8%) und Inzisiven (29,7%) häufiger betroffen sind als erste Milchmolaren (4,4%). Alle

Entwicklungsdefekte befanden sich in den bukkalen und okklusalen Bereichen. Diese Studien stimmen mit dem Ergebnis unserer Studie überein, dass ein beträchtlicher Prozentsatz der Milch-Eckzähne entwicklungsbedingte Schmelzdefekte aufweist. Der Grad der Beteiligung der primären Inzisiven variiert jedoch zwischen den verschiedenen Untersuchungen einschließlich der eigenen Studie.

Der hohe Anteil an Milchmolaren, die von MMH betroffen sind, stellt für Kinderzahnärzte und Zahnärzte oft ein besonderes therapeutisches Problem dar, das neben dem oftmals jungen Alter der Kinder mit der erhöhten Sensibilität einiger MMH-Zähne bei schlechterer Anästhesierbarkeit verbunden ist. Schon 2002 haben Jälevik and Klingberg darauf hingewiesen, dass Kinder mit MIH eine verstärkte Betreuung und Behandlung durch das zahnärztliche Team benötigen, da bei raschem Schmelzverlust und zunehmender Behandlungsangst ein erhöhter Behandlungsaufwand vorliegt. Es kann postuliert werden, dass dies auf für Hypomineralisationen in Milchzähnen zutrifft.

Zudem gelten MMH-Zähne aufgrund der Hypomineralisation des Zahnschmelzes als anfälliger für Karies (Elfrink et al. 2010), so dass auch besondere präventive Bedarfe vorliegen. Prävention ist auch in dem frühen Stadium der Opazitäten wichtig, da der Zahn anfälliger für post-eruptive Abplatzungen und kariöse Angriffe ist (Lygidakis et al., 2010). Allerdings konnte in der vorliegenden Studie kein Zusammenhang zwischen der Präsenz von Hypomineralisationen im Milchzahnschmelz und der Karieslast der betreffenden Kinder nachgewiesen werden. Die Unsicherheit, ob ein Zusammenhang zwischen entwicklungsbedingten Hypomineralisationen und Karies im Milchgebiss besteht, spiegelt sich auch in der Literatur wider. So fanden Owen et al. (2018) bei Grundschulkindern aus Melbourne in Übereinstimmung mit der aktuellen Erhebung keinen Zusammenhang zwischen den beiden dentalen Erkrankungen. Ebenso schlussfolgern Ben Salem et al. (2023) in einer Übersichtsarbeit, dass die Karieserfahrung nicht signifikant zwischen Kindern mit und ohne Hypomineralisationen der zweiten Milchmolaren (HSPM) differieren würde. Im Gegensatz hierzu finden Portella et al. (2022) in einer Literaturübersicht signifikant höhere Karieslast bei

Kindern mit begrenzten entwicklungsbedingten Schmelzdefekten sowie mit HSPM als bei Kindern ohne diese Schmelzdefekte.

Die in der vorliegenden Studie beobachtete geringere Karieslast bei Kindern mit Hypomineralisationen im Milchgebiss steht in Übereinstimmung mit einer aktuellen Erhebung aus Bayern, in der 8- bis 10-jährige Kinder mit Hypomineralisationen der zweiten Milchmolaren ebenfalls geringere Karieswerte aufweisen als Kinder ohne diese Entwicklungsstörungen (Fresen et al. 2025). In beiden Untersuchungen erreicht die Differenz jedoch kein Signifikanzniveau.

Die Prävalenzen entwicklungsbedingter Milchzahndefekte, die in der vorliegenden Studie registriert wurden, sind auch von versorgungspolitischer Bedeutung. Das zahnärztliche Team sollte daher schon frühzeitig nach dem Durchbruch der zweiten Milchmolaren auf MMH-Veränderungen achten. Sobald MMH diagnostiziert wird, können den Eltern zusätzliche präventive Empfehlungen für häufigere (dreimonatliche) zahnärztliche Kontrolluntersuchungen, die Verwendung des Wirkstoffes CCP-ACP (Tooth-Mousse) sowie für die Verwendung von Zahnpasta mit einem Fluoridgehalt von mindestens 1.000 ppm gegeben werden (Lygidakis et al., 2010). Die Kariogenität und Erosivität der Ernährung des Kindes sollte gering sein und es sollten entsprechende Empfehlungen für Ernährungsänderungen ausgesprochen werden (Mittal et al., 2013).

Die Informationen, die diese Studie liefert, müssen im Rahmen der erwähnten Einschränkungen des Studiendesigns vor allem in Bezug auf die hier mehrheitlich untersuchten Kinder aus der oberen Sozialschicht sowie ohne Migrationshintergrund betrachtet werden. Es wäre daher wichtig, die Studie auf größere repräsentative Stichproben auszuweiten. Zugleich sollte international Übereinstimmung hinsichtlich der Erhebungsverfahren mit standardisierten Bewertungskriterien und Erhebungsbögen angestrebt werden (Elfrink et al., 2015). Zudem könnte aus weiteren Querschnittsstudien beantwortet werden, ob sich die Prävalenz von MMH, MIH oder ähnlichen Hypomineralisationsbefunden bei anderen Zähnen im Laufe der Zeit

verändert. Dies hätte angesichts der Herausforderungen der Prävention und Therapie der Hypomineralisationen gesundheitspolitische Bedeutung.

5.3 Schlussfolgerungen

- 29,4% der 3- bis 6-jährigen Kindergartenkinder weisen umschriebene Opazitäten oder Schmelzverluste aufgrund von Hypomineralisationen bei Milchzähnen auf. Dies stellt eine hohe Prävalenz dar.
- Differenziert nach Zahnkategorien beträgt die Prävalenz 24,9% bei zweiten Milchmolaren (HSPM) bzw. 28,6% bei allen Milchmolaren (MMH) sowie 8,3% bei Inzisiven und Eckzähnen.
- Der Schweregrad der entwicklungsbedingten Zahnstrukturdefekte ist überwiegend gering. Bei 60,7% der Kinder mit Hypomineralisationen beschränken sich die Veränderungen auf umschriebene Opazitäten.
- Bei 6,3% aller untersuchter Kinder sind umschriebene Defekte als schwerste Defekt-Ausprägung und bei 5,3% ausgedehnte Schmelzstrukturverluste zu beobachten. In dieser Größenordnung bestehen besondere therapeutische Bedarfe.
- Bei den betroffenen Kindern zeigen in den meisten Fällen ein oder zwei Zähne die umschriebenen entwicklungsbedingten Hypomineralisationen.
- Am häufigsten sind die zweiten Milchmolaren betroffen, die zudem die schwersten Schmelzverluste aufweisen.
- Die Prävalenz und der Schweregrad von Opazitäten oder Schmelzverlusten aufgrund von Hypomineralisationen unterscheidet sich nicht zwischen Jungen und Mädchen.
- Auch bezüglich der Sozialschichtzugehörigkeit oder des Migrationshintergrundes zeigt die Erhebung trotz auffälliger Abweichungen keine statistisch signifikanten Unterschiede.
- Es besteht Bedarf an weiteren epidemiologischen Studien mit standardisierter Befunderhebung.

