

Diplomarbeit

**Wissensstand und Praxiserfahrung über Molaren-
Incisivi-Hypomineralisation (MIH) von
Zahnmediziner*innen in der Steiermark**

eingereicht von

Marie Parth

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor(in) der Zahnmedizin

(Dr.⁽ⁱⁿ⁾ med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit

Klinische Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und

Zahnersatzkunde

unter der Anleitung von

Univ. ZÄ. Priv.-Doz. Dr.ⁱⁿ med.dent. Lumnije Kqiku-Biblekaj

Univ. ZÄ Dr.ⁱⁿ med.dent. Katharina Hanscho

Graz, 26.06.2025

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, 26.06.2025

Marie Parth eh.

Danksagungen

An erster Stelle möchte ich mich herzlichst bei meinen Betreuer*innen Univ. ZÄ. Priv.-Doz. Dr.ⁱⁿ med.dent. Lumnije Kqiku-Biblekaj und Univ. ZÄ Dr.ⁱⁿ med.dent. Katharina Hanscho für die unkomplizierte, großartige Betreuung und Verwirklichung dieser Diplomarbeit bedanken.

Mein aufrichtiger Dank gilt Dipl.-Ing. Clemens Keil für die Hilfestellung und Mitwirkung bei der Rekrutierung von Teilnehmer*innen. In diesem Zusammenhang möchte ich auch meinen Dank an Mag.a Antonia Kalcher und Mag.x An Liebmann für ihre Unterstützung aussprechen.

Ein besonderes Dankeschön geht an Dipl.-Ing.ⁱⁿ Irene Mischak für die Hilfestellung und enge Betreuung in Bezug auf die statistische Auswertung.

Meine Dankbarkeit möchte ich hier meinem Partner Florian, der mich in allen Lebensbelangen unterstützt und stärkt, widmen. Worte würden hier nicht ausreichen, um das angemessen zu beschreiben.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen lieben Freund*innen Viktoria, Laura und Clemens bedanken, die mich stets mit wichtigen Uniinformationen und selbsterfassten Skripten versorgt haben. Nicht zu vergessen sind meine Studienkolleg*innen, insbesondere Alysha, Lukas und die beiden Clemens, mit denen ich bis Ende des Studiums (und hoffentlich weiterhin) viele lustige und einzigartige Momente teilen durfte.

Ich möchte allen Familienmitgliedern und nicht explizit erwähnten Personen meinen Dank für jegliche Unterstützung und für die indirekte Begleitung durch mein Studium, aussprechen.

Zum Schluss würde ich gerne noch hinzufügen, dass ich dem österreichischen Sozialstaat sehr dankbar bin. Die damit verbundenen und durch den Studienabschluss gewonnenen Privilegien sind mir durchaus bewusst. Ohne öffentliche Förderungen und Beihilfen wäre mir ein Studium in diesem Ausmaß nicht möglich gewesen.

Zusammenfassung

Einleitung: Molaren-Incivivi-Hypomineralisation, bekannt als „MIH“, wurde 2001 von Weerheijm und dessen Kolleg*innen definiert. Diese beschrieben die Erkrankung als qualitative Zahnschmelzdefekte, die bleibende Backenzähne, mit oder ohne Beteiligung der Schneidezähne, aufweisen können. Das klinische Erscheinungsbild von MIH variiert in Form, Farbe, Größe und Schweregraden. Die betroffenen Zähne benötigen eine ausreichende therapeutische und diagnostische Kenntnis, um die bestmögliche Patientenversorgung gewährleisten zu können. Diese Tatsache, lieferte die Begründung für die Untersuchung des Wissensstandes und der Praxiserfahrung von Zahnmedizinstudierenden und Zahnärzt*innen in der Steiermark. Es wurde versucht, das Kenntnisniveau der Zahnmediziner*innen über MIH einzuordnen und potenzielle Wissenslücken zu evaluieren. Schlussfolgernd sollen Aussagen über den notwendigen Weiterbildungsbedarf von praktizierenden Zahnärzt*innen und Zahnmedizinstudierenden getroffen werden.

Material und Methodik: Die Datenerhebung erfolgte mittels online erstellten Fragebogen, welcher an alle in der Zahnärztekammer Steiermark registrierten Zahnärzt*innen und an Studierende innerhalb des 6.–12. Semesters, der Medizinischen Universität Graz ausgehändigt wurde.

Ergebnisse: 100 Zahnmediziner*innen beantworteten den Fragebogen vollständig, davon waren 48 Studierende und 52 Zahnärzt*innen. Der Begriff MIH war 98% der Teilnehmer*innen bekannt, allerdings können nur 18% der Befragten die klinischen MIH-Kriterien in der Praxis einsetzen. Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Zahnärzt*innen und Student*innen hinsichtlich des Bewusstseins möglicher Ursachen und klinischer Kriterien, bei der Auswahl von Therapien, der Einflussfaktoren der Materialwahl und der Einschätzung diverser Behandlungsschwierigkeiten, sowie bei der subjektiven Prävalenzschätzung. Die Auswertung des quantitativen Wissens mittels Summenscore lieferte ausschließlich bei der Erkennung von Behandlungsschwierigkeiten einen signifikanten Gruppenunterschied.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse deuten auf einen ähnlichen theoretischen Wissensstand beider Gruppen hin, jedoch zeigen Zahnärzt*innen bessere Praxiserfahrungen. Es besteht in beiden Gruppen ein Wunsch und Bedarf an Weiterbildung und gezielter curricularer Verankerung der Thematik.

Abstract

Introduction: Molar-incisor-hypomineralization, known as “MIH”, was described in 2001 by Weerheijm and his colleagues. MIH was characterized as qualitative enamel defects on permanent molars alone or in combination with incisors. The clinical features of MIH can vary in shape, colour, size and severity. The affected Teeth need intense clinical care and appropriate therapeutic and diagnostic expertise to optimize patient management. This provided the reason for examining the knowledge level and practical skills of dentists and dental students in Styria, Austria. The findings will be used to draw conclusions about the required further education needs, both of dental students and dental practitioners.

Materials and Methods: The Data was collected with an online survey, which was administered to all dentists, which were registered members of the Styrian Dental Association and among dental students (6th -12th semesters) at Medical University of Graz.

Results: 100 people participated and completed the survey, made up of 48 dental students and 52 dental practitioners. 98% of respondents know about MIH, just 18% could apply the clinical MIH criteria in their practice. Significant differences between dentists and students existed in the perception of potential causes and clinical criteria of treatment choice, the factors that affect therapy and material selection, comparison of varying treatment complexity, and estimation of prevalence. The quantitative analysis by using a score was significantly different only for recognition of treatment difficulty.

Conclusions: The results indicate that both groups, dental students and dentists, have similar theoretical knowledge but dentist have better practical experience. Both groups also express the need and desire for more clinical training, especially in diagnosing MIH and treatment options. The respondents see, and the results of this survey show, the need of targeted inclusion of the subject in dental curriculum by their universities and further education.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	9
Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	12
1 Einleitung	13
1.1 Grundlagen der Zahnentwicklung	13
1.1.1 Entwicklung der Zähne	13
1.2 Mikroskopische Anatomie eines ausgereiften Zahnes	15
1.2.1 Zahnschmelz	15
1.2.2 Dentin	16
1.2.3 Bildung der Zahnhartsubstanzen.....	16
1.3 Molaren-Incisivi-Hypomineralisation	18
1.3.1 Einführung und Definition von MIH.....	18
1.3.2 Prävalenz und Epidemiologie von MIH	19
1.3.2.1 Globale Daten zur Prävalenz	19
1.3.2.2 Prävalenz und Datenlage in Österreich und seinen Nachbarländern.....	21
1.3.3 Ätiologie von MIH	24
1.3.3.1 Pränatale Einflussfaktoren	26
1.3.3.2 Perinatale Einflussfaktoren.....	27
1.3.3.3 Postnatale Einflussfaktoren.....	27
1.3.3.4 Fazit zur Ätiologie	32
1.3.4 Klinische und strukturelle Eigenschaften von MIH-Zähnen.....	33
1.3.4.1 Klinisches und morphologisches Erscheinungsbild.....	33
1.3.4.2 Strukturelle Besonderheiten des MIH- Zahnschmelzes	34
1.3.4.3 Mechanische Besonderheiten des MIH- Zahnschmelzes	36
1.3.4.4 Klinische Bedeutung der Eigenschaften von MIH-Zähnen.....	36
1.3.5 Diagnostik von MIH.....	39
1.3.5.1 FDI DDE-Index.....	39
1.3.5.2 Diagnosekriterien der EAPD	40

1.3.6	Klassifizierung von MIH	42
1.3.6.1	EAPD – Klassifikation von 2010 und 2022	42
1.3.6.2	Klassifikation nach dem Würzburger – Konzept.....	44
1.3.7	Erkenntnisse aus dem AMIT – Kongress zu MIH (2024)	45
1.3.8	Therapieleitlinien von MIH	46
1.3.8.1	Die EAPD- “ <i>Best Clinical Practice Guidance</i> ”.....	46
1.3.8.2	Das Würzburger Konzept.....	48
1.3.9	Therapiemöglichkeiten von MIH	50
1.3.9.1	Prophylaxemaßnahmen und Desensibilisierung	50
1.3.9.2	Temporäre und definitive Restaurationen.....	53
1.3.9.3	Ästhetische Behandlungen an MIH-Inzisiven	54
1.3.9.4	Extraktionstherapie	56
2	Material und Methodik	57
2.1	Positives Ethikvotum.....	57
2.2	Studiendesign	57
2.3	Datenerfassung.....	58
2.4	Statistische Datenanalyse	60
3	Ergebnisse	61
3.1	Stichprobe und demographische Daten.....	62
3.2	Wissen über MIH	65
3.2.1	Wissen über potenzielle Ursachen von MIH	67
3.3	Erfahrung mit Diagnose, Ausprägungsgraden, Therapiemöglichkeiten ..	72
3.4	Weiterbildungsinteresse, Prävalenzschätzung	85
4	Diskussion	88
5	Schlussfolgerung	98
	Literaturverzeichnis	99
	Anhang A: Ethikvotum.....	117

Anhang B: Fragebogen.....	119
Anhang C: Einladung zur Fragebogenstudie	123

Abkürzungsverzeichnis

AMIT	Alliance of Molar Incisor Hypomineralization (MIH) Investigation and Treatment
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
CIA	Crestal Intraosseus Approach
CPP-ACP	Casein-Phosphopeptid-amorphes Kalziumphosphat
DGKiZ	Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde
EAPD	European Academy of Paediatric Dentistry
HSPM	hypomineralized second primary molars
IO	Intraossär
IQR	Interquartilsabstand
IRM	Intermediate Restorative Material
MIH	Molaren Inzisiven Hypomineralisation
MIH-TNI	MIH-Treatment Need Index
ÖGP	Österreichische Gesellschaft für Parodontologie
ÖGZMK	Österreichische Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
REM	Rasterelektronenmikroskopie
SDF	Silberdiamidfluorid
TCP	Topische Casein-Phosphopeptide
TEGDMA	Triethylenglycol-Dimethacrylat
TEM	Transmissionselektromikroskopie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Einzelne Stadien der Entwicklung eines Zahnes	13
Abbildung 2 Entwicklungsstadien: (A) Kappenstadium, (B) Glockenstadium	15
Abbildung 3 Prävalenz von MIH.....	20
Abbildung 4 Klinisches Erscheinungsbild von leichten Formen.....	33
Abbildung 5 Klinisches Erscheinungsbild von schweren Formen.....	34
Abbildung 6 Behandlungsplan nach dem Würzburger Konzept (niedriges Kariesrisiko).....	48
Abbildung 7 Behandlungsplan nach dem Würzburger Konzept (hohes Kariesrisiko).....	49
Abbildung 8 aktualisierter Behandlungsplan nach dem Würzburger Konzept	50
Abbildung 9 Intraossäre Anästhesie	52
Abbildung 10 Therapierte MIH-Molaren.....	54
Abbildung 11 Altersverteilung.....	62
Abbildung 12 Geschlechterverteilung	63
Abbildung 13 Jahre an Berufspraxis	63
Abbildung 14 Ort der Berufsausübung.....	64
Abbildung 15 Verteilung der Universitäten	65
Abbildung 16 Informationsstand.....	66
Abbildung 17 Nutzung von Wissensquellen	67
Abbildung 18 Bekanntheit potenzieller Ursachen von MIH.....	69
Abbildung 19 Summenscores der korrekt genannten MIH-Ursachen (Gruppenvergleich).....	70
Abbildung 20 Summenscores der korrekt genannten MIH-Ursachen (nach Berufserfahrung).....	71
Abbildung 21 Summenscores der korrekt genannten MIH-Ursachen (Universitätszugehörigkeit).....	71
Abbildung 22 Kriterienkenntnisse von MIH.....	73
Abbildung 23 Patientenfälle mit MIH pro Monat	73
Abbildung 24 Schweregrade von MIH-Patient*innen	74
Abbildung 25 Therapieansätze bei MIH.....	76

Abbildung 26 Summenscores der korrekt genannten MIH-Therapien (Gruppenvergleich).....	77
Abbildung 27 Summenscores der korrekt genannten MIH-Therapien (nach Berufserfahrung).....	78
Abbildung 28 Einflussfaktoren bei Materialauswahl	79
Abbildung 29 Summenscores der Einflussfaktoren bei Materialauswahl (Gruppenvergleich).....	80
Abbildung 30 Summenscores der Einflussfaktoren bei Materialauswahl (nach Berufserfahrung).....	81
Abbildung 31 Behandlungsschwierigkeiten bei MIH	82
Abbildung 32 Summenscores der Behandlungsschwierigkeiten (Gruppenvergleich).....	84
Abbildung 33 Summenscores der Behandlungsschwierigkeiten (nach Berufserfahrung).....	84
Abbildung 34 Prävalenzschätzung von MIH (Gruppenvergleich)	86
Abbildung 35 Quellen zur Erweiterung des MIH-Wissens	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Mögliche <i>ätiologische</i> Faktoren im Zusammenhang mit MIH	24
Tabelle 2 DDE-Index modifiziert.....	39
Tabelle 3 Definition der EAPD-Kriterien.....	41
Tabelle 4 Aktualisierte Punkte zu den EAPD-Kriterien.....	43
Tabelle 5 MIH-Treatment Need Index.....	45
Tabelle 6 Grafische Zusammenfassung der Best Clinical Practice Guidance	47
Tabelle 7 Grafische Zusammenfassung der Best Clinical Practice Guidance	47
Tabelle 8 Vergleich korrekter Ursachennennung von MIH.....	69
Tabelle 9 Vergleich der Kriterienkenntnisse und Anwendbarkeit von MIH.....	72
Tabelle 10 Vergleich korrekter Therapieansätze von MIH	76
Tabelle 11 Vergleich von Einflussfaktoren auf die Materialwahl	80
Tabelle 12 Vergleich von Behandlungsschwierigkeiten von MIH.....	83

1 Einleitung

1.1 Grundlagen der Zahnentwicklung

1.1.1 Entwicklung der Zähne

Die Bildung und die Entwicklung der Milchzähne sowie der bleibenden Zähne finden pränatal statt. Die Milchzähne werden im 2. Monat embryonal angelegt. Die vollständige Ausreifung der Wurzel dauert bis zum 2. bis 4. Lebensjahr. Die bleibenden Zähne reifen bis zum 12. Lebensjahr aus [1].

Es folgt nun eine vereinfachte und prägnante Darstellung der Zahnentwicklung, um ein besseres Verständnis für die darauffolgenden Kapiteln zu gewährleisten.

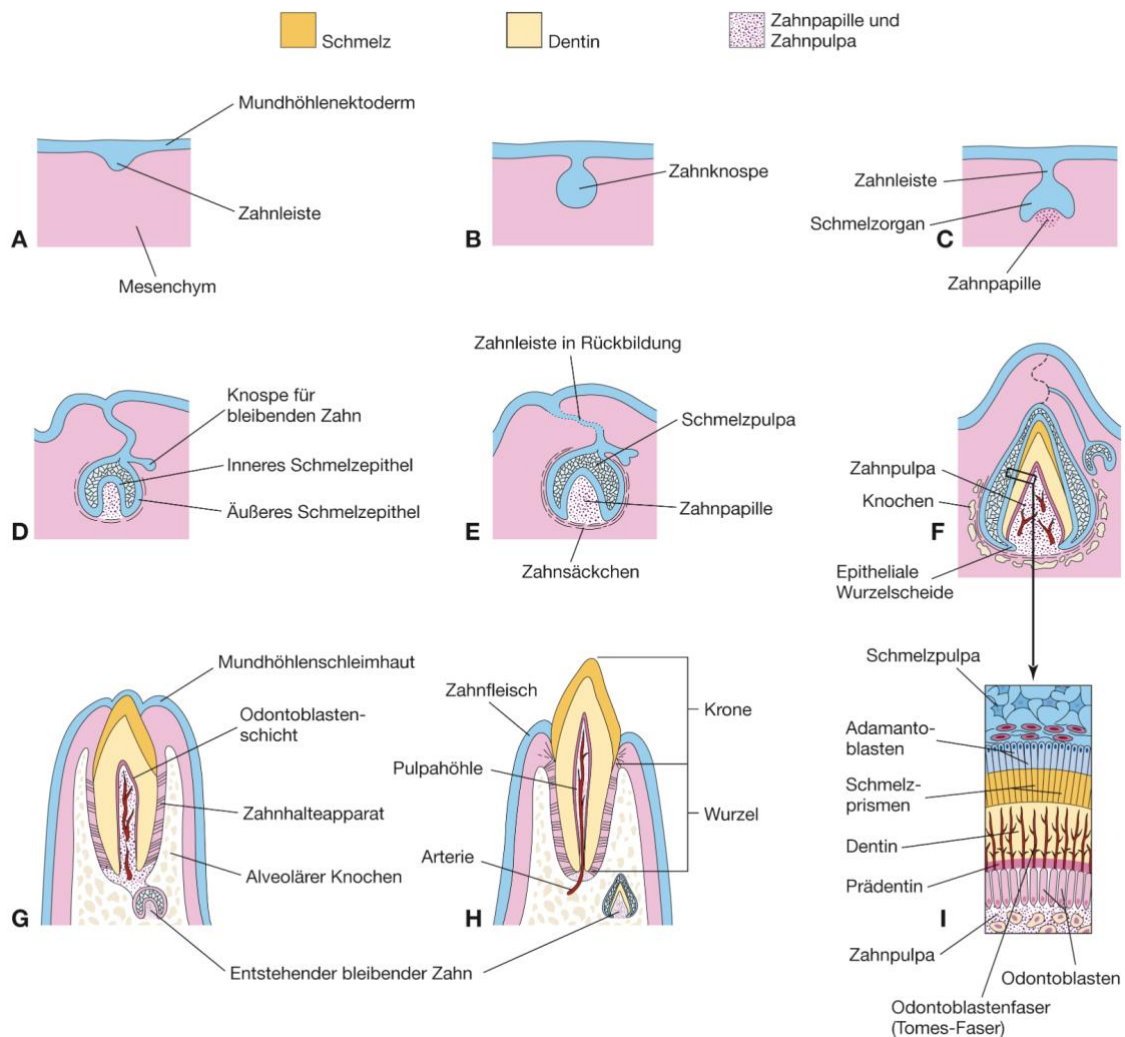


Abbildung 1: Einzelne Stadien der Entwicklung eines Zahnes [Nach Moore und Torchia [2], mit der Erlaubnis von Elsevier sinngemäß entnommen aus: [2]]

Das Epithel, aus dem die Zähne entstehen, wird als Zahnleiste bezeichnet. Es stammt vom Mundhöhlenepithel, das in das darunterliegende Mesenchym einwächst. Dieses Mesenchym wird in der Literatur häufig als Ektomesenchym definiert, da seine Zellen aus der kranialen Neuralleiste stammen [3].

Durch die Verdickung des Epithels (= Epithelknospe) der Zahnleiste entstehen die einzelnen Anlagen der Schmelzorgane. Diese formen sich zunächst zu einer Schmelzknospe und dann zu einer Schmelzkappe, die über der sich ausreifenden Zahnpulpa zu liegen kommt [1–4].

Anschließend formieren sich die Zellen zu einer Schmelzglocke, deren Begrenzung das innere und äußere Schmelzepithel darstellt. Das mittlere Schmelzepithel, auch Schmelzpulpa genannt, entsteht durch die Auflockerung dieser Epithelzellen. Aus dem inneren Schmelzepithel differenzieren sich auf der Innenseite der Glocke die Zellen zu zahnschmelzproduzierenden Zellen (= Ameloblasten/Adamantoblasten) [1–4].

Das Glockenstadium spiegelt die Form der zukünftigen Zahnkrone wider. Innerhalb dieser Kaverne entwickelt sich aus der Mesenchymverdichtung die Zahnpapille. Odontoblasten (= dentinproduzierende Zellen) entwickeln sich aus dem verdichteten Mesenchym, welches an das Schmelzorgan grenzt [1–4].

Aus diesem ektomesenchymalen Anteil der Zahnanlage entwickelt sich anschließend die Zahnpulpa. Zeitgleich bildet sich das Zahnsäckchen aus der Verdickung von mesenchymalen Zellen und Fasern, das jedes Schmelzorgan umgibt. Der Zahnsack bildet die Entwicklungsgrundlage des Zahnhalteapparates jedes Zahnes. Aus der inneren Schicht differenzieren sich die Zementoblasten (zementbildende Zellen) und aus der äußeren Schicht entsteht das Desmodont (= Wurzelhaut) [1–4].

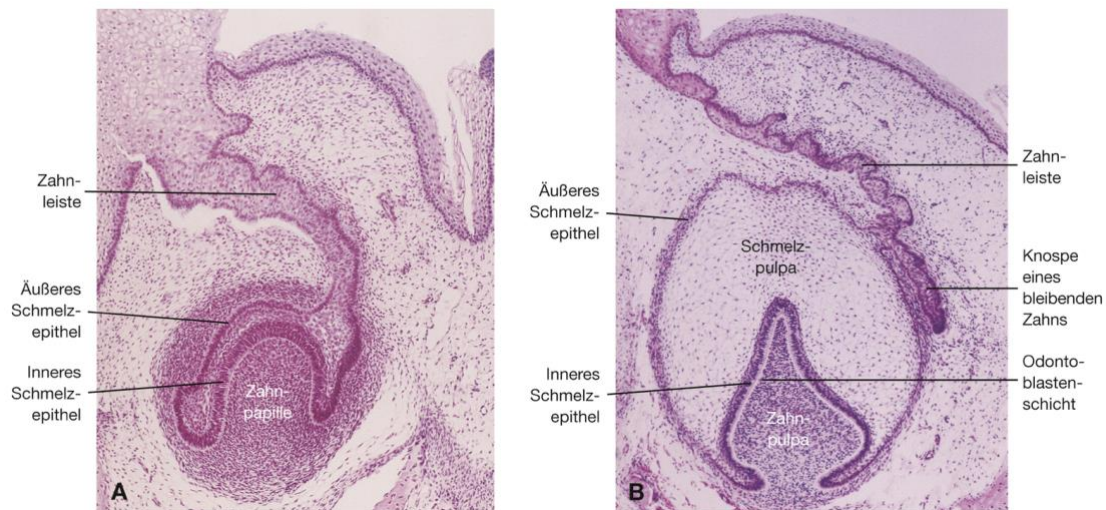


Abbildung 2: (A): Kappenstadium, (B): Glockenstadium [Nach Moore und Torchia [2], mit der Erlaubnis von Elsevier sinngemäß entnommen aus [2]]

1.2 Mikroskopische Anatomie eines ausgereiften Zahnes

1.2.1 Zahnschmelz

Die chemische Struktur des Zahnschmelzes ergibt sich aus der präeruptiven und posteruptiven Schmelzreifung, die durch die Ameloblasten bewerkstelligt wird [5]. Der Schmelz kann in 2 Phasen unterteilt werden: Die anorganische Phase besteht zu 95% aus der anorganischen Substanz Hydroxylapatit. Die organische Phase bilden 4% Wasser, 1% organische Matrix-Proteine – vor allem Enamelin und Amelogenin – sowie Lipide [1,5,6].

Im Schmelz können 40 unterschiedliche Spurenelemente wie Kalium, Magnesium, Natrium, Fluoride, Eisen, Zinn, Chlor und Kalzium. Hierbei spielen die Ernährung, das jeweilige Alter, zahnärztliche Eingriffe und weitere Kriterien eine Rolle [5].

Histologisch betrachtet setzt sich der Zahnschmelz aus den Schmelzprismen, oftmals auch als Schmelzstäben bezeichnet, zusammen. Diese reichen von der Schmelz-Dentin-Grenze bis zur Oberfläche. Schmelzprismen konstituieren sich aus parallel organisierten Hydroxylapatit-Kristallen, die bis zu 1000-fach im Querschnitt aneinandergereiht sind [1].

Grund für dieses spezielle Arrangement der Hydroxylapatit-Kristalle ist die Form des Tomes-Fortsatzes und die Form der auf seiner Oberfläche befindlichen sekretorischen Bereiche [3].

1.2.2 Dentin

Die chemische Zusammensetzung des Dentins (= Zahnbeins) umfasst eine organische Matrix (20%) aus Kollagenfibrillen vom Typ I sowie eine anorganische Matrix (70%), die überwiegend aus Hydroxylapatiten, Phosphaten und Kalium besteht. Anders als der Schmelz ist Dentin ein vitales Gewebe, welches von den in den Dentinkanälchen befindlichen Odontoblasten hergestellt wird. Die Zellkörper der Odontoblasten befinden sich in der Pulpa. Die Tomes-Fasern liegen in den Dentinkanälchen und reichen bis zur Dentin-Schmelz-Grenze [1].

Je nach Lage unterscheidet man histologisch folgende Dentinarten: Angrenzend an die Pulpa befindet sich das mindermineralisierte Prädentin. Nach außen hin folgen Zwischendentin, zirkumpulpaes Dentin und das Manteldentin. Das Dentin gliedert sich in Bezug auf die Dentinkanälchen in peritubuläres Dentin, das die Kanälchen umgibt, und intertubuläres Dentin, das die Dentinkanälchen separiert [5].

Da die lebendigen Odontoblasten mit der Pulpa und mit Nervenfasern in den Kanälchen im Kontakt stehen, kann Dentin bei Vitalität eines Zahnes produziert werden. Hierbei wird zwischen Prädentin, welches vor Erreichen des abgeschlossenen Wurzelwachstums gebildet wird, Sekundärdentin (physiologisch) und Tertiärdentin (= Reparaturdentin) unterschieden [1].

1.2.3 Bildung der Zahnhartsubstanzen

Das Dentin wird als erste Zahnhartsubstanz im späten Glockenstadium, etwa gegen Ende des 4. Schwangerschaftsmonats, gebildet. An der Spitze der Zahnpapille spezialisieren sich aus den Mesenchymzellen die Odontoblasten, welche schließlich schichtweise Dentin produzieren. Jeder Odontoblast bildet bei der Dentinproduktion sogenannte Tomes-Fasern aus. Das sind Fortsätze, die im Dentin verweilen und sich mit Dickenzuwachs des Dentins verlängern. Die Dentinsynthese ist ein Stimulus für die Differenzierung der Vorläuferzellen zu präsekretorischen Ameloblasten. Mit Abschluss der Mineralisation des Prädentins setzt die Schmelzproduktion ein, somit entsteht eine fixierte Schmelz-Dentin-Grenze [3,4].

Die Schmelzentstehung (= Amelogenese) wird in 3 Phasen eingeteilt: die Sekretions,- Übergangs,- und Reifungsphase. Sie beginnt an der Stelle, wo zukünftig die Schneidekanten und Höckerspitzen zu finden sind [1,3,7].