5.4 Beantwortung der Untersuchungshypothesen

Arbeitshypothese 1:

Die Häufigkeit von MMH-Befunden bei Hamburger Kita-Kindern entspricht den aus wenigen anderen nationalen und internationalen Studien aufgezeigten Prävalenzraten.

Die Hypothese kann nicht angenommen werden. Auch wenn international eine sehr große Schwankungsbreite der Hypomineralisationsbefunde angegeben wird, innerhalb der sich die hier bestimmte MMH-Prävalenzrate befindet, liegt diese mit 28,6% weit von dem international errechneten Mittelwert von 6,8% entfernt.

Arbeitshypothese 2:

Ein niedriger Bildungslevel der Eltern sowie ein Migrationshintergrund korrelieren mit höherer MIH-Prävalenz.

Die Hypothese ist zurückzuweisen.

Arbeitshypothese 3:

Kariesprävalenz und Karieserfahrung korrelieren mit dem Vorliegen von MMH-Befunden.

Die Hypothese ist ebenfalls zurückzuweisen.

Die Tatsache, dass die eingangs anhand der Literatur generierten Hypothesen allesamt nicht angenommen werden können, kann abschließend als Beleg für den hohen Forschungsbedarf bezüglich der Thematik der entwicklungsbedingten Schmelzhypomineralisationen gewertet werden.

6 Zusammenfassung

Zu dem seit gut zwei Jahrzehnten bei bleibenden Zähnen bekannten Krankheitsbild der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH) finden sich analoge Veränderungen auch an Milchzähnen (Milch-Molaren-Hypomineralisation, MMH). Diese können als Opazitäten imponieren oder Schmelzverluste umfassen. Zur MMH sind bislang allerdings nur wenige Kenntnisse einschließlich der Häufigkeit ihres Vorkommens vorhanden. Das Ziel der Studie war es daher, die Prävalenz von umschriebenen Opazitäten und entwicklungsbedingten Schmelzdefekten des gesamten Milchgebisses bei 3- bis 6-jährigen Vorschulkindern in Hamburg zu ermitteln. Dabei sollten Bezüge zu sozioökonomischen Parametern (Bildungslevel der Eltern, Migrationshintergrund) hergestellt und die Befunde zur Kariesprävalenz und -erfahrung in Beziehung gesetzt werden.

Die Erhebung wurde als Querschnitts-Beobachtungsstudie in Hamburger Kindertagesstätten im Zeitraum von Juli bis Dezember 2016 durchgeführt. Die Stichprobenziehung erfolgte in Absprache mit der Landesarbeitsgemeinschaft zur Förderung der Jugendzahnpflege in Hamburg (LAJH). Die klinischen Untersuchungen wurden von zwei kalibrierten Untersucherinnen durchgeführt. Es wurden neben Daten zur Kariesprävalenz und -erfahrung (dmft- und dmfs-Index) MMH-Befunde auf Zahnflächenebene dokumentiert. Der Schweregrad der Hypomineralisationen aller Milchzähne wurde anhand modifizierter Kriterien nach Wetzel und Reckel (1991) erfasst. Zusätzlich wurden die Eltern mittels Fragebögen zu soziodemografischen und kariesrelevanten Inhalten befragt. In der statistischen Auswertung wurden die Prävalenz der verschiedenen Ausprägungen der Hypomineralisationen an unterschiedlichen Zahnggruppen sowie Zusammenhänge zu soziodemografischen Daten und zur Karieslast bestimmt.

Die Stichprobe umfasste 398 Kinder im Alter von 3 bis 6 Jahren. Die Gesamtprävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen betrug 29,4%. Die Prävalenz bei zweiten Milchmolaren (HSPM) lag bei 24,9%, bei allen Milchmolaren (MMH) bei 28,6%

und bei Inzisiven und Eckzähnen bei 8,3%. Der Schweregrad der Defekte war bei 60,7% der betroffenen Kinder auf Opazitäten beschränkt. Die zweiten Milchmolaren waren am häufigsten betroffen. Mit zunehmendem Alter der Kinder ist deutliche Veränderung der Defektausprägung von Opazitäten hin zu schwereren Schmelzdefekten zu erkennen. Kinder aus Familien mit geringerem sozioökonomischen Status und mit Migrationshintergrund wiesen seltener Schmelzhypomineralisationen auf, es konnte hierfür jedoch kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Ebenso zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Karieslast und dem Vorliegen von Schmelzhypomineralisationen. Die der Studiendurchführung zugrunde gelegten Hypothesen, dass die Häufigkeit von MMH-Befunden den aus anderen Studien aufgezeigten Prävalenzraten entspricht, dass ein niedriger Bildungslevel der Eltern sowie ein Migrationshintergrund mit höherer MIH-Prävalenz korrelieren und dass Kariesprävalenz und Karieserfahrung mit dem Vorliegen von MMH-Befunden assoziiert sind, werden daher zurückgewiesen.

Die Studie liefert einen Beitrag zum epidemiologischen Erfassen der Verbreitung und Schwere der MMH. Die Prävalenz von 29,4% ist im internationalen Vergleich als hoch einzuordnen. Die Ergebnisse der Studie unterstreichen die Notwendigkeit, zahnärztliches Fachpersonal frühzeitig für das Vorkommen von MMH-Veränderungen zu sensibilisieren und Eltern über präventive Maßnahmen zu informieren. Angesichts der Einschränkungen des Studiendesigns, insbesondere in Bezug auf die Stichprobenzusammensetzung, wird die Ausweitung der Studie auf größere, repräsentativere Stichproben mit standardisierten Erhebungsverfahren und Bewertungskriterien empfohlen.