In der Sekretionsphase beginnt der Ameloblast mit der Bildung der Schmelzmatrix, zunächst inzisial und koronal, später dann auch zervikal. Auch beim Ameloblasten spricht man von einem Tomes-Fortsatz. Dieser ragt in die Schmelzmatrix hinein und ist in der Lage, die Matrix abzulagern, zu mineralisieren und zu resorbieren. Wenn die festgelegte Schmelzdicke erreicht wurde, ziehen sich die Tomes-Fortsätze der Ameloblasten zurück und die Sekretion wird eingestellt [3,7].

Am Ende dieser Phase haben die Hydroxylapatit-Kristalle ihre vollständige Länge, aber nicht die ausreichende Dicke erreicht. Ab diesem Zeitpunkt, in der Übergangsphase, resorbieren proteolytische Enzyme die Schmelzmatrixproteine, wodurch ein Raum für die Volumenzunahme der Kristalle geschaffen wird. Die Reifungsphase wird in prä,- und posteruptive Schmelzreifung eingeteilt. Zu Beginn entziehen die Ameloblasten das Wasser und weitere organische Bestandteile. Im Anschluss erfolgt die Einlagerung von Kalzium und Phosphat, wodurch der Schmelz mineralisiert (= präeruptive Schmelzreifung). Die 2. Mineralisation (= posteruptive Schmelzreifung) erfolgt nach der Eruption des Zahnes in die Mundhöhle, durch Kalzium und Phosphat im Speichel [1,3].

Die Produktion von Schmelzmatrix und die Mineralisation dieser sind periodische Prozesse, bei denen die – wie bereits im Abschnitt 1.2.1 erläutert – typische mikroskopische Struktureigenschaft des Schmelzes entsteht [1,3,7].

Störungen in den unterschiedlichen Phasen der Amelogenese führen zu Veränderungen der Schmelzqualität [7].

In der Sekretionsphase können die mangelhafte Differenzierung der Zellen oder das Abhandensein eines Matrixproteins Ursachen für eine unzureichende Schmelzmatrixsynthese und folglich für die Einschränkung des Längenwachstums von Hydroxylapatit-Kristallen sein. In diesem Zusammenhang zeigt sich keine Schmelzschicht oder eine stark reduzierte Schmelzdicke. Bei Vorhandensein von Fehlern in der Übergangs- bzw. Reifungsphase durch z. B. Nichtvorhandensein einer Protease, kommt es zu Hypomineralisationen (= der Schmelz ist viel weicher) [1,7].

Die irreversible Schädigung des Ameloblasten äußert sich durch gelb-braune Opazitäten und verstärkter Porosität. Es besteht die Annahme, dass MIH v. a. durch Störungen in der Übergangs- und Reifungsphase ausgelöst wird. Ameloblasten können sich bei Schädigung in einem gewissen Grad regenerieren. Diese Tatsache präsentiert sich in Form von cremegelben bis cremeweißen Opazitäten [7].

1.3 Molaren-Incisivi-Hypomineralisation

1.3.1 Einführung und Definition von MIH

Die Abkürzung MIH steht für den Begriff Molaren-Incisivi-Hypomineralisation, auch bekannt als Kreidezähne [7].

Erstmals wurde der Begriff MIH im Jahr 2001 von Weerheijm, Jälevik und Alaluusua als eine Hypomineralisation des Schmelzes beschrieben, die häufig die ersten bleibenden Molaren und die Schneidezähne betrifft [8].

Bereits in den 1970ern präsentierten sich vermehrt Fälle von diesen Schmelzhypomineralisationen bei Kindern. Diese Tatsache zeigte sich auch in der von Koch et al. [9] erstmals durchgeführten Studie zur Epidemiologie von idiopathischen Schmelzhypomineralisationen bei schwedischen Kindern, geboren zwischen 1966 und 1974. Koch et al. [9] untersuchten hierbei die Häufigkeit, das Ausmaß der Hypomineralisation und den entsprechenden Schweregrad der Hypomineralisation und konnten feststellen, dass bis zu 15,4 % der untersuchten Kinder, verstärkte Hypomineralisationen bei den ersten bleibenden Molaren aufwiesen. Jedoch präsentierten sich solche Defekte auch an den oberen und unteren Schneidezähnen, wobei die Häufigkeit und Schwere abnahmen [7,9].

Die Definition von MIH wird beschrieben als abgrenzbarer Defekt, welcher zu einer systemischen Oberflächenzerstörung des Zahnschmelzes führt. Diese Defekte findet man primär an den ersten Backenzähnen (= 6-Jahr-Molar) und können zusätzlich an den permanenten Schneidezähnen (= Inzisiven) auftreten. Um die Diagnose sicherzustellen, muss mindestens ein Molar betroffen sein. Opazitäten an den Inzisiven können auftreten, jedoch stellt dies kein Diagnosekriterium dar [7,10].

1.3.2 Prävalenz und Epidemiologie von MIH

1.3.2.1 Globale Daten zur Prävalenz

Laut der Studie von Hernandez et al. [11], welche eine umfassende Literaturrecherche darstellt, weist MIH weltweit eine breite Prävalenzspanne von 2,8% bis 44% auf. Hierbei wurde die Häufigkeit von MIH auf den einzelnen Kontinente geschätzt und zeigte folgende Prävalenzraten: 8,3% in Afrika, 12,93% in Asien, 16,23% in Europa, 24,92% in Ozeanien und 30% in Südamerika [11].

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Untersuchung der Prävalenz, hinsichtlich einzelner Regionen mit Ähnlichkeiten in wirtschaftlichen, sozialen, ökologischen und geographischen Einflussfaktoren genauere Signifikanz liefert [12]. Diese genannten Einflussgrößen wurden in der Meta-Analyse von Schwendicke et al. [12] und deren Korrigendum [13] berücksichtigt. Hierbei unterschied man zwischen einer superregionalen, regionalen, nationalen und globalen Prävalenz. Des Weiteren wurden Schätzungen zu Ländern miteinbezogen, bei denen keine aktuellen epidemiologischen Daten zu MIH existierten [12,13].

Die Anzahl der Patient*innen mit MIH weltweit wurde 2016 in der oben genannten Studie auf 878 Millionen Menschen eingeschätzt. Die größte Häufigkeit zeigte sich in den Hochlohnländern wie Südost-, Ost-, und Südasien, Ozeanien und Nordamerika. Aufgrund der hohen Populationsdichte präsentierten sich viele Fälle von MIH in Indien, China und Amerika. Die Schätzung der Inzidenz (2016) von MIH lag bei 15,8–19,4 Millionen Menschen, Süd- und Südostasien und Afrika verzeichneten diesbezüglich die höchsten Zahlen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass global betrachtet die Häufigkeit von MIH 13,1% (11,7%–14,3%) beträgt [7,12,13].

Die folgende Abbildung zeigt die Auswertung und Ergebnisse dieser Meta-Analyse:

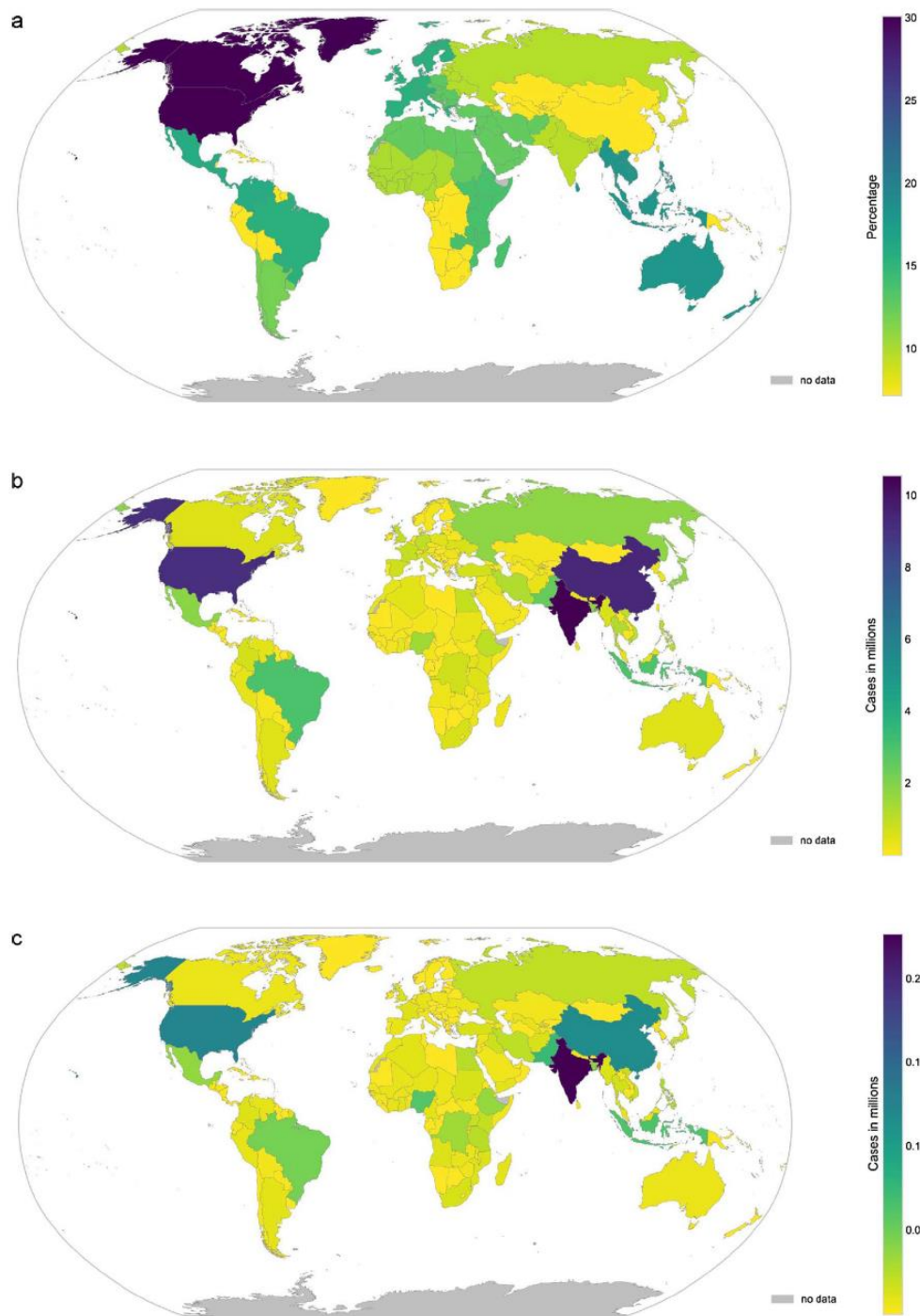


Fig. 4. MIH prevalence on regional level (a), mean number of prevalent cases in 2015 (b) and mean number of incident cases in 2016 on country level (c).

Abbildung 3: (a) Prävalenz von Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH) auf regionaler Ebene, (b) mittlere Anzahl prävalenter Fälle im Jahr 2015, (c) mittlere Anzahl inzidenter Fälle im Jahr 2016 auf Länderebene. [Nach Schwendicke et al. [12], mit der Erlaubnis von Elsevier entnommen aus: [12]]

1.3.2.2 Prävalenz und Datenlage in Österreich und seinen Nachbarländern

1.3.2.2.1 Studien in Österreich

Die Studie von Hasenauer et al. [14] im Jahr 2007/08 untersuchte die Häufigkeit von MIH in den Bundesländern Salzburg und Tirol. 30 Volksschulen mit insgesamt 1283 Kindern im Mindestalter von 7 Jahren nahmen an der Untersuchung teil. Es ergab sich eine Häufigkeitsverteilung in Salzburg von 13,5% und Tirol von 8% sowie eine Prävalenz von insgesamt 10,9% in Bezug auf beide Bundesländer [14].

In einer zweiten vergleichbaren Studie von Buchgraber et al. [15] wurden 1111 Volksschulkinder im Alter von 6 bis 12 Jahren in Graz (Steiermark) auf MIH nach den Kriterien der „*European Academy of Paediatric Dentistry*“ (EAPD) (siehe Abschnitt 1.3.5.2) untersucht. Hierbei wurde MIH bei 78 Kindern diagnostiziert, davon waren 38 Buben und 40 Mädchen betroffen. Zum Großteil zeigte sich eine milde Form der Hypomineralisation. Nur bei 7 der 78 Kinder waren neben den 1. bleibenden Molaren und Schneidezähnen auch andere Zähne – die Milchmolaren, Milchcanini und die bleibenden Canini (= Eckzähne) – betroffen. Diese Studie konnte erstmals Daten zur Prävalenz von MIH im östlichen Teil von Österreich liefern; sie betrug 7,0%. Die 1111 Kinder wurden ausschließlich von öffentlichen Grundschulen herangezogen, sodass sozioökonomische Einflussgrößen in dieser Studie nicht berücksichtigt wurde [15].

1.3.2.2.2 Studienlage in Deutschland

Nach der Erstbeschreibung von MIH im Jahr 2001, führten Dietrich et al. [16] 2 Jahre später in Dresden (Deutschland) eine klinische Studie durch. Hierbei wurden 2408 Schüler*innen zwischen 10 und 17 Jahren, geboren zwischen 1985 und 1992, auf MIH untersucht. 131 der Kinder präsentierten sich mit Hypomineralisationen; dies ergab eine Häufigkeit von 5,6%. Bei 34,1% der Untersuchten war nur ein bleibender Molar mit MIH betroffen, wohingegen bei 28,1% der Schüler*innen an allen ersten bleibenden Molaren MIH diagnostiziert wurde. Der Großteil der Kinder (84,5%) zeigte eine milde Form, nur 9,4% wiesen schwere Defekte an den Zähnen auf. Die Prävalenz von 5,6%, die sich aus der Studie von Dietrich et al. [16] ergab, schien

zu diesem Zeitpunkt viel niedriger zu sein als in anderen Ländern mit vergleichbaren Studien [16].