7 Abstract

In parallel to the clinical condition of molar incisor hypomineralization (MIH), which has been known in permanent teeth for over two decades, similar changes can also be found in deciduous teeth (deciduous molar hypomineralization, DMH). These may appear as opacities or include enamel breakdown. However, little is known about DMH, including the frequency of its occurrence. The aim of the study was therefore to determine the prevalence of circumscribed opacities and developmental enamel defects of the entire deciduous dentition in 3- to 6-year-old preschool children in Hamburg. The aim was to correlate the findings with socioeconomic parameters (parents' level of education, migration background) and the findings of caries prevalence and experience.

The survey was conducted as a cross-sectional observational study in Hamburg daycare centers in the period from July to December 2016. The sampling was carried out in consultation with the Association for Oral Health Promotion in Children and Adolescents Hamburg (LAJH). The clinical examinations were carried out by two calibrated examiners. In addition to data on caries prevalence and experience (dmft and dmfs index), DMH findings were documented at tooth surface level. The severity of hypomineralization of all deciduous teeth was recorded using modified criteria according to Wetzel and Reckel (1991). In addition, the parents were interviewed using questionnaires on sociodemographic factors and caries-related behavior. In the statistical analysis, the prevalence of the various forms of hypomineralization in different tooth groups and correlations with sociodemographic data and the caries burden were determined.

The sample comprised 398 children aged 3 to 6 years. The overall prevalence of circumscribed enamel hypomineralization was 29.4%. The prevalence in second primary molars (HSPM) was 24.9%, in all primary molars (DMH) 28.6% and in incisors and canines 8.3%. The severity of the defects was limited to opacities in 60.7% of the affected children. The second deciduous molars were most frequently affected. With

increasing age of the children, there was a clear change in the severity of the defects from opacities to more significant enamel defects. Children from families with a lower socioeconomic status and with a migration background were less likely to have enamel hypomineralization, but no statistically significant correlation was found. Similarly, there was no significant correlation between the caries burden and the presence of enamel hypomineralization. The hypotheses on which the study was based, namely that the frequency of DMH findings corresponds to the prevalence rates shown in other studies, that a low level of parental education and a migration background correlate with higher MIH prevalence and that caries prevalence and caries experience are associated with the presence of DMH findings, are therefore rejected.

The study makes a contribution to the epidemiological assessment of the prevalence and severity of MMH. The prevalence of 29.4% is high by international comparison. The results of the study underline the need to draw the attention of dental professionals to the occurrence of DMH changes at an early stage and to inform parents about preventive measures. In view of the limitations of the study design, particularly with regard to the sample structure, it is recommended that the study be expanded to include larger, more representative samples with standardized sampling procedures and assessment criteria.

8 Literaturverzeichnis

- Aine L, Backström MC, Mäki R, Kuusela AL, Koivisto AM, Ikonen RS, Mäki M (2000): Enamel defects in primary and permanent teeth of children born prematurely. *J Oral Pathol Med* 29:403-409
- Alaluusua S (2010): Aetiology of Molar-Incisor Hypomineralisation: A systematic review. *Eur Arch Paediatr Dent* 11:53–58
- Alaluusua S, Lukinmaa PL, Koskimies M, Pirinen S, Hölttä P, Kallio M, Holttinen T, Salmenperä L (1996): Developmental dental defects associated with long breast feeding. *Eur J Oral Sci* 104:493–497
- Aldred M, Savarirayan R, Crawford P (2003): Amelogenesis imperfecta: a classification and catalogue for the 21st century. *Oral Dis* 9:19–23
- American Academy of Pediatric Dentistry. Molar-incisor hypomineralization. The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry; 2024:444-51
- Beentjes VEV, Weerheijm KL, Groen HJ (2002): Factors involved in the aetiology of Molar-Incisor Hypomineralisation (MIH). *Eur J Paediatr Dent* 3:9–13
- Bekes K (2021): Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation. Quintessenz, Berlin
- Bekes K (2023). MIH von A bis Z. *ZWP Zahnarzt Wirtschaft Praxis* 6.2023:48-51
- Bekes K, Steffen R (2016): Das Würzburger MIH-Konzept: Teil 1. Der MIH-Treatment Need Index (MIH-TNI). *Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd* 38:165-170
- Bekes K, Steffen R, Krämer N (2024): Hypomineralised second primary molars: the Würzburg concept. *Eur Arch Paediatr Dent* 25: 597–602
- Ben Salem M, Chouchene F, Masmoudi F, Baaziz A, Maatouk F, Ghedira H (2023): Are Molar-Incisor Hypomineralization and Hypomineralized Second Primary Molars predictive of dental caries?: A systematic review. *Eur J Dent* 17:7-15

Born C, Brauns U, Dürr KG, Füllkrug A, Hartmann Th, Pollok R, Pathen C, SchmidtSchäfer S, Völkner-Stetefeld P, Winter-Borucki G, Wieklinski C, Wohner-Deul N (2008). Zweite Querschnittsuntersuchung zur Mundgesundheit 3- bis 5-jähriger Kindergartenkinder in fünf Landkreisen und drei kreisfreien Städten in Hessen 2005/2006. Zahnärztl Gesundheitsdienst 3:13-15

Bottenberg P, Carvalho JC, Declerck D, Declerck K, De Vos E, Vanden Abbeele A, Van Nieuwenhuysen JP, Vanobbergen J: Rapport final du projet: Système d'enregistrement et de surveillance de la santé bucco-dentaire de la population belge 2012–2014. INAMI, 2015.

Brook AH, Smith JM (1998): The Aetiology of Developmental Defects of Enamel: A Prevalence and Family Study in East London, U.K. Connect Tissue Res 39:151–156

Burghardt P (1995): Kariesfrequenz und Kariesbefall Hamburger Kindergarten- und Kindertagesheimkinder im Jahre 1993. Med Diss, Hamburg

Butler P (1967): The prenatal development of the human first upper permanent molar. Arch Oral Biol 12:551–563

Chawla N, Messer LB, Silva M (2008): Clinical Studies on Molar-Incisor-Hypomineralisation Part 1: Distribution and Putative Associations. Eur Arch Paediatr Dent 9:180–190

Commission on Oral Health Research and Epidemiology. Report of an FDI Working Group (1992): A review of the developmental defects of enamel index (DDE index). Int Dent J 42:421–426

Costa-Silva CM, Paula JSD, Ambrosano GMB, Mialhe FL (2013): Influence of deciduous molar hypomineralization on the development of molar-incisor hypomineralization. Braz J Oral Sci 12:335–338

Crombie F, Manton D, Kilpatrick N (2009): Aetiology of molar-incisor hypomineralization: a critical review. Int J Paediatr Dent 19:73–83

Da Costa Silva, C.M., Ortega, E.M.M. and Mialhe, F.L. (2017). The Impact of Molar-Incisor Hypomineralisation on Dental Caries in Permanent First Molars: A Prospective Cohort Study. *Oral Health Prev Dent* 15:581–586