In den Jahren 2011 bis 2012 folgte in Deutschland eine ähnliche epidemiologische Studie [17,18], mit dem Ziel, eine genauere repräsentative Datenlage für die Prävalenz von MIH zu liefern. Petrou et al. [17,18] untersuchten unter Verwendung der EAPD-Kriterien, im Rahmen der zahnärztlichen Schuluntersuchung die Zähne von 2395 Schulkindern (7–10 Jahre). Um eine repräsentative Abbildung der Daten auf das gesamte Land zu generieren, wurden Kinder nicht nur aus einer Region, sondern aus 4 verschiedenen Städten (Düsseldorf, Greifswald, Hamburg, Heidelberg) für die Studie herangezogen. In Summe präsentierten 10,1% der Schulkindern Zähne mit Hypomineralisationen. Die Häufigkeit der einzelnen Regionen betrug in Düsseldorf 14,6%, in Greifswald 4,3%, in Hamburg 14,0% und in Heidelberg 6,0%. Eine Ursache für diese starken regionalen Unterschiede konnte nicht festgestellt werden [17,18]. Bei 60,8% der Betroffenen diagnostizierte man MIH nicht nur auf einen der 1. bleibenden Molaren [18]. Das klinische Erscheinungsbild erstreckte sich hierbei über cremeweiße Opazitäten (82,8%), posteruptive Schmelzeinbrüche (10,2%) und atypische Restaurationen (6,9%) [17]. Eine jüngst veröffentlichte epidemiologische Studie [19] aus dem Jahr 2024 untersuchte die Prävalenz von MIH bei 8 bis 10-jährige Schulkindern in Bayern. Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Zuge des AMIT-Kongresses 2024 (siehe Abschnitt 1.3.7) vorgestellt. Von 5.148 Kindern wiesen 17,5% (n = 946) MIH auf; die Hälfte dieser Fälle wurde mittels EAPD-Kriterien als schwer eingestuft [19].

1.3.2.2.3 Studien in der Schweiz

Es folgt eine komprimierte Darstellung zweier Studien (2022), basierend auf der aktuellen Forschungslage in der Schweiz. Im Kanton Genf werden jährlich verpflichtend zahnärztliche Untersuchungen in den Schulen durchgeführt. 2016 wurden 32.142 Kinder (4–12 Jahre alt) klinisch untersucht. Nach Beachtung diverser Ausschlusskriterien wurden insgesamt 23.320 Schüler*innen auf MIH inspiziert; dieser Untersuchungsprozess wurde digitalisiert [20].

Abdelaziz et al. [20] extrahierten diese anonymen Daten für ihre Studie und erzielten folgende Ergebnisse: Von 6,6% betroffenen Kindern, wiesen 51% milde Defekte auf, 36% wurden als moderat und 13% als schwer eingestuft [20].

Ähnliche Gesetzmässigkeiten herrschen im Kanton Basel-Landschaft, wo jährliche Untersuchungen zur Zahngesundheit von Schulkindern erfolgen müssen [21]. Die Auswahl der Schulkassen in der Studie von Grieshaber et al. [21] geschah nach Belieben, demnach bestand die Studienpopulation aus Erstklässler, Sechstklässler und Neuntklässlern. Von 1252 Schulkindern wurden 14,8% der Untersuchten mit MIH diagnostiziert, davon hatten jüngere Kinder (Erstklässler*innen) und Schüler*innen aus städtischen Regionen die höchste MIH-Prävalenz [21].

1.3.2.2.4 Studienlage in Italien, Slowenien und Kroatien

Aufgrund der nahen Lagebeziehung zu Österreich und der aktuellen Daten in Italien, Slowenien und Kroatien, werden folgend jeweils 3 Studien aus den zwei Nachbarländern (Italien, Slowenien) und Kroatien zur Prävalenz von MIH zusammenfassend dargestellt.

Zwischen 2019 und 2020 untersuchten Nisii et al. [22] in Rom (Italien) die Häufigkeit von MIH bei 346 Volksschulkindern (7–8 Jahre). Die Daten lieferten folgende Ergebnisse. Die Prävalenz betrug 18,2%, davon waren viele der Kinder (82,5%) mit einer schweren Form und posteruptivem Schmelzabbau betroffen. Bei 71,4% der Kinder beschränkte sich MIH auf einen der ersten bleibenden Molaren und bei 28,6% der Fälle wiesen zusätzlich auch die Schneidezähne Defekte auf [22].

Im Jahr 2020 wurde in Kroatien eine epidemiologische Untersuchung von Jurlina et al. [23] bei 8-jährigen Volksschüler*innen durchgeführt. Man untersuchte 729 Schüler*innen und diagnostizierte bei 95 Kindern MIH. Dies resultierte in einer Häufigkeit von 13%. 1,1% der 95 Kinder zeigten nur an einem bleibenden Molar MIH. 4,4% hatten hingegen Hypomineralisationen auch an mehr als nur einem Molar [23].

In Slowenien untersuchten Grošelj et al. [24] im Jahr 2013 6–11,5-jährige Kinder. Von 308 Schüler*innen wiesen 21,4% MIH auf. Es hatten 48,6% der betroffenen Kinder Defekte auf einen der ersten bleibenden Molaren und auf einen bleibenden Schneidezahn, bei 57,5% waren mehr als nur ein Molar betroffen [24].

1.3.3 Ätiologie von MIH

Wie bereits im Kapitel 1.1.1 beschrieben, setzt sich die Entwicklung der Zähne über mehrere Jahre fort. Bei Milchzähnen sprechen wir von einem Zeitraum von 3–4 Jahren. Bei bleibenden Zähnen erstreckt sich dieser über 7–12 Jahre. Dieser langwierige und vielschichtige Vorgang kann auf unterschiedlichste Weise beeinflusst werden, einschließlich genetischer Fehlsteuerungen, Traumata, entzündliche und chemische Einflüsse, metabolische Störungen, prä-, peri- und postnatalen Faktoren und allgemeinen Erkrankungen [25].

Die genauen Ursachen von MIH sind bis heute nicht vollständig geklärt. Man geht von einem multifaktoriellen Entstehungsprozess aus [7,26,27].

Zu den meist diskutierten pathogenetischen Faktoren zählen hierbei prä-, peri-, und postnatale Geschehnisse, Komplikationen und Erkrankungen des Kindes im ersten Lebensjahr, Medikamenteneinnahmen der Mutter und des Kindes, der Vitamin-D-Spiegel und die Exposition gegenüber chemischen Substanzen, wie Bisphenol A [7,27].

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt eine überblicksmäßige Auflistung aller diskutierten Risikofaktoren gemäß Bekes [7] und Weerheijm et al. [28]:

Tabelle 1: Mögliche *ätiologische* Faktoren im Zusammenhang mit MIH [sinngemäß modifiziert nach Bekes [7] und nach Weerheijm et al. [28]]

Entwicklungsphase	Bereich	Einflussfaktoren
Vor der Geburt: pränatal		
	Gesundheit und Lebensstil	Krankheiten oder Infektionen der Mutter [7,28]
		Mangel an Kalzium bei der Mutter [28]
		Medikamenteneinnahme [7]
		Ernährung der Mutter [28]
		Rauchen in der Schwangerschaft [7]
		Stress [7]
Rund um die Geburt: perinatal		

	Gesundheit	Frühgeburt [7,28]
		Geringes Geburtsgewicht [7,28]
		Kaiserschnitt [7]
		Sauerstoffmangel des Kindes [28]
		Kalziummangel [28]
		Geburtskomplikationen und sonstige medizinische Komplikationen [7,28]
Nach der Geburt: postnatal		
	Lebensstil	Stillen [7,28]
		Ernährung [28]
		Kalziummangel [28]
	Umweltfaktoren	Belastung durch Dioxine und chlorierte Kohlenwasserstoffverbindungen, Bisphenol A [7,28]
		Umweltverschmutzungen [28]
	Erkrankungen in den ersten Lebensjahren	Fieber unklarer Genese [7,28]
		Atemwegserkrankungen (Asthma, Pneumonie, Allergien, Bronchitis) [7,28]
		Masern, Windpocken [7,28]
		Mittelohrentzündungen [7,28]
		Erkrankungen der Niere [7]
		Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes [7]
		Tonsillitis [7]
		Adenoiditis [7]
		Medikamenteneinnahme / Antibiotika: Amoxicillin, Asthmamedikamente [7]
	Vitamin-D [7]	

Lygidakis et al. [29] untersuchten im Jahr 2008 bei 3518 Kindern (5,5–12-jährigen) neben der Häufigkeit von MIH das Auftreten und die Verteilung möglicher ätiologischer Faktoren. Die Studie lieferte folgende Ergebnisse: 10,2% der Kinder (360) wurden mit MIH diagnostiziert. Davon wiesen 12,2% (n = 44) der Schulkinder keine bedeutende Historie zu den genannten Faktoren auf. Bei 87,8% der untersuchten Kinder (n = 316) konnten mehrere pathogenetische Einflussgrößen in der prä-, peri- und postnatalen Phase festgestellt werden. Des Weiteren zeigte sich, dass die perinatalen (33,6%) und postnatalen (33,9%) Einflussfaktoren deutlich häufiger verzeichnet wurden, als die pränatalen (8,6%) Störfaktoren [29].

Die Studie von Lygidakis et al. [29] unterstreicht die Tatsache, dass MIH einer multifaktoriellen Ätiologie unterliegt und dass nicht nur ein einzelner Faktor für die Entstehung von Hypomineralisationen verantwortlich ist [27,29]. In den nachfolgenden Abschnitten werden diese potenziellen Faktoren näher beleuchtet.

1.3.3.1 Pränatale Einflussfaktoren

Zu den meistdiskutierten Faktoren in diesem Zeitraum zählen Erkrankungen der Mutter, die Einnahme von Medikamenten, Stress und das Rauchen der Mutter in der Schwangerschaft [7,26,27,30,31].

Der Einfluss von Rauchen und der Medikamenteneinnahme in der Schwangerschaft auf die Entwicklung von MIH wird in verschiedenen Studien kontrovers diskutiert. Beispielsweise konnten Silva et al. [26] und Fatturi et al. [32] diesbezüglich keinen Zusammenhang in ihrer systemischen Übersichtsarbeit finden [30].

Im Gegensatz dazu zeigten die Fall-Kontroll-Studien von Bagattoni et al. [30] und Lee et al. [33], dass das Rauchen in der Schwangerschaft durchaus ein erhöhter Risikofaktor für die Genese von MIH darstellt. Dass die Medikamenteneinnahme der Mutter ein potenzieller Störfaktor ist, wurde in der Studie von Verma et al. [34] belegt – dies stimmt mit den Ergebnissen früheren Studien [29,35,36] überein.

In der Kategorie „Erkrankungen der Mutter“ werden einerseits graviditätsbedingte Erkrankungen wie hypotensionsbedingte Anämie, Toxoplasmose, Hypertension, Stress und Präeklampsie beschrieben [7,37]. Präeklampsie wird als Bluthochdruck in Kombination mit Proteinurie nach der 20. Schwangerschaftswoche definiert, hierbei kann die Hypertension neu aufgetreten sein oder sich verschlechtern [38].

Andererseits werden allgemeine systemische medizinische Erkrankungen der Mutter, die vor und oder während der Schwangerschaft bestehen, angeführt [7,37,39,40].

1.3.3.2 Perinatale Einflussfaktoren

Zu den perinatalen Faktoren zählen reduziertes Geburtsgewicht, Frühgeburt, Geburtskomplikationen und die Geburt mittels Kaiserschnitts [7,26,27,31].

Das Geburtsgewicht und dessen Einfluss auf die Entstehung von MIH wurde in sieben Studien [37,39,41–45] zwischen 2008 und 2014 thematisiert [26]: Dabei konnte lediglich Ghanim et al. [37] eine Korrelation diesbezüglich feststellen [26].

Eine retrospektive Kohortenstudie von Ilczuk-Ryputa et al. [46] (2022), eine Fall-Kontroll-Studie von Mariam et al. [47] (2022) und eine systemische Übersichtsarbeit und Metaanalyse von Wu et al. [48] (2020) untersuchten die Beziehung zwischen reduziertem Geburtsgewicht (< 2,5 kg), Frühgeburtlichkeit (< 37 Wochen) und MIH. Alle 3 Studien [46–48] zeigten auf, dass diese Faktoren mit MIH assoziiert sind.

Weiters wurde der Geburtsvorgang durch einen Kaiserschnitt als ein Risikofaktor für MIH dargestellt. Dieser Faktor wurde von mehreren Studien [37,39,40,42,44,45,49] untersucht. Von den genannten Untersuchungen (2001 bis 2014), stellte nur die Studie von Pitiphat et al. [39] die signifikante Auswirkung dieses Faktors fest [26].

Eine aktuellere systematische Übersichtsarbeit von Garot et al. [27] aus dem Jahr 2022 konnte ebenfalls eine Assoziation zwischen MIH und erfolgten Kaiserschnitten finden. Geburtskomplikationen als Einflussgröße wurde in diverse Studien [16,37,39,42,43,45,50–52] aufgenommen und untersucht. In den unterschiedlichen Arbeiten herrscht hierbei erhebliche Variabilität hinsichtlich der Definition und Interpretation des Faktors „Geburtskomplikationen“. Einige Autoren differenzierten hierbei zwischen den einzelnen spezifischen Komplikationen während der Geburt, andere hingegen fassten Komplikationen während und nach der Geburt zu einem Risikofaktor zusammen [7,26].

1.3.3.3 Postnatale Einflussfaktoren

Zu den postnatalen pathogenetischen Größen zählen Faktoren, die sich nach der Geburt des Kindes manifestieren. An dieser Stelle werden Krankheiten und die

Medikamenteneinnahme des Kindes in den ersten Lebensjahren, der Einfluss des Stillens, mit Muttermilch, der Vitamin-D-Haushalt und die Exposition gegenüber chemischen Substanzen wie Bisphenol A eingeordnet [7,26,27,31].