Dürr KG, Füllkrug A, Gnegel J, Graf P, Hartmann Th, Hesse U, Issing S, Lange A, Menzel G, Müller-Balzarek R, Pollok R, Seeger M, Schmidt-Schäfer S, Schul C, Völkner-Stetefeld P, Wleklinski C, Wohner-Deul N (2017). Siebte zahnärztliche Querschnittsuntersuchung 3- bis 5- Jähriger in 9 Landkreisen und 3 kreisfreien Städten in Hessen 2016/17.

https://soziales.hessen.de/sites/default/files/media/hsm/siebte_querschnittsuntersuchung.pdf

Elfrink M, Cate JT, Ruijven LV, Veerkamp J (2013): Mineral content in teeth with Deciduous Molar Hypomineralisation (DMH). *J Dent* 41:974–978

Elfrink M (2012): Deciduous molar hypomineralisation, its nature and nurture. Thesis, University of Amsterdam, pp 1–160

Elfrink M, Schuller A, Weerheijm K, Veerkamp J (2008): Hypomineralized Second Primary Molars: Prevalence Data in Dutch 5-Year-Olds. *Caries Res* 42:282–285

Elfrink M, Cate JT, Jaddoe V, Hofman A, Moll HA, Veerkamp JSJ (2012): Deciduous Molar Hypomineralization and Molar Incisor Hypomineralization. *J Dent Res* 91:551–555

Elfrink M, Ghanim A, Manton DJ, Weerheijm KL (2015): Standardised studies on Molar Incisor Hypomineralisation (MIH) and Hypomineralised Second Primary Molars (HSPM): a need. *Eur Arch Paediatr Dent* 16:247–255

Elfrink M, Moll HA, Jong JCK-D, Marroun HE, Jaddoe VWV, Hofman A, et al. (2013): Is Maternal Use of Medicines during Pregnancy Associated with Deciduous Molar Hypomineralisation in the Offspring? A Prospective, Population-Based Study. *Drug Saf* 36:627–633

Elfrink, M.E.C., Moll, H.A., Kiefte-de Jong, J.C., Jaddoe, V.W.V., Hofman, A., ten Cate, J.M. and Veerkamp, J.S.J. (2014). Pre- and Postnatal Determinants of Deciduous

Molar Hypomineralisation in 6-Year-Old Children. The Generation R Study. PLoS ONE, 9(7), p.e91057.

Elfrink M, Schuller AA, Veerkamp JSJ, Poorterman JHG, Moll HA, ten Cate BJ (2010): Factors increasing the caries risk of second primary molars in 5-year-old Dutch children. *Int J Paediatr Dent* 20:151–157

Elfrink M, Veerkamp JSJ, Aartman IHA, Moll HA, ten Cate JM (2009): Validity of scoring caries and primary molar hypomineralization (DMH) on intraoral photographs. *Eur Arch Paediatr Dent* 10:5–10

Elfrink M, Weerheijm KL (2012): Molar Incisor Hypomineralisation and Deciduous Molar Hypomineralisation - Clinical appearance, prevalence and determinants for its occurrence. *Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd* 34:166–175

Elger W, Illge C, Kiess W, Körner A, Kratzsch J, Schrock A, Hirsch C (2020): Relationship between deciduous molar hypomineralisation and parameters of bone metabolism in preschool children. *Int Dent J* 2020; 70:303-307

Elhennawy K, Schwendicke F (2016): Managing molar-incisor hypomineralization: A systematic review. *J Dent* 2016; 55: 16–24

Elhennawy K, Jost-Brinkmann PG, Manton DJ, Paris S, Schwendicke F (2017): Managing molars with severe molar-incisor hypomineralization: A cost-effectiveness analysis within German healthcare. *J Dent* 63: 65–71

Fagrell TG, Dietz W, Jälevik B, Nören J (2010): Chemical, mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars. *Acta Odontol Scand* 68:215–222

Fagrell TG, Lingström P, Olsson S, Steiniger F, Nören J (2008): Bacterial invasion of dentinal tubules beneath apparently intact but hypomineralized enamel in molar teeth with molar incisor hypomineralization. *Int J Paediatr Dent* 18:333–340

Farah R, Drummond B, Swain M, Williams S (2010): Linking the clinical presentation of molar-incisor hypomineralisation to its mineral density. *Inter J Paediatr Dent* 20:353–360

- Fatturi AL, Wambier LM, Chibinski AC, Assunção LRDS, Brancher JA, Reis A, Souza JF (2019): A systematic review and meta-analysis of systemic exposure associated with molar incisor hypomineralization. *Community Dent Oral Epidemiol* 47:407-415
- Fearne J, Anderson P, Davis GR (2004): 3D X-ray microscopic study of the extent of variations in enamel density in first permanent molars with idiopathic enamel hypomineralisation. *Br Dent J* 196:634–638
- Fresen KF, Gaballah R, Schill HI, Amend S, Sarpari K, Pitchika V, Krämer N, Kühnisch J (2025): Prevalence and association of caries and enamel hypomineralisation/Molar-Incisor Hypomineralisation in 8- to 10-year-old children from Bavaria, Germany. *Caries Res* 59:87-97
- Gaballah R, Fresen K, Amend S, Schill H, Kühnisch J, Krämer N (2025): Zahngesundheit von 8- bis 10-jährigen Kindern in Bayern 2023. Eine epidemiologische Studie mit Fokus auf die Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH). *Bay Zahnärztebl* 62(1-2):52-57
- Gambetta-Tessini, K., Mariño, R., Ghanim, A., Calache, H. and Manton, D.J. (2019). The impact of MIH/HSPM on the carious lesion severity of schoolchildren from Talca, Chile. *Eur Arch Paediatr Dent* 20:417–423
- Garot E, Denis A, Delbos Y et al. (2018): Are hypomineralised lesions on second primary molars (HSPM) a predictive sign of molar incisor hypomineralisation (MIH)? A systematic review and a meta-analysis. *J Dent* 72:8–13
- Ghanim A, Manton D, Mariño R, Morgan M, Bailey D (2012): Prevalence of demarcated hypomineralisation defects in second primary molars in Iraqi children. *Int J Paediatr Dent* 23:48–55
- Ghanim A, Morgan M, Mariño R, Bailey D, Manton D (2012): Risk factors of hypomineralised second primary molars in a group of Iraqi schoolchildren. *Eur Arch Paediatr Dent* 13:111–118
- Gülzow HJ, Farshi H (2000): Die Zahngesundheit Hamburger Kindergartenkinder 1977-1998. *Dtsch Zahnärztl Z* 55: 770-773

Gülzow HJ, Gerritzen TH, Ritter HJ (1980): Milchzahnkaries bei Großstadtkindern. Dtsch Zahnärztl Z 35: 297-300

Halal, F. and Raslan, N. (2020). Prevalence of hypomineralised second primary molars (HSPM) in Syrian preschool children. European Archives of Paediatric Dentistry, 21(6), pp.711–717.

Heinrich-Weltzien R (2020): Frühkindliche Karies – was ist diagnostisch und therapeutisch zu beachten? ZWR - Dtsch Zahnärztebl 129:262-272

Holt RD (1995): The pattern of caries in a group of 5-year-old children and in the same cohort at 9 years of age. Community Dent Health 12:93–99.

Jälevik B, Dietz W, Nören J (2005): Scanning electron micrograph analysis of hypomineralized enamel in permanent first molars. Int J Paediatr Dent 15:233–240

Jälevik, B. and Klingberg, G.A. (2002): Dental treatment, dental fear and behaviour management problems in children with severe enamel hypomineralization of their permanent first molars. Int J Paediatr Dent 12:24–32

Jälevik B, Norén J (2008): Enamel hypomineralization of permanent first molars: a morphological study and survey of possible aetiological factors. Int J Paediatr Dent 10:278–289

Jälevik B (2010): Prevalence and Diagnosis of Molar-Incisor-Hypomineralisation (MIH): A systematic review. Eur Arch Paediatr Dent 11:59–64.

Jordan R, Micheelis W (2016): Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Deutscher Ärzte Verlag, Köln 2016

Kemoli AM (2008): Prevalence of molar incisor hypomineralization in six to eight year-olds in two rural divisions in Kenya. East Afr Med J 85:514–519

Koch G, Hallonsten A-L, Ludvigsson N, Hansson BO, Hoist A, Ullbro C (1987): Epidemiologic study of idiopathic enamel hypomineralization in permanent teeth of Swedish children. Community Dent Oral Epidemiol 15:279–285

Knapp V, Nies SM (2009): Molar-Incisor-Hypomineralisation. Zahnmedizin up2date 3:491-510

Kotsanos N, Kaklamanos EG, Arapostathis K (2005): Treatment management of first permanent molars in children with Molar-Incisor Hypomineralisation. Eur J Paediatr Dent 6:179-184

Krishnan R, Ramesh M (2014): Molar incisor hypomineralisation: A review of its current concepts and management. SRM J Res Dent Sci 5:248-252

Kühnisch J, Heitmüller D, Thiering E, Brockow I, Hoffmann U, Neumann C, Heinrich-Weltzien R, Bauer CP, von Berg A, Koletzko S, Garcia-Godoy F, Hickel R, Heinrich J (2014): Proportion and extent of manifestation of molar-incisor-hypomineralizations according to different phenotypes. J Public Health Dent 74:42-49

Kühnisch, J., Standl, M., Hickel, R., Heinrich J (2021) Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH). Häufigkeit und mögliche Ursachen unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Münchner Geburtskohorten GINIplus und LISA. Bundesgesundheitsbl 64:924–930

LAJH - Landesarbeitsgemeinschaft Jugendzahnpflege Thüringen (2012). Richtlinie zur Umsetzung der Basis- und Intensivprophylaxe in Thüringen. Verfügbar unter: [http://www.lzkth.de/lzkth2/ressources.nsf/\(UNID\)/DEA9FD5A85AA92D1C12585CC006A4C82/\\$file/Richtlinie_2018.pdf](http://www.lzkth.de/lzkth2/ressources.nsf/(UNID)/DEA9FD5A85AA92D1C12585CC006A4C82/$file/Richtlinie_2018.pdf)

LAJH - Landesarbeitsgemeinschaft Jugendzahnpflege Hamburg (1986). Satzung. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Soziales/Sozialleistungen/Kindertagesbetreuung/Tabellen/Tabellen_KinderKindertageseinrichtungenBL.html (Zuletzt abgerufen: 19.03.2018)

Logan WHG, Kronfeld R (1933): Development of the human jaws and surrounding structures from birth to the age of fifteen years. J Am Dent Assoc 20:379-427

Lunardelli SE, Peres MA (2005): Prevalence and distribution of developmental enamel defects in the primary dentition of pre-school children. Braz Oral Res 19:144-149

- Lygidakis NA, Chaliasou A, Siounas G (2003): Evaluation of composite restorations in hypomineralised permanent molars: a four year clinical study. *Eur J Paediatr Dent* 3:143–148
- Lygidakis NA, Wong F, Vierrou AM, Alaluusua S, Espelid I, Jälevik B (2010): Best Clinical Practice Guidance for clinicians dealing with children presenting with Molar-Incisor-Hypomineralisation (MIH). *Eur Arch Paediatr Dent* 11: 75–81
- Martelli-Júnior H, Neto PE, Aquino SN, Santos CC, Borges SP, Oliveira EA, Lopes MA, Coletta RD (2011): Amelogenesis Imperfecta and Nephrocalcinosis Syndrome: A Case Report and Review of the Literature. *Nephron Physiol* 18:62-65
- McCarra C, Olegário IC, O’Connell AC, Leith, R (2022): Prevalence of hypomineralised second primary molars (HSPM): A systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent* 32:367–382
- Micheelis W, Schiffner U (2006): Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie. IDZ-Materialienreihe Bd 31. Deutscher Zahnärzte-Verlag, Köln
- Mittal N, Sharma BB (2015): Hypomineralised second primary molars: prevalence, defect characteristics and possible association with Molar Incisor Hypomineralisation in Indian children. *Eur Arch Paediatr Dent* 16:441–447
- Mittal S, Bector A, Kaur A, Singh R, Sharma S (2013): Molar Incisor Hypomineralization: A literature review. *Dent J Adv Stud* 1:37-42
- Negre-Barber A, Montiel-Company JM, Boronat-Catalá M, Catalá-Pizarro M, Almerich-Silla JM (2016): Hypomineralized Second Primary Molars as Predictor of Molar Incisor Hypomineralization. *Sci Rep* 6:1-6
- Oliver K, Messer LB, Manton DJ, Kan K, Ng F, Olsen C, Sheahan J, Silva M, Chawla N (2013): Distribution and severity of molar hypomineralisation: trial of a new severity index. *Int J Paediatr Dent* 24:131–151
- Owen ML, Ghanim A, Elsby D, Manton DJ (2018): Hypomineralized second primary molars: Prevalence, defect characteristics and relationship with dental caries in Melbourne preschool children. *Aust Dent J* 63:72-80

Oyedele TA, Folayan MO, Adekoya-Sofowora CA, Oziegbe EO (2015): Co-morbidities associated with molar-incisor hypomineralisation in 8 to 16 year old pupils in Ile-Ife, Nigeria. BMC Oral Health 15:37.