1.3.3.3.1 Krankheiten des Kindes und Medikamenteneinnahme in den ersten Lebensjahren

In diese Kategorien fallen Erkrankungen, die in den ersten drei bis vier Lebensjahren des Kindes auftreten. Folgende Krankheitsbilder wurden in Studien am häufigsten untersucht: Atemwegserkrankungen wie Pneumonien und Asthma, akute Fieberzustände, verschiedene Erkrankungen – darunter Masern, Windpocken, Harnwegsinfekte, Bronchitis, Otitis media, Tonsillitis, Adenoiditis, Nierenerkrankungen sowie Magen-Darm-Erkrankungen – und die daraus erfolgte Antibiotikagabe werden als mögliche Ursachen beschrieben [7,26,27,31].

Es ist anzumerken, dass eine Trennung der Ursachenfolge schwer möglich ist. Hierbei kann nicht differenziert werden, ob die aufgetretene Krankheit mit ihrer typischen Symptomatik oder die Konsequenz der eingeleiteten Therapie (z.B.: Antibiotikagabe) zu einer Entstehung von MIH führt [27].

Studien aus den Jahren 2021 bis 2023 [26,27,31] beziehen sich bei dem Risikofaktor „Medikamenteneinnahmen in den ersten Lebensjahren“ primär auf Medikamente, die der antiinfektiven Therapie zugehörig sind [7,26,27,31].

Vor allem zwei Studien von Ghanim et al. [37] (2013) und Jälevik et al. [40] (2001) konnten eine wesentliche Korrelation zwischen MIH und der Antibiotikaeinnahme im ersten Lebensjahr des Kindes finden.

Allazam et al. [43] konnten die Auswirkung von Antibiotika auf MIH ebenso festhalten. Hierbei gab es keinen Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Verabreichung und dem entsprechenden Alter des Kindes [26].

Es wird häufig das Antibiotikum „Amoxicillin“ genannt als ätiologischer Faktor genannt [7,26,27,31].

Dieses zählt zu der Gruppe der Penicilline (= Aminopenicilline), dessen Erregerspektrum in erster Linie grampositiven Bakterien umfasst. Aminopenicilline sind gut wirksam gegen Pneumokokken, H. influenzae, Listerien und

Enterokokken. Aus diesem Grund werden sie unter anderem bei Erkrankungen und Infektionen im Hals-Nasen-Ohren Bereich und der oberen Atemwege appliziert [53]. Die retrospektive Arbeit von Whatling und Fearne [45], aus dem Jahr 2008, und die prospektive Studie von Laisi et al. [54] aus 2009 verzeichneten eine starke Korrelation zwischen Amoxicillin und MIH.

Souza et al. [44] konnten nachweisen, dass die Verabreichung von Amoxicillin in der Kombination mit anderen Antiinfektiva zu der Entstehung von Hypomineralisationen führt, jedoch beobachtete man diesen Zusammenhang nur in ländlichen Regionen [26]. Ergänzend zu diesen Ergebnissen dokumentierten Souza et al. [44] eine fehlende Assoziation zwischen der alleinigen Einnahme von Amoxicillin und MIH.

Demgegenüber wurde in der, 2009 veröffentlichten, Arbeit von Arrow [49] keine signifikante Verbindung zwischen dem Auftreten von MIH und der Einnahme von Aminopenicillin-Antibiotika festgestellt.

Die Ergebnisse einer aktuell veröffentlichten Meta-Analyse [31] (2023) stellten eine signifikante Korrelation zwischen der Einnahme von Antibiotikum und MIH dar. Hierbei betonten die Autor*innen, dass Antibiotika, ein potenzieller Risikofaktor darstellt. Es kann jedoch nicht differenziert werden, ob MIH durch die Antiinfektiva oder die zu therapierende Erkrankung bzw. den damit verbundenen Fieberzuständen induziert wurde [31].

Neben Antibiotika-Medikationen werden auch Asthma-Therapeutika als ätiologischer Faktor diskutiert und untersucht [55–57]. Loli et al. [56] zeigten in ihrer Studie (2015) eine Korrelation zwischen Atemwegserkrankungen, der angewendeten Aersoltherapie und MIH [26]. Die Autor*innen dieser Studie vertreten die Hypothese, dass sich die durch die Aerosoltherapie freigesetzten Kortikosteroide auf die Amelogenese und folglich auf die Entstehung von hypomineralisierten Schmelzdefekten auswirken [56].

Wogelius et al. veröffentlichten zwei Studien zu dieser Thematik. Die erste Studie [55] wurde 2010 publiziert, die aktuellere Arbeit [57] folgte im Jahr 2020. Bei Ersteren [55] konnte zwar deskriptiv festgestellt werden, dass bei der Verabreichung von Asthmamedikationen ein höheres Auftreten von schwerer MIH an den Molaren der Kinder eine mögliche Folge war, allerdings ohne Signifikanz.

Auch in der Folgestudie [57] (2020) konnte kein Zusammenhang diesbezüglich gefunden werden.

Die jüngst publizierte retrospektive Kohortenstudie aus dem Jahr 2024 [58] untersuchte 280 spanische Kinder, zwischen 6 und 14 Jahren auf mögliche pränatale und postnatale ätiologische Faktoren. Muñoz et al. [58] konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen Asthma und der Entstehung von MIH sowie der Einnahme von Kortikosteroiden in der Kindheit finden.

1.3.3.3.2 Toxinexposition: Dioxine über die Muttermilch

Der Begriff „Dioxine“ bezieht sich auf eine Substanzgruppe mit chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen. Dazu zählen 75 polychlorierte Dibenzop-dioxine (PCDDs) und 135 polychlorierte Dibenzofurane (PCDFs) [59].

Diese Verbindungen entstehen primär bei Verbrennungen und industriellen Prozessen. Durch ihre lipophilen Eigenschaften sind diese Toxine äußerst widerstandsfähig gegen den Metabolismus. Die Exposition und Aufnahme dieser Schadstoffe erfolgt über die Nahrung (v. a. tierische Produkte) und über die Umwelt. Folglich werden diese in höheren Konzentrationen im Gewebe, Blut oder in der Muttermilch eingelagert [59,60].

Dass die in der Muttermilch befindlichen Dioxine in Kombination mit einer „längeren“ Stillzeit eine Konsequenz auf die Entwicklung der Zähne und letztlich auf die Entstehung von Hypomineralisationen haben, wurde von Alaluusua et al. [61] bereits 1996 untersucht [7,26]. In den 90er Jahren, empfahl die WHO/UNICEF eine Stillzeit von min. 4-6 Monaten, bis ≥ 2 Jahren in Kombination mit fester Nahrung [62], diese Empfehlungen sind laut WHO [63] weiterhin gültig. Alaluusua et al. [61] untersuchten 40 Kinder, welche 0 bis 30 Monate gestillt wurden. Diese Studie lieferte eine signifikante Korrelation zwischen einer Stillzeit über 8 Monaten durch die Dioxinbelastung in der Muttermilch und dem Auftreten von MIH-Defekten [61]. Zwei Jahre später folgte eine Tierstudie [64] an Mäusen, welche die Beeinflussung dieser Substanzgruppe auf die Zahnentwicklung durch Bindung an den Epidermal-Growth-Factor-Rezeptor erklärte [7].

Jan und Vrbič [65] konnten 2000 aufzeigen, dass die langfristige Exposition gegenüber PCBs zu Mineralisationsdefekten an den Zähnen führte [7,65].

Laisi et al. [66] konnten 2008 keine Assoziation zwischen der Exposition gegenüber PCDD/Fs und PCBs-Exposition (über die Muttermilch oder Plazenta) und dem Auftreten von MIH feststellen. Die Autor*innen betonten, dass dies die Folge, der über die Jahre sinkenden Dioxinkonzentrationen in Europa sei [7,66].

1.3.3.3.3 Kontakt mit Bisphenol A

Bisphenol A (BPA) sind Monomere, die bei der Erzeugung von Polycarbonaten (PC), Epoxidharzen und spezifischen Papiererzeugnisse herangezogen werden. Polycarbonat findet man primär in Getränkeflaschen, Babyflaschen und anderen Aufbewahrungsutensilien. Epoxidharze werden in erster Linie als Beschichtungsmaterial in Nahrungsbehältern und Getränkedosen verwendet. Durch ihren direkten Kontakt mit Lebensmitteln, werden diese Substanzen vom Menschen aufgenommen [67].

Es besteht die Annahme, dass >95% der globalen Bevölkerung mit BPAs belastet ist [68]. Diese Substanzen werden als sogenannte endokrin disruptierende (östrogenähnliche) Chemikalien beschrieben, deren potenziell gesundheitsschädigende Wirkung auf den Organismus laufend erforscht wird [68,69].

Erkrankungen wie Diabetes, Adipositas, Störungen in der Reproduktion sowie Immunregulation und die Entstehung von verschiedenen Krebsarten werden diskutiert [70–72].

Jedeon et al. [68] konnten 2013 feststellen, dass der Kontakt mit Bisphenol A in geringer Konzentration in der perinatalen Phase zu Mineralisationsstörungen bei Rattenzähnen führt. Diese Defekte ähnelten den strukturellen und biochemischen Eigenschaften von MIH betroffenen Zähnen. Die Wirkungsweisen von BPAs auf die Amelogenese und die entsprechenden Zellen sind weiterhin unbekannt [68,69]. 2018 gab das deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung (BMEL) eine Stellungnahme [73] zu der genannten Studie (2013) von Jedeon et al. [68] ab. Laut den Aussagen des Bundesinstituts für Risikobewertung sei nach aktuellem Stand der Wissenschaft keine signifikante Korrelation zwischen BPA und MIH gegeben [73]. Der Grund liegt einerseits in den rückläufigen BPA-Konzentrationen und

andererseits in der Tatsache, dass Menschen und Ratten eine unterschiedliche Toxikokinetik aufweisen [7,73].

1.3.3.3.4 Vitamin D-Haushalt

Vitamin D gewährleistet eine erhöhte Aufnahme von Kalzium und Phosphor im Darm [74]. Diese genannten Mineralien sind Hauptbestandteile der Hydroxylapatitkristalle des Zahnschmelzes [75,76]. Ein Mangel an Kalzium und/oder Phosphor führen zu Mineralisationsstörungen und zu einem verzögerten Zahndurchbruch [76,77].

Des Weiteren wirkt sich Vitamin D indirekt auf die Zahnentwicklung aus, indem es eine wichtige Rolle in der Zellproliferation und Differenzierung einnimmt [76,78,79]. Dadurch diskutieren Autor*innen [80] die Hypothese, dass ein Zusammenhang zwischen dem Blutspiegel von 25-Hydroxyvitamin D [25(OH)D] und der Zahnbildung bzw. der Mineralisation, vor allem in jungen Jahren, besteht [76].

Dass sich der Vitamin-D-Spiegel auf die Entstehung von MIH auswirkt, wird in diversen Studien kontrovers diskutiert [31]. Die Kohortenstudie von Kühnisch et al. [81] aus dem Jahr 2015 konnte eine Assoziation zwischen einem niedrigen Vitamin-D-Spiegel [25(OH)D] und der Entstehung von MIH aufzeigen. Im Jahr 2018 konnten van der Tas et al. [82] die Ergebnisse von Kühnisch et al. [81] nicht bestätigen. In ihrer aktuellen Kohortenstudie fanden die Autor*innen keinen Zusammenhang zwischen dem Vitamin-D-Bloodspiegel und der Entwicklung von MIH bei sechsjährigen Kindern [82].

Trotz der Kontroversität empfiehlt sich eine präventive prä- und postnatale Vitamin D-Supplementierung gegen Hypomineralisationen, Zahndefekte und für eine orale und allgemeine Gesundheit [31,83].

1.3.3.4 Fazit zur Ätiologie

Bei der Untersuchung ätiologischer Faktoren von MIH stehen die Forscher*innen vor vielen methodischen Schwierigkeiten – etwa hinsichtlich der Kontrolle von Störfaktoren, der fehlenden Randomisierung oder der Wahl des gewählten Studiendesigns. Die meisten Studien basieren auf retrospektive Erhebungen, welche sich auf die Erinnerungen der Eltern bzw. der Mütter stützen. Hierbei gehen im Laufe der Jahre wichtige Detailinformationen verloren. Angesichts dieser Mängel

in den genannten Studien kann abschließend gesagt werden, dass MIH einer multifaktoriellen Ätiologie unterliegt und es weiterer prospektiver Untersuchungen bedarf [26]. Trotz dieses Forschungsbedarfs steht in der niedergelassenen Praxis die Behandlung und Versorgung von MIH-Zähnen und nicht deren Ätiologie im Vordergrund [7].

1.3.4 Klinische und strukturelle Eigenschaften von MIH-Zähnen

1.3.4.1 Klinisches und morphologisches Erscheinungsbild

Wie bereits in Kapitel 1.3 erwähnt, äußert sich MIH immer an mindestens einem bleibenden ersten Molaren („6-Jahr-Molar“). Zusätzlich können die Schneidezähne Defekte aufweisen [7,84,85]. Um die Diagnose MIH sicherzustellen, gilt allerdings folgende Regel: Wenn ein Schneidezahn betroffen ist, muss mindestens ein 6-Jahres-Molar ebenso Hypomineralisationen aufweisen [85].

Diagnostizierbar ist MIH anhand der visuellen Erscheinung (= Farbe), der Lokalisation der Ausprägung und deren Symptomatik. MIH-betroffene Zähne präsentierten sich mit einer zum physiologischen Schmelz, scharf abgegrenzten Opazität. Diese Defekte können cremeweiß oder gelb bis braun erscheinen [7,85]. MIH kann auf einzelnen Höckern, bukkalen/palatalen/lingualen Flächen oder dem gesamten okklusalen Relief bis zum zervikalen Teil des Zahnes verzeichnet werden. Bei mitbetroffenen Schneidezähnen lokalisieren sich diese Läsionen primär an den labialen Flächen [7,9]. Die Ausdehnung und die Anzahl der betroffenen Zähne mit MIH sowie der Schweregrad kann innerhalb eines Gebisses bzw. einzelner Patient*innen stark variieren [7,86].



Abbildung 4: (A): cremegelbe Opazitäten (regio 11,21) (B): weiß-gelbe Opazität (regio 11) [klinische Fotos, mit freundlicher Genehmigung von Univ. ZÄ Dr. ⁱⁿ med.dent. Hanscho © 2025]

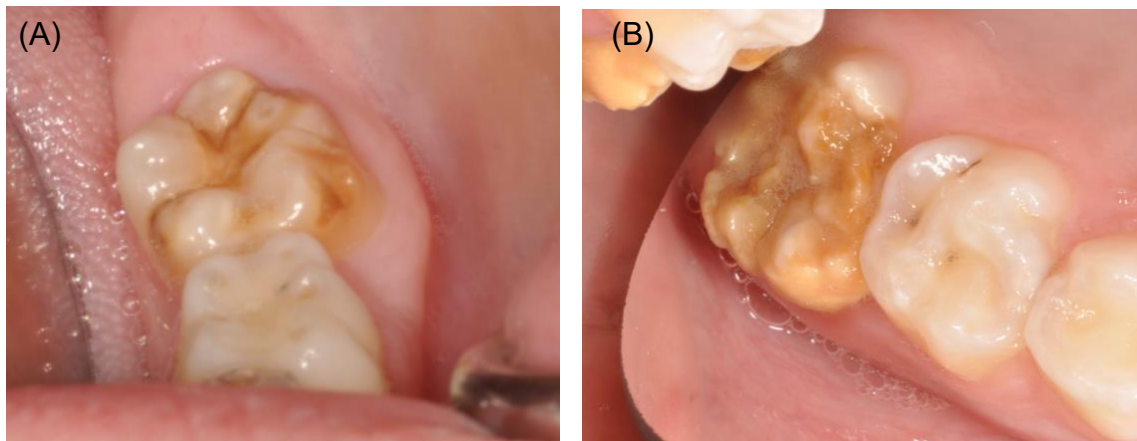


Abbildung 5: (A): braun-gelbliche Opazitäten an den ersten bleibenden Molar (B): 1.bleibender Molar mit vollständiger Zerstörung der Oberfläche [klinische Fotos, mit freundlicher Genehmigung von Univ. ZÄ Dr.ⁱⁿ med.dent. Hanscho © 2025]

1.3.4.2 Strukturelle Besonderheiten des MIH- Zahnschmelzes

Der Zahnschmelz in MIH betroffenen Arealen scheint im Gegensatz zum physiologischen Zahnschmelz poröser zu sein – dies zeigen diverse Untersuchungen [87–89] mit (polarisierten) Lichtmikroskopen. Die Porosität steigt mit der Intensität und dem Grad der Farbe an, somit sind cremeweiße Defekte weniger porös als braun-gelbliche Läsionen [7,87–89].

Die dunklen Areale können eine Porosität von mehr als 20% aufweisen [90].

Mit ansteigender Porosität verliert der Zahnschmelz seine harte Eigenschaft und wird weich. Das kann zu einem post eruptiven Schmelzeinbruch und zur Freilegung von Dentin, v. a. an Zahnhöckern, führen [7,10].

Lichtmikroskopische Aufnahmen zeigen, dass die hypomineralisierten Areale von MIH-betroffenen Zähnen sich von der Schmelz-Dentin-Grenze bis zur Oberfläche ausdehnen [7]. Mehrere Studien und Untersuchungen mit Raster- (REM) und Transmissionelektronenmikroskopen (TEM) [88,91–97] konnten zeigen, dass der Schmelz von MIH-Zähnen – im Gegensatz zum physiologischen Schmelz – nicht dem klassischen prismatischen Ordnungsmuster folgt. Stattdessen weist er eine losere Schmelzprismenstruktur auf, mit weniger dicht gepackte Hydroxylapatit-Kristalle, schwach definierten Prismengrenzen, verbreiterten inter-prismatische Räume mit Lücken sowie dickeren Mantelbereiche [7,92].

Vergleicht man die chemische Zusammensetzung eines Zahnes mit physiologischem Zahnschmelz mit dem Schmelz eines MIH-betroffenen Zahnes, zeigen Studien folgende Ergebnisse: Hypomineralisierter Zahnschmelz zeigt einen signifikant höheren Proteinanteil als ein gesunder Zahnschmelz. Bräunlich verfärbte MIH-Läsionen weisen einen 15 bis 21-fach höheren Proteingehalt auf, weiß-gelbliche bzw. kreidige Opazitäten präsentieren sich mit einem achtfach höheren Proteingehalt [6,7,98,99].

Serumalbumin zeigt sich hier als Hauptbestandteil mit hoher Konzentration insbesondere in gelb-bräunlichen Arealen [7].

Weitere nachgewiesenen Proteine umfassen Alpha-1-Antitrypsin und Antithrombin III. Darüber hinaus konnten Hämoglobin und weitere Proteine, die an der Zellreparatur beteiligt sind, in geringen Mengen identifiziert werden [6,99,100].

Mangum et. al [100] beschreiben eine Anreicherung des MIH-Schmelzes mit Proteinen aus dem Speichel und dem Blut. Das Ausmaß des Anstieges dieser Proteine hängt von der strukturellen Integrität dieser Schmelzoberfläche ab [101].

Kommt es zu einem posteruptiven Schmelzzerfall, lagern sich vermehrt Proteine an die folglich freiliegende Hydroxylapatitmatrix an [100].

Wie bereits im Kapitel 1.2.1 erklärt, besteht physiologischer Zahnschmelz aus anorganischen Hydroxylapatitkristallen. Im hypomineralisierten Zahnschmelz von MIH-Zähnen findet man ausschließlich eine Calcium-Phosphat-Phase mit Calciumapatit-Kristallen [6,97,102].

Schmelz wird häufig als die härteste Struktur des menschlichen Körpers beschrieben, wobei das Verhältnis zwischen Calcium und Phosphat eine große Rolle spielt und den Mineralisierungsgrad des Zahnschmelzes widerspiegelt. Je höher die Konzentration dieser beiden Elemente, desto höher der Mineralisierungsgrad [103].

Die Calcium- und Phosphat-Konzentrationen sind in MIH-Läsionen von 5% bis zu 20% [104] geringer als im gesunden Schmelz [6,105]. Allerdings bleibt das Verhältnis zwischen Calcium und Phosphat (Ca/P) laut Mahoney et. al [6,97] und Martinovic et. al [104] gleich bzw. ähnlich. Im Vergleich zu diesen Ergebnissen berichten Jälevik et al. [105] von einer deutlichen Veränderung der Ca/P-Ratio, primär als Folge der absinkenden Calciumkonzentration in stark

hypomineralisierten, porösen Arealen des Schmelzes. Anders als bei Calcium und Phosphat zeigt MIH-betroffener Zahnschmelz eine erhöhte Kohlenstoffkonzentration und folglich einen erhöhten Carbonatanteil (CO_3^{2-}) [6,88].

Die anderen Spurenelemente wie Chlor, Strontium, Natrium und Kalium weisen keine signifikanten Konzentrationserhöhungen auf. Magnesium hingegen findet man in erhöhten Mengen. Diese Tatsache kann auf eine Fehlregulation in der Amelogenese hindeuten [6,91,102].

1.3.4.3 Mechanische Besonderheiten des MIH- Zahnschmelzes

Aufgrund der genannten chemischen Eigenschaften, des reduzierten Hydroxylapatit-Gehaltes, der erhöhten organischen Komponenten sowie der reduzierten Größe der Schmelzprismen kommt es schlussfolgernd zu dem typischen porösen Charakter des hypomineralisierten Schmelzes [92,95,99,101,103].

Der Härtegrad eines Zahns wird durch die Resistenz gegen die einwirkende Kraft definiert, bevor dieser frakturiert. Die Fähigkeit, Kräfte abzufangen, ohne Verformungen zu zeigen, wird durch das Elastizitätsmodul beschrieben. Zähne mit MIH weisen sowohl einen geringeren Härtegrad (50-90% geringer) als auch ein geringeres Elastizitätsmodul auf [7,103,106]. Betroffene Zähne können schlechter Kaukräfte abfangen und neigen eher zur Fraktur. Je nach klinischem Erscheinungsbild der hypomineralisierten Areale variieren die Härte und der Wert für das Elastizitätsmodul. Bei weißlichen Opazitäten sind die Werte höher als bei gelb-braunen Defekten. Zusammenfassend führt der erhöhte Proteingehalt in MIH-Zähnen zu Porosität, reduzierter Mineralkonzentration und somit zu stark verminderter Widerstandsfähigkeit, wodurch die Tendenz zum posteruptiven Schmelzeinbruch und zur Fraktur stark ansteigt [103].

1.3.4.4 Klinische Bedeutung der Eigenschaften von MIH-Zähnen

MIH-betroffene Zähne unterscheiden sich von gesunden Zähnen durch eine Vielzahl von strukturellen und chemischen Eigenschaften. Dazu zählen unter anderem eine veränderte Schmelzmatrix, der reduzierte Mineralisierungsgrad und

die verminderte Mineralkonzentration, insbesondere das reduzierte Ca/P-Verhältnis, ein erhöhter Proteingehalt sowie die erhöhte Konzentration von Kohlenstoff und Carbonat. Diese Faktoren beeinflussen das mechanische Verhalten stark und machen den Zahnschmelz poröser und weniger resistent gegenüber Kaukräften [7].

Carbonatkristalle sind leicht auflösbar gegenüber Säuren, somit führt der erhöhte Carbonatanteil in MIH-Zahnschmelz zur verstärkten Säureanfälligkeit. Proteine hingegen können Säureangriffe besser standhalten; der erhöhte Proteingehalt wirkt der Säuredissoziation entgegen [6].

Mehrere Studien [107–109] sind sich einig, dass MIH-betroffene Zähne von Kindern eher zu kariösen Läsionen neigen als jene ohne Zahnschmelzdefekte. Die Erklärung liegt den strukturellen Merkmalen von MIH zugrunde. Die erhöhte Porosität führt zu einer erleichterten Infiltration von kariogenen Bakterien durch den Zahnschmelz und Dentin. MIH-Zähne neigen zu posteruptiven Schmelzeinbrüchen, wodurch ein putzunfähiger Nährboden für die Adhäsion und Vermehrung dieser Bakterien geschaffen wird [107].

Dem hinzuzufügen ist, dass Kinder mit MIH hypersensibel auf warme und kalte Reize reagieren und somit zu einem insuffizienten Putzverhalten neigen. Die Kombination von Hypersensibilitäten, erhöhter Plaqueretention, falscher Mundhygiene und erhöhtem Zuckerkonsum führt schließlich zu verstärkter Kariesanfälligkeit bei MIH betroffenen Kindern [108].

Die Kariesprogression schreitet bei Betroffenen jedoch sehr rasch voran [109].

Es konnte jedoch keine Assoziation zwischen einem rascheren Anstieg von Karies und dem Schweregrad von MIH gefunden werden [109].

Dennoch haben alle Autor*innen der oben genannten Studien denselben Konsens: MIH ist vulnerabler gegenüber Karies als physiologisch-gesunder Zahnschmelz. Daher sollte MIH als Risikofaktor für Karies porträtiert werden [107–109].

Damit resinbasierte Komposite eine erfolgreiche Schmelzhaftung erreichen, bedarf es einer mikromechanischen Retention, welche durch Konditionierung der Zahnoberfläche mit Phosphorsäure erreicht wird [6].

Wenn diese Säure am Zahnschmelz reagiert, zeigt sich ein dementsprechendes morphologisches Ätzmuster, welches in 3 Typen eingeteilt wird [96].

Typ I präsentiert sich mit einer Auflösung des Kernes der Prismen. Bei Typ II wird die Außenhülle der Prismen aufgelöst und somit die interprismatische Substanz verändert. Typ III zeigt ausschließlich eine oberflächliche Ätzung; es kommt zu einer Dissoziation von Schmelzkristallen um die Prismen [96].

Hypomineralisierter Zahnschmelz zeigt nach Säureätzung nicht die klassischen Demineralisierungsmuster (Typ I oder II) wie gesunder Schmelz [6,96]. Die ausreichende Retention und somit das Erreichen der klinisch sicheren Haftung sowie der Randversiegelung wird bei den Ätzmustern des Typ I und II erreicht [96]. Die Studie von Bozal et al. [96] untersuchte MIH-Zähne vor und nach Ätzung mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) und beschrieb ein Typ III entsprechendes Ätzmuster. Durch Ätzung wurden prismatische, adamantinartige Strukturen freigelegt, die durch die Anwendung der Phosphorsäure vermehrt Risse und tiefe Poren darstellen. Dieses Typ III-Ätzmuster ist aufgrund der rein oberflächlichen Demineralisation für Adhäsion von Kompositen unzureichend. Ursache für dieses atypische Demineralisierungsmuster ist, wie bereits erwähnt, der erhöhte Proteingehalt, welcher die ausreichende Säuredissolution verhindert [6,91].

Um dem erhöhten Proteinanteil entgegenzuwirken, wird eine ausgedehntere Ätzzeit von min. 45 Sekunden empfohlen [110]. Des Weiteren ist die Haftung von Kompositen auf MIH-betroffenen Arealen in Vergleich zu gesundem Schmelz signifikant – um bis zu 54% – reduziert [6,106,111].

Dennoch ist es zu erwähnen, dass häufiger kohäsive Fehler statt Adhäsionsfehler im hypomineralisierten Schmelz auftreten [6].

Zur Folge der reduzierten mechanischen Festigkeit von MIH-Zähnen treten Randfrakturen von Kompositfüllungen auf, insbesondere wenn die Präparationsgrenzen nicht bis zum unversehrten Schmelzbereich ausgedehnt wurden [7,94,106].