Pabbla A, Duijster D, Grasveld A, Sekundo C, Agyemang C, van der Heijden G (2021): Oral health status, oral health behaviours and oral health care utilisation among migrants residing in Europe: A systematic review. J Immigr Minor Health 23:373-388

Petrou MA, Giraki M, Bissar A-R, Basner R, Wempe C, Altarabulsi MB, Schäfer M, Schiffner U, Beikler T, Schulte AG, Splieth CH (2014) Prevalence of Molar-Incisor-Hypomineralisation among school children in four German cities. Int J Paediatr Dent 24:434–440

Portella PD, Dias BC, Ferreira P, de Souza JF, Wambier L, Assunção LRDS (2022): The association of developmental dental defects and the clinical consequences in the primary dentition: A systematic review of observational studies. Pediatr Dent 44:330-341

Quintero J, Restrepo M, Saldarriaga JA, Saldarriaga A, Santos-Pinto L (2019): Treatment options for deciduous molar hypomineralization: a report of three cases. Dental Update 46:546-553

Reyes MRT, Fatturi AL, Menezes JVNB, Fraiz FC, da Silva Assunção LR, de Souza JF (2019) Demarcated opacity in primary teeth increases the prevalence of molar incisor hypomineralization. Braz Oral Res 15;33:e048

Schiffner, U (2016): Krankheits- und Versorgungsprävalenzen bei Kindern (12-Jährige): Karies, Erosionen, Molaren-Inzisiven-Hypomineralisationen. In: Jordan AR, Micheelis W (Gesamtbearbeitung): Fünfte Deutsche Mundgesundheits-Studie (DMS V). Dtsch Ärzte-Verlag, Köln, S. 231-268

Schiffner U, Gülzow HJ (1988): Kariesfrequenz und Kariesbefall Hamburger Kindergarten- und Tageskinder im Jahre 1987. Dtsch Zahnärztl Z 43: 1166-1171

Schiffner U, Hoffmann T, Kerschbaum T, Micheelis W (2009): Oral health in German children, adolescents, adults and senior citizens in 2005. *Community Dent Health* 26:18-22

Schiffner U, Schwendicke F (2022): Epidemiologie von Hypomineralisationen im Milch- und bleibenden Gebiss. *Quintessenz* 73:1098-1103

Schulz B (2020): Kariesprävalenz und Karieserfahrung bei 3- bis 6-jährigen Kindern in Hamburg. *Med Diss*

Schulz, B, Wolter I, Schiffner U (2022): Kariesprävalenz und Karieserfahrung bei 3- bis 6-jährigen Kindern in Hamburg. *Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd* 44:34–39

Schuurs A (2012): *Chronology of Dental Development. Pathology of the Hard Dental Tissues*: John Wiley & Sons, Ltd, pp 431-431

Schwendicke F, Elhennawy K, Reda S, Bekes K, Manton DJ, Krois J (2018): Global burden of molar incisor hypomineralization. *J Dent*. 68:10–18

Sidhu, N., Wang, Y., Barrett, E. and Casas, M. (2020). Prevalence and presentation patterns of enamel hypomineralisation (MIH and HSPM) among paediatric hospital dental patients in Toronto, Canada: a cross-sectional study. *Eur Arch Paediatr Dent* 21:263-270

Slayton RL, Warren JJ, Kannelis MJ, Levy SM (2001): Prevalence of enamel hypoplasia and isolated opacities in the primary dentition. *Pediatr Dent* 23:32–36

Sönmez H, Yıldırım G, Bezgin T (2013): The prevalence and severity of Molar Incisor Hypomineralisation in a group of children living in Ankara Turkey. *Clin Dent Res* 37:35–41

Suga S (1989): Enamel hypomineralization viewed from the pattern of progressive mineralization of human and monkey developing enamel. *Adv Dent Res* 3:188–198

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2016): Bevölkerung mit Migrationshintergrund in den Hamburger Stadtteilen Ende 2015. <https://www.statistik-nord.de/zahlen-fakten/hamburger-melderegister/migrationshintergrund/dokumentenansicht/bevoelkerung-mit->

migrationshintergrund-in-den-hamburger-stadtteilen-ende-2015-58836(Zugriff: 22.05.2017)

Steegmann C, Pratsch P, Schiffner U (2007): Milchzahnkaries bei 3- bis 6-jährigen Hamburger Kindern im Jahr 2006. In: Schiffner, U. (Hrsg.): Autoreferate-Band. Wissenschaftliches Programm der 14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde 2007. Quintessenz, Berlin, S.37

Temilola OD, Folayan MO, Oyedele T (2015): The prevalence and pattern of deciduous molar hypomineralization and molar-incisor hypomineralization in children from a suburban population in Nigeria. BMC Oral Health 15:73

Wagner Y (2016): Developmental defects of enamel in primary teeth - findings of a regional German birth cohort study. BMC Oral Health 17:10

Weerheijm K, Alaluusua S, Jälevik B (2001): Molar Incisor Hypomineralisation (MIH). Caries Res 35:390–391

Weerheijm K, Duggal M, Mejäre I, Papagiannoulis L, Koch G, Martens LC, Hallonsten AL (2003): Judgement criteria for molar incisor hypomineralisation (MIH) in epidemiologic studies: a summary of the European meeting on MIH held in Athens, 2003. Eur J Paediatr Dent 4:110–113

Weerheijm K (2003): Molar Incisor Hypomineralisation (MIH). Eur J Paediatr Dent 4:114–120

Weerheijm K (2004): Molar incisor hypomineralization (MIH): clinical presentation, aetiology and management. Dent Update 31:9–12

Weerheijm K, Elfrink M, Kilpatrick N (2015): Molar Incisor Hypomineralization and Hypomineralized Second Primary Molars: Diagnosis, Prevalence, and Etiology. In: Drummond BK, Kilpatrick N (eds): Planning and care for children and adolescents with dental enamel defects; Etiology, research and contemporary management. Springer, Heidelberg, pp.31–44

Wetzel WE, Reckel U (1991): Fehlstrukturierte Sechsjahrmolaren nehmen zu – eine Umfrage. Zahnärztl Mitt 81:650–651

World Health Organization (WHO) (2013): Oral health surveys: basic methods - 5th edition WHO. World Health Organization, Genf

William V, Messer LB, Burrow MF (2006): Molar-Incisor-hypomineralisation: Review and recommendations for clinical management. *Pediatr Dent* 28:224–232

Wright JT (2002): The etch-bleach-seal technique for managing stained enamel defects in young permanent incisors. *Pediatr Dent* 24:249-252

Zagdwon, A. M., Toumba, K. J., & Curzon, M. E. (2002): The prevalence of developmental enamel defects in permanent molars in a group of English school children. *Eur J Paediatr Dent* 3:91–96

9 Abkürzungsverzeichnis

AI	Amelogenesis imperfecta
AKEPH	Arbeitskreis Epidemiologie und Public Health
CPP-ACP	Casein Phosphopeptid - Amorphes Calciumphosphat
DDE-Index.....	Index of Developmental Defects of Enamel
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DI	Dentinogenesis imperfecta
DMH	Deciduous Molar Hypomineralisation
EAPD.....	European Academy of Paediatric Dentistry
FDI.....	World Dental Federation (Fédération Dentaire Internationale)
HSPM	Hypomineralised Second Primary Molars
LAJH....	Landesarbeitsgemeinschaft zur Förderung der Jugendzahnpflege in Hamburg
MH	Molaren Hypomineralisation
MIH	Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation
MIH-TNI.....	MIH-Treatment Need Index
MMH	Milchmolaren-Hypomineralisation
PCBs	Polychlorierte Biphenyle
SES	Sozioökonomischer Status
WHO.....	World Health Organisation

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Umschriebene Opazität am Sechsjahres-Molaren	7
Abbildung 2:	Sechsjahres-Molar mit posteruptiven Schmelzeinbrüchen	7
Abbildung 3:	Therapieoptionen für MIH-Zähne	23
Abbildung 4:	Schwerer MMH-Defekt in einem zweiten Milchmolaren	26
Abbildung 5:	Umschriebene Opazität an Zahn 73 und Schmelzeinbruch bei 75...26	
Abbildung 6:	Opazität an Zahn 73	26
Abbildung 7:	Verteilung der Stichprobe nach Alter (in Jahren).....	39
Abbildung 8:	Verteilung der Studienstichprobe nach sozioökonomischem Status	40
Abbildung 9:	Maximaler Schweregrad der Schmelzdefekte pro Kind, bezogen auf alle Zähne	43
Abbildung 10:	Prävalenz (%) der verschiedenen MMH-Defekte (maximaler Schweregrad) bei Kindern mit MMH-Befunden in Abhängigkeit vom Alter	47
Abbildung 11a:	Verteilung der schwerwiegendsten Formen von Schmelzhypomineralisationen pro Oberkiefer-Zahn, bezogen auf Zähne mit umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (in %)	65
Abbildung 11b:	Verteilung der schwerwiegendsten Formen von Schmelzhypomineralisationen pro Unterkiefer-Zahn, bezogen auf Zähne mit umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (in %)	66

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kriterien zur Feststellung von MIH gemäß EAPD (2003)	9
Tabelle 2:	MIH-TNI Index (Bekes und Steffen, 2016)	10
Tabelle 3:	Entwicklungszeiten der Zähne des bleibenden Gebisses in Lebensmonaten (M) bzw. -jahren (J, Logan und Kronfeld, 1933; Schuurs, 2012)	17
Tabelle 4:	Entwicklungszeiten der Zähne des Milchgebisses in Lebensmonaten (M) bzw. -jahren (Logan und Kronfeld, 1933; Schuurs, 2012)	26
Tabelle 5:	MMH-Prävalenz in verschiedenen Ländern	30
Tabelle 6:	MIH-Klassifizierung nach Wetzel und Reckel (1991)	37
Tabelle 7:	In der Studie verwendete Einteilung der MMH-Defekte	37
Tabelle 8:	Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen	41
Tabelle 9:	Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (%) in Bezug auf das Geschlecht	41
Tabelle 10:	Prävalenz von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen (%) in Abhängigkeit vom Alter	42
Tabelle 11:	Maximale Defekt-Ausprägung nach verschiedenen Zahngruppen pro Kind	42
Tabelle 12:	Schwerste Form der Schmelzhypomineralisation bei Kindern mit mindestens einer dieser Störungen in verschiedenen Zahnkategorien pro Kind	44
Tabelle 13:	Schwerste Form der Schmelzhypomineralisation in verschiedenen Zahnkategorien in Abhängigkeit vom Alter	45
Tabelle 14:	Schwerste Form der Schmelzhypomineralisation in verschiedenen Zahnkategorien in Abhängigkeit vom Alter (statistischer Vergleich ohne befundfreie Kinder)	46
Tabelle 15:	Prävalenz der umschriebenen Schmelzhypomineralisationen in Abhängigkeit vom sozioökonomischen Status (SES)	48

Tabelle 16:	Schwerste Formen umschriebener Schmelzhypomineralisationen in verschiedenen Zahnkategorien pro Kind, bezogen auf den sozioökonomischen Status (SES)	49
Tabelle 17:	Prävalenz der umschriebenen Schmelzhypomineralisationen in Abhängigkeit vom Migrationshintergrund	49
Tabelle 18:	Schwerste Formen umschriebener Schmelzhypomineralisationen in verschiedenen Zahnkategorien pro Kind, bezogen auf den Migrationshintergrund (in %).....	50
Tabelle 19:	Prävalenz von Schmelzhypomineralisationen im Milchgebiss (Prozent der jeweiligen Zähne).....	51
Tabelle 20:	Verteilung der Anzahl der betroffenen Zähne	52
Tabelle 21:	Verteilung der Anzahl betroffener Zahnflächen je Kind	53
Tabelle 22:	p-Werte zum Vergleich der Anzahl betroffener Zähne und betroffener Zahnflächen bei Jungen und Mädchen (Chi ² -Tests).....	53
Tabelle 23:	Streuung der Prävalenz von Schmelzhypomineralisationen bezogen auf Zähne (in %). Es ist jeweils die schwerste Defekt-Ausprägung angegeben	54
Tabelle 24:	Anzahl umschriebener entwicklungsbedingter Schmelzhypomineralisationen, auf Zahnflächen bezogen, mit Differenzierung nach Defektausprägung (Opazitäten / umschriebener Schmelzverlust / ausgeprägter Schmelzverlust).....	54
Tabelle 25:	Kariesfreiheit und Karieserfahrung (dmft- und dmfs-Werte) in der untersuchten Kohorte der 3- bis 6-jährigen Kinder ausschließlich (WHO-Kriterien) und einschließlich Initialkaries	56
Tabelle 26:	Kariesfreiheit (in Prozent) und Karieserfahrung (dmft und dmfs, ohne und mit Initialkaries) in Bezug auf das Vorkommen von umschriebenen entwicklungsbedingten Schmelzhypomineralisationen.....	57
Tabelle 27:	Mittlere Anzahl der von umschriebenen Schmelzhypomineralisationen betroffenen Zähne bzw. Zahnflächen bei Kindern mit bzw. ohne Karies, (ohne und mit Berücksichtigung von Initialkaries) und für verschiedene Zahnkategorien	58