In stark kaubelasteten Arealen ist hypomineralisierter Schmelz weniger robust als die Haftung der Komposite. Somit bricht der Zahn um eine intakte Füllung weg oder es kommt zu Chippingfrakturen im Bereich der kaubelasteten Höcker [6,7,106].

Abschließend kann gesagt werden, dass sich hypomineralisierter Zahnschmelz in Struktur, Aufbau und Eigenschaften wesentlich von physiologischem Zahnschmelz unterscheidet. Somit ändert sich auch das Verhalten und die Reaktion auf Mundumgebung sowie zahnärztliche Eingriffe [6].

Im Wesentlichen sollte immer die restriktive minimal-invasive Therapie in Betracht gezogen werden. Es empfiehlt sich somit die Präparationsausdehnung immer bis in den unversehrten Schmelzarealen reichen zu lassen. Überhängende MIH-Schmelzbereiche sollten bei Möglichkeit nicht in eine Restauration miteinbezogen werden [7].

All diese Aspekte müssen in der Therapie von MIH berücksichtigt werden – dies wird in Kapitel 1.3.8 detailliert beschrieben.

1.3.5 Diagnostik von MIH

Wie in Kapitel 1.3.1 bereits erwähnt, wurde MIH erstmals 2001 von Weerheijm et al. [8] beschrieben und erlangte dadurch die Aufmerksamkeit vieler Forscher*innen. Bereits in diesem Zeitraum Bedarf es einheitlicher systematischer Diagnosekriterien von MIH, um klinische Daten aus diversen Ländern und Populationen vergleichen zu können. Zu dieser Zeit wurde der sogenannte DDE-Index (= *Index of developmental defects of dental enamel*) als systematisches Diagnostiktool genutzt [112]. Folglich werden dieser FDI DDE-Index und die Diagnosekriterien der EAPD, gemäß Weerheijm et al. [10] aus dem Jahr 2003 abgehandelt.

1.3.5.1 FDI DDE-Index

Der DDE-Index schränkt entsprechende Schmelzstrukturstörungen in deren Art des Defektes, möglichen Kombinationen und Schweregrad ein [113].

Tabelle 2: DDE-Index modifiziert (Index of developmental defects of dental enamel FDI gemäß [114] 1992) Sinngemäß nach Bekes [7] (S. 46) [Mit freundlicher Genehmigung von Quintessence Publishing]

Typ	Defekt	Code
Normalzustand		0
Abgegrenzte Opazitäten	Weiß und /oder cremefarben	1
	gelb/braun	2
Diffuse Opazitäten	Länglich verlaufend /linienförmig	3
	Fleckig verteilt (diffus)	4
	Übergehend / zerfließend (diffus)	5

	Zerfließend/getüpfelt +verfärbt +Schmelzverlust	6
Hypoplasien	Einziehung/Mulde	7
	Schmelz fehlt vollständig	8
	Andere Defekte	9
Kombinationen von Defekten	Abgegrenzt + diffus Opazitäten	K
	Abgegrenzte Opazität + Hypoplasie	L
	Diffus Opazität + Hypoplasie	M
	Alle drei Defektformen kombiniert	N
Ausmaß der Schmelzdefekte auf der Zahnkrone	Kein Defekt (normal)	0
	Weniger als ein Drittel der Zahnkrone	1
	Ein bis zwei Drittel der Zahnkrone	2
	Mehr als zwei Drittel der Zahnkrone	3

Die Anwendung dieses Index zur Diagnostik von MIH brachte Nachteile wie fehlende Einfachheit und Erfassungsmöglichkeit von Schmelzeinbrüchen, atypischen Restaurationen oder Extraktionen, bedingt durch MIH [7,10,112].

Aufgrund dieser Mängel erstellen die Arbeitsgruppe Weerheijm et. al [10] 2003 im Zuge des 6. Kongresses der EAPD die standardisierten Diagnosekriterien der EAPD [10].

1.3.5.2 Diagnosekriterien der EAPD

Die Diagnosestellung von MIH sollte im Idealfall bei 8-jährigen Kindern durchgeführt werden, so empfehlen es Weerheijm et al. [10]. In diesem Alter sind im Regelfall bereits alle ersten vier bleibenden Molaren, sowie der Großteil der acht permanenten Schneidezähne durchgebrochen. Die Zahnoberfläche sollte im Zuge dessen gereinigt sowie befeuchtet sein und folglich auf nachstehende Kriterien befundet werden [7,10]:

- Fehlen oder Vorliegen von klar abgegrenzten Opazitäten
- Posteruptive Schmelzeinbrüche
- Atypische Restaurationen bzw. Füllungen
- Extraktion(en) von Molar(en) aufgrund von MIH
- Durchbruchstörungen von Molar oder eines Schneidezahnes

Tabelle 3: Definition der EAPD-Kriterien [übersetzt, sinngemäß nach Weerheijm et al.[10] in Anlehnung an Bekes [7] (S.48)]

EAPD-Kriterien	Definition
Abgegrenzte Opazität	Sind scharf begrenzte Defekte mit Änderung der Transparenz des Zahnschmelzes, mit Variabilität des Grades. Dieser hypomineralisierte Schmelz zeigt eine normale Dicke und glatte Oberfläche, und kann weißlich, gelb oder braun erscheinen [7,10]. Opazitäten unter 1mm werden ausgeschlossen [7,115].
Posteruptiver Schmelzzerfall	Nach dem Zahndurchbruch präsentiert sich ein Oberflächendefekt. Es zeigt sich ein Verlust des ursprünglich gebildeten Zahnschmelzes auf der Oberfläche nach der Eruption. Dieser Verlust ist meist mit einer vorhanden abgegrenzten Opazität verknüpft [7,10].
Unkonventionelle restaurative Versorgung	Die Ausdehnung und Gestaltung der Füllung stimmen mit dem klassischen Kariesbild nicht überein. Die Restauration dehnt sich bei Molaren auf die bukkale und / oder palatinale/linguale Flächen aus. Am Restaurationsrand sind Schmelzdefekte erkennbar. An den Inzisiven zeigen sich bukkale Restauration, ohne Assoziation mit Trauma [7,10].
Molarenextraktion bei MIH	Der Verdacht auf Extraktion von Molaren aufgrund von MIH trifft zu: wenn andere erste bleibende Molaren im Gebiss die oben genannte Kriterien aufweisen, kombiniert mit der Abwesenheit eines ersten bleibenden Molars. Wenn ein erster bleibender Molar fehlt und sich Opazitäten an den Schneidezähnen darstellen. Schneidezähne werden im Normalfall nicht aufgrund von MIH extrahiert [7,10].

Durchbruchsstörungen	Die Eruption des zu befundenden ersten bleibenden Molars oder Schneidezahnes ist noch nicht erfolgt [7,10].
-----------------------------	---

Schmelzdefekte werden ausschließlich als MIH befundet, wenn Molaren mitbeteiligt sind. Dies bedeutet, dass das alleinige Auftreten von Hypomineralisationen an Schneidezähnen keinen ausreichenden Befund für die Diagnose von MIH darstellt. In diesen Fällen wartet man den Durchbruch der Molaren ab, und befundet diese für Diagnoseerhebung mit. Zeigen die Molaren keine Kriterien für MIH, ist an eine Differentialdiagnose zu denken [7,10].

Präsentieren sich zu befundende Zähne mit ausgeprägten kariösen Läsionen und abgrenzbare Opazitäten am Kavitätenrand oder an einer anderen Fläche des Zahnes, kann dies als MIH gewertet werden [10].

1.3.6 Klassifizierung von MIH

Die EAPD-Kriterien sind bis heute von hoher Relevanz und kommen häufig in Gebrauch, vor allem in epidemiologischen Forschungen. Die EAPD-Kriterien nach Weerheijm et al. [10] konnten jedoch keine Darstellung über den Schweregrad der Erkrankung und der dadurch induzierten Hypersensibilität liefern. Aus diesen Gründen erschien 2010 eine Überarbeitung von Lygidakis et al. [116], welche MIH in einen milden und einen schweren Ausprägungsgrad unterteilten.

1.3.6.1 EAPD – Klassifikation von 2010 und 2022

Milde Formen von MIH laut Lygidakis et al. [116] präsentieren sich mit:

- Abgrenzbaren Opazitäten ohne Schmelzeinbrüche
- Hypersensibilitäten auf exogene Reize (Wasser oder Luft). Kinder reagieren nicht mit Schmerzen beim Zähneputzen.
- Leichten ästhetischen Einbußen aufgrund von Opazitäten auf den Inzisiven.

Schwere Ausprägungen gemäß Lygidakis et al. [116] charakterisieren sich mit:

- Abgrenzbaren Opazitäten mit Beteiligung von Schmelzeinbrüchen
- Karies

- Anhaltende/spontane Hypersensibilitäten, welche Funktion/Zähneputzen negativ beeinflussen
- Massive ästhetische Einbußen mit Konsequenzen auf psychosozialer Ebene.

Diese Einteilung wurde als EAPD-Leitfaden unter dem Titel „*Best Clinical Practice Guidance*“ veröffentlicht [116].

2019 erteilte die EAPD die Anweisung zu einer Aktualisierung dieses Leitfadens. Somit wurde im Zuge des 12. EAPD-Interim-Seminar in Oslo eine überarbeitete Version des „*Best Clinical Practice Guidance*“ der EAPD von Lygdakis et al. [115] publiziert. Zusätzlich zu den in der Tabelle 3 beschriebenen Diagnosekriterien der EAPD enthält die aktualisierte Version folgende Punkte gemäß Lygdakis et al. [115]:

Tabelle 4: Aktualisierte Punkte zu den EAPD-Kriterien [übersetzt, sinngemäß nach Weerheijm et al. 2003 [10]; Lygidakis et al. 2010 [116], 2022 [115]]

EAPD-Kriterien	Definition
Betroffene Zähne	Hypomineralisierte Zahnschmelzdefekte zeigen sich an einem oder auf allen vier permanenten ersten Molaren, zusätzlich können die permanenten Schneidezähne beteiligt sein. Um die Diagnose von MIH sicher stellen zu können, muss mindestens ein erster bleibender Molar Hypomineralisationen aufweisen. Die Defekte sind schwerwiegender, je mehr Molaren beteiligt sind, und desto größer ist die Anzahl der betroffenen Inzisiven. Hypomineralisierte Defekte können auch folgenden Zähnen befundet werden: zweite Milchmolaren, Prämolaren, zweite bleibenden Molaren und an der Spitze der Eckzähne [115].
Hypersensibilitäten	MIH-betroffene Zähne neigen zu Hypersensibilitäten, dies kann von einer leichten Reaktion auf externe Reize bis zur spontanen Reaktion ohne Reize reichen.

	Betroffene Molaren sind schwieriger zu anästhesieren [115].
--	---

Die genannten Punkte sind die Ergänzungen zur Tabelle 3

Die Einteilung der Schweregrade in mild und schwer vom Jahr 2010 [116] ist in der aktualisierten Version [115] von 2022 identisch. Das daraus entwickelte Therapieschema wird in Kapitel 1.3.8 näher beschrieben.

Weitere Autor*innen diverser Studien versuchten, Indices für die Einteilung von MIH zu erstellen, um das entsprechend breite Spektrum vollständig darstellen zu können. Zum einen wurde der HSI („*hypomineralization severity index*“) und zum anderen der MIH/HSPM- („*hypomineralized second primary molars*“)- Index erstellt [7,112].

Aus Gründen der Relevanz wird im folgenden Absatz ausschließlich näher auf das sogenannte Würzburger-Konzept [117–119], eine im deutschsprachigen Raum etablierte Klassifizierungsmöglichkeit eingegangen.

1.3.6.2 Klassifikation nach dem Würzburger – Konzept

2016 wurde in Zuge der Frühjahrstagung der Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ) in Würzburg das Würzburger Konzept dargelegt. Dieses Konzept beruht auf dem dafür entwickelten *MIH-Treatment Need Index* (MIH-TNI) und dem daraus abgeleiteten Therapieplan [7,118].

Der MIH-TNI besteht unter anderem aus den EAPD-Diagnosekriterien und weiteren zusätzlichen Punkten wie dem Vorhandensein von Hypersensibilitäten der Zähne, dem Umfang der Defekte und Kombinationen jeweiliger EAPD-Kriterien. Diese Fragestellungen beziehen sich jedoch auf alle Milch- und bleibenden Zähne und nicht ausschließlich auf bleibende Molaren und Inzisiven. Wird somit eines dieser Kriterien mit „Ja“ bewertet, kann der MIH-TNI, wie Tabelle 5 zeigt, zur Klassifizierung herangezogen werden [7,118].

Tabelle 5: MIH-Treatment Need Index nach Bekes und Steffen [118] [Mit der Erlaubnis von Springer Nature entnommen aus: [118]]

Index	Definition
Index 0	keine MIH, klinisch gesund
Index 1	MIH ohne Hypersensibilität, kein Substanzdefekt
Index 2 2a 2b 2c	MIH ohne Hypersensibilität, mit Substanzdefekt < 1/3 Defektausdehnung > 1/3 < 2/3 Defektausdehnung > 2/3 Defektausdehnung oder/und Defekt pulpanah oder Extraktion oder atypische Restauration
Index 3	MIH mit Hypersensibilität, ohne Substanzdefekt
Index 4 4a 4b 4c	MIH mit Hypersensibilität, mit Substanzdefekt < 1/3 Ausdehnung > 1/3 < 2/3 Ausdehnung > 2/3 Ausdehnung oder/und Defekt pulpanah oder Extraktion oder atypische Restauration

Anhand dieses Index kann eine Graduierung in 4 Schweregrade, mit oder ohne Hypersensibilitäten, vollzogen werden. Die Defektausdehnung wird in Untergruppen kategorisiert. Hierbei wird das Auftreten von erfolgten Extraktionen oder atypischen Restaurationen mit eingerechnet. Mithilfe dieses systematischen Index kann eine effiziente und reproduzierbare Befunderhebung und ein darauf basierendes Therapiekonzept gewährleistet werden [7,118].