12 Anhang

12.1 Fragebogen Eltern

Angaben zur Sozialschichtzuordnung und zum Migrationshintergrund

Vorname des Kindes:	
Die Angabe des Vornamens dient der Zuordnung des Fragebogens zu der Gebissuntersuchung. Dieser obere Teil des Bogens wird noch in der Kita unmittelbar nach der Zuordnung abgetrennt.	
In welchem Alter wurde das Kind zum ersten Mal einem Zahnarzt vorgestellt?	
Mit Jahren	
Was wurde bei der Erstvorstellung gemacht?	
Nur Kennenlernen	☐
Gebisskontrolle	☐
Füllung(en)	☐
Extraktion(en)	☐
Vollnarkosebehandlung	☐
Migrationshintergrund des Kindes	
Ja	☐
Nein	☐
Falls „Ja“: Welches Land?	
Schulabschluss des Vaters	
Ohne Abschluss	☐
Hauptschule	☐
Realschule	☐
Gymnasium	☐
anderer Abschluss:	
Schulabschluss der Mutter	
Ohne Abschluss	☐
Hauptschule	☐
Realschule	☐
Gymnasium	☐
anderer Abschluss:	
Vielen Dank für Ihre Angaben!	

12.2 Befundblatt zur Registrierung der entwicklungsbedingten Hypomineralisationen

Für Kinder im Elementarbereich

MMH-Befund

16	55	54	53	52	51		61	62	63	64	65	26
						bukkal						
						oral						
						distal						
						mesial						
						okklusal						

						bukkal						
						oral						
						distal						
						mesial						
						okklusal						
46	85	84	83	82	81		71	72	73	74	75	36

Hinweis: Falls 6er vorhanden sind, MIH befunden. Falls bleibende Frontzähne vorhanden sind, in Schema kennzeichnen und MIH befunden.

Kein MMH-Befund ☐

- 1 MMH: Opazität
- 2 MMH: umschriebener Oberfl. defekt
- 2a atypische Restauration, klein (wie Code 2)
- 3 MMH: starker Defekt
- 3a atypische Restauration, groß (wie Code 3)
- 4 fragliche oder sonst. Strukturanomalie:

.....

Für MMH-Kinder:

Tun dir die Zähne weh, wenn du etwas Kaltes isst oder trinkst?
Nein (0), Ja (1) ☐

Tun dir die Zähne weh, wenn Mama oder Papa dir die Zähne putzt?
Nein (0), Ja (1) ☐

Sind die 6er vorhanden? Nein (0), Ja (1) 16 ☐ 26 ☐ 36 ☐ 46 ☐

13 Vorveröffentlichungen

- Tzortzini V (2017): Demarcated Opacities and Enamel Defects in Primary Incisors and Canines. An Epidemiological Survey in 3- to 6-year-old Preschool Children in Hamburg. Masterarbeit, Universität Greifswald
- Tzortzini V*, Schiffner U (2020) Demarcated opacities and enamel defects in primary molars in 3- to 6-year-old preschool children in Hamburg. Eur Arch Paediatr Dent 21:726
https://www.eapd2020.eu/inhalt/uploads/2020/10/EAPD2020_AbstractBook.pdf

14 Erklärung des Eigenanteils

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Prof. Dr. Ulrich Schiffner in seiner Funktion als mein Betreuer und Doktorvater in enger Diskussion mit mir und weiteren an der Erhebung beteiligten Zahnärztinnen. Für die Datenerhebung habe ich zusammen mit einer Kollegin in Hamburger Kitas die Vorschulkinder untersucht. Die nachfolgende wissenschaftliche Befassung mit den Daten zu Hypomineralisationen an Milchzähnen erfolgte im Austausch mit meinem Doktorvater nur durch mich.

Im Einzelnen habe ich die vorliegende Literatur erfasst und zusammengeführt. Ebenso habe ich die Daten deskriptiv und analytisch ausgewertet und die Ergebnisse selbstständig zusammengestellt. Die Interpretation und Diskussion der Ergebnisse sowie der Text der Promotionsschrift wurden von mir selbstständig als Entwurf vorgelegt und nach Hinweisen meines Betreuers von mir überarbeitet.

Wesentliche Eigenanteile meiner Befassung mit der Thematik liegen in der Hinterfragung und Berücksichtigung der im internationalen Schrifttum anzufindenden unterschiedlichen Beschränkungen auf Hypomineralisationen bei selektiv herausgegriffenen Zahngruppen, wobei ich in meiner Arbeit auf jede der dort behandelten Zahngruppen eingehe. Ein weiterer wesentlich von mir bearbeiteter Aspekt liegt in der analytischen Einordnung der Ergebnisse in Bezug auf die Sozialschichtzugehörigkeit und einen Migrationshintergrund der untersuchten Vorschulkinder.

15 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe, insbesondere ohne entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten, verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Das gilt insbesondere auch für alle Informationen aus Internetquellen.

Soweit beim Verfassen der Dissertation KI-basierte Tools („Chatbots“) verwendet wurden, versichere ich ausdrücklich, den daraus generierten Anteil deutlich kenntlich gemacht zu haben. Die „Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG“ aus September 2023 wurde dabei beachtet.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Datum

Unterschrift

16 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen meinen großen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer, Herrn Professor Schiffner, für die wertvolle Unterstützung, die fachliche Anleitung und die motivierende Begleitung bei der Durchführung der gesamten Arbeit bedanken.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Kerpen von der LAJH für die wertvolle Unterstützung bei der Rekrutierung der Kindergartenstätten und bei unserem Team Nana, Imke und Birte für die Zusammenarbeit und unsere Trips durch Hamburg bedanken.

Ebenso möchte ich meiner Familie, Mama, Papa, Partner und Sohn für ihre stetige Unterstützung, Geduld und Ermutigung danken. Ohne Eure Hilfe wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.