Der Therapieplan wird im anschließenden Kapitel 1.3.8.2 beschrieben.

1.3.7 Erkenntnisse aus dem AMIT – Kongress zu MIH (2024)

AMIT, die sogenannte „Alliance of Molar Incisor Hypomineralisation (MIH) Investigation and Treatment“ stellt einen wissenschaftlichen Zusammenschluss von Fachleuten dar. Hierbei stehen Erforschung, Ätiologie, Prävalenz, Behandlungsmöglichkeiten und Prävention von MIH im Vordergrund [120].

Die erste Kongressveranstaltung fand 2022 in München statt. Im November 2024 erfolgte die 2. Fachveranstaltung der AMIT in Berlin. Hierbei wurde auf die jüngste Prävalenzstudie von 2024 (siehe Abschnitt 1.3.2.2.2) eingegangen. Kenntnisse von Behandlungsmöglichkeiten im niedergelassenen Bereich seien aufgrund der

steigenden Prävalenzzahlen und schweren Ausprägungsgrade mit verstärkten Hypersensibilitäten besonders wichtig geworden. Somit liegt die Notwendigkeit in raschen Diagnosestellungen und leitliniengerechten, individualisierten Behandlungen. Des Weiteren wurden neue ätiologische Erkenntnisse diskutiert. Insbesondere wurden Kaiserschnittgeburten und „Drei-Tage-Fieber“- Zustände als statistisch signifikanten Ursachen thematisiert. Darüber hinaus wurden die aktualisierten Therapieleitlinien des Würzburger Konzepts (2023) nach Bekes et al. [119] vorgestellt [121]. Diese werden in den nachfolgenden Abschnitten 1.3.8.2 und 1.3.9 näher beleuchtet.

Der 3. AMIT-Kongress findet im November 2026 in Wien statt [122].

1.3.8 Therapieleitlinien von MIH

1.3.8.1 Die EAPD- „*Best Clinical Practice Guidance*“

Die *Best Clinical Practice Guidance* der EAPD teilt das ihre Therapieleitlinien für posterior und anterior liegende Zähne ein. Das Therapieschema für posteriore Zähne (Molaren) beinhaltet Präventionsmaßnahmen, atraumatische Restaurationen (Glasionomer, Versiegelungen), Restaurationen mit resinbasierten Kompositen, Stahlkronen und laborgefertigte Restaurationen, partielle und koronale Pulptomien, sowie geplante Extraktionen.

Zu den beschriebenen Therapiemöglichkeiten für anteriore Zähne (Inzisiven, Prämolaren) wurden folgende Punkte genannt: Mikroabrasion mit Salzsäure oder Phosphorsäure mit anschließender Caseinphosopeptid-amorphes Calciumphosphat (CPP-ACP)-Anwendung. Resininfiltrationen, Versiegelungen und externes Bleichen werden als minimal-invasive Therapievorschlüsse aufgelistet, gefolgt von Kompositrestaurationen. Im Zuge der aktualisierten EAPD (*Best Clinical Practice Guidance*)-Leitlinie wurden Entscheidungsfindungs-Diagramme für die dem Schweregrad und Zahnalter entsprechende Therapie verfasst. Die folgenden Tabellen zeigen diese Diagramme, welche den Zahnmediziner*innen, die Auswahl der richtigen einzuleitenden Therapie erleichtern sollen [115].

Tabelle 6: Grafische Zusammenfassung der Best Clinical Practice Guidance: Schwergradabhängige Symptome von MIH-Molaren und therapeutische Maßnahmen [übersetzt und modifiziert gemäß Lygidakis et al. [115] (S.16) Lizenz: [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)]

Symptomatik	mild				schwer
Posteruptiver Schmelzzerfall, Karies					
Anzahl der zerstörten Zahnoberflächen					
Hypersensibilität / Schmerzempfindlichkeit					
DMFT ^(decayed, missing, and filled teeth) / (kariöse, fehlende und gefüllte Zähne)					
Reversible Pulpitis	-	-	-	+	+
Irreversible Pulpitis	-	-	-	-	+
Abszess / Zellulitis	-	-	-	-	+
Zahnalter in Jahren	6-16	6-9	7-16	7-16	8-10*
Therapieansätze	Fluoride, CPP/ACP Versiegelung	GIZ	Kompositversorgungen	Stahlkrone (konfektioniert)	Extraktion
*8-10 Jahre = optimaler zeitlicher Rahmen für spontane Schließung der Lücken - weist auf das Fehlen der Symptomatik hin, während + auf die Anwesenheit hinweist					

Tabelle 6 bezieht sich hierbei auf MIH betroffene Molaren, der Schweregrad steigt von links nach rechts an. Die Auswahl des entsprechenden Entscheidungsblockes wird immer durch das Auftreten des schwerwiegendsten Symptoms getroffen [115].

Tabelle 7: Grafische Zusammenfassung der Best Clinical Practice Guidance: Schwergradabhängige Symptome von Schneidezähnen und therapeutische Maßnahmen [übersetzt und modifiziert gemäß Lygidakis et al. [115] (S.17) Lizenz: [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)]

Schweregrad	Klinisches Erscheinungsbild	Problematik	Empfohlene Maßnahmen
Schwer	Opazitäten + Fehlen von Schmelz	Bruchgefahr + ästhetische Einbußen	Makro/Mikroabrasion +Resininfiltration +Kompositversorgungen
Mittel	Opazitäten an den Schneidkanten	Ästhetische Einbußen ± Bruchgefahr	Makro/Mikroabrasion +Resininfiltration +Kompositversorgungen
Leicht	Bräunliche / gelbliche Defekte	Ästhetische Einbußen	Makro/Mikroabrasion +Resininfiltration +Kompositversorgungen
Sehr leicht	Weißliche/cremefarbene Defekte	Ästhetische Einbußen	Bleaching, +/- Mikroabrasion +/- Resininfiltration ODER keine Behandlungsmaßnahmen

Tabelle 7 stellt das Entscheidungsdiagramm für Schneidezähne dar. Hier nimmt der Schweregrad von unten nach oben zu. Es gilt Gleiches wie bei Tabelle 6: das schwerwiegendste Symptom gibt die entsprechende Therapie vor [115].

1.3.8.2 Das Würzburger Konzept

Dem EAPD-*Best Clinical Practice Guidance* steht das Würzburger Konzept nach Bekes et al. [117] von 2016 gegenüber. Ein Therapieplan, der sich nach dem MIH-TNI (siehe Kapitel 1.3.6.2) orientiert und im deutschsprachigen Raum seine Anwendung gefunden hat. Die Therapiemöglichkeiten beinhalten Prophylaxe, Regeneration, Akutbehandlung und Langzeitplanung und beziehen sich jeweils auf die entsprechende Kariesanfälligkeit des einzelnen Individuums. Je nach Kariesrisiko können ein blaues (= niedriges Risiko) und ein rotes (= hohes Risiko) Schemata (siehe Abbildung 6, Abbildung 7) als Leitfaden herangezogen werden [7,117]. Die erste vertikale Spalte des Würzburger Therapieplanes zeigt die einzelnen Therapiemöglichkeiten (A-F).

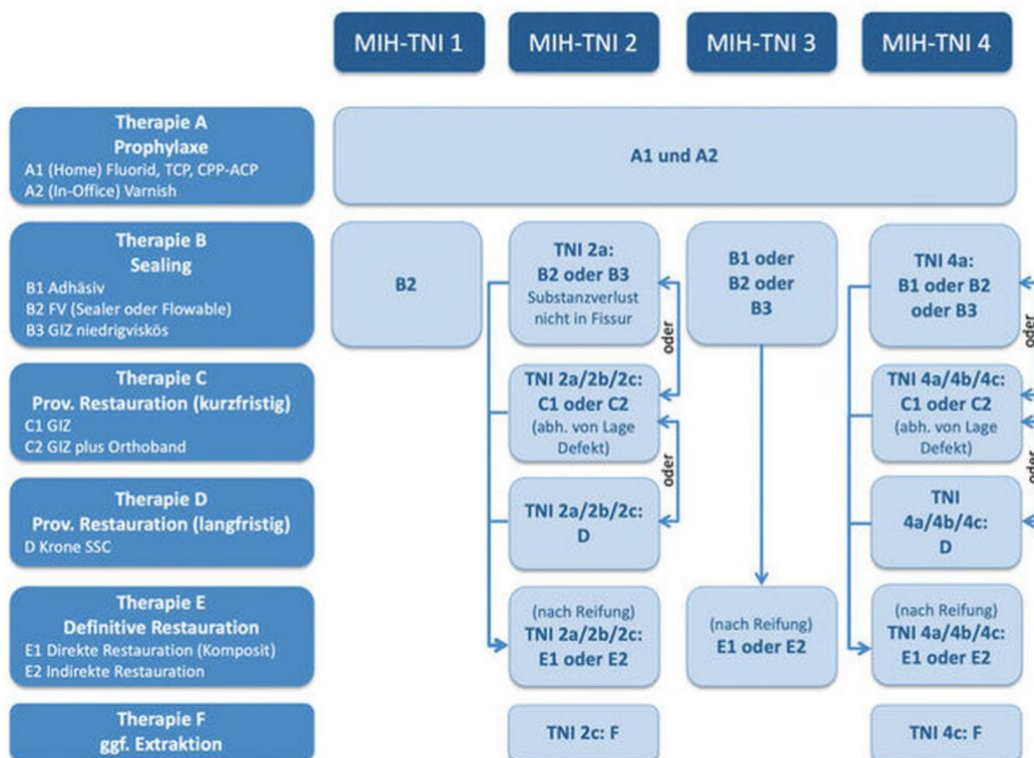


Abbildung 6: Behandlungsplan bei niedrigem Kariesrisiko für MIH-betroffene Zähne gemäß dem Würzburger Konzept nach Bekes et al. [117] [Mit der Erlaubnis von Springer Nature entnommen aus: [117]]

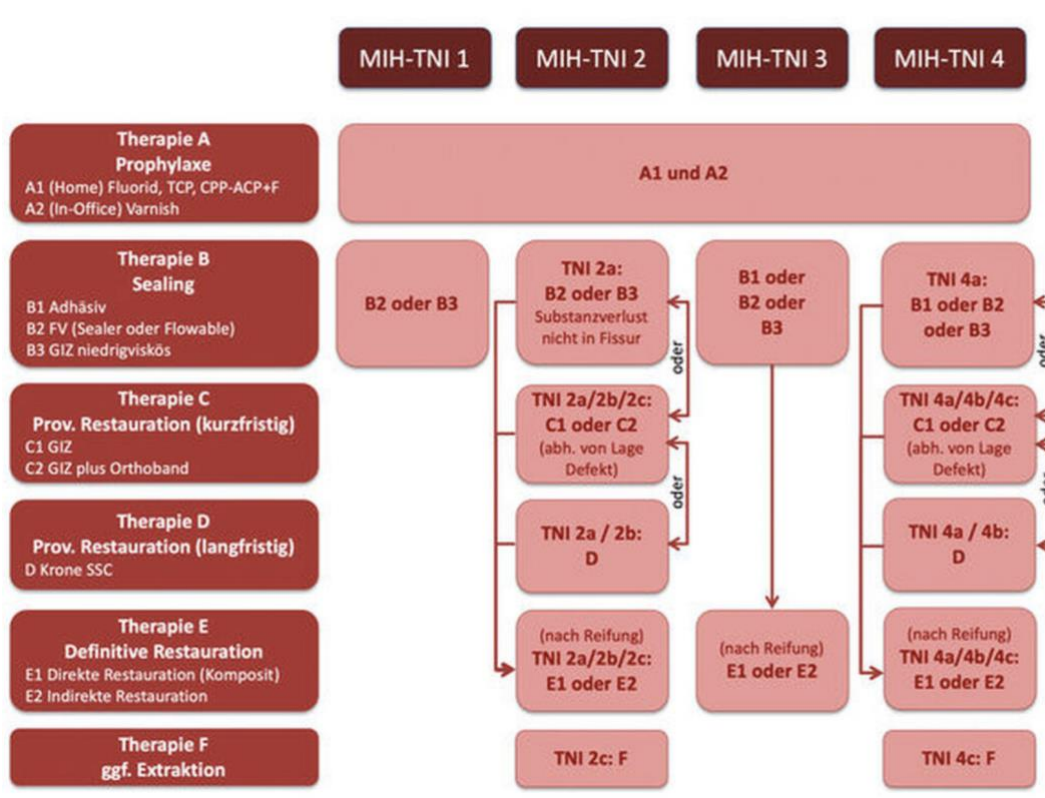


Abbildung 7: Behandlungsplan bei hohem Kariesrisiko für MIH-betroffene Zähne gemäß dem Würzburger Konzept nach Bekes et al. [117] [Mit der Erlaubnis von Springer Nature entnommen aus: [117]]

Im Jahr 2023 erschien – nach 7-jähriger Forschungsperiode und neuen Datenlagen – eine Überarbeitung des Würzburger Konzepts nach Bekes et al. [119]. Dieses findet sich in der nachstehenden Abbildung 8. Die Therapieoptionen im aktualisierten Würzburger Konzept wurden an das im Jahr zuvor erschienene, überarbeitete EAPD-Leitfadendokument „*Best Clinical Practice Guidance*“ (siehe 1.3.8.1) von Lygidakis et al. [115] angepasst.

Die aktualisierte Version [119] teilt die Therapie in anteriore und posteriore Zähne ein. Des Weiteren bietet das neue Konzept im Entscheidungsdiagramm die Auswahl von nicht-invasiven Therapien für Molaren (z. B.: SDF: Silberdiamidfluorid). Die Entscheidungsdiagramme für das hohe und niedrige Kariesrisiko wurden in einem Diagramm vereint [119].

Zahnärzt*innen können anhand dieses Entscheidungsdiagramms nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft einen Therapieplan entnehmen und somit in ihre Versorgung von MIH-Zähnen integrieren [119].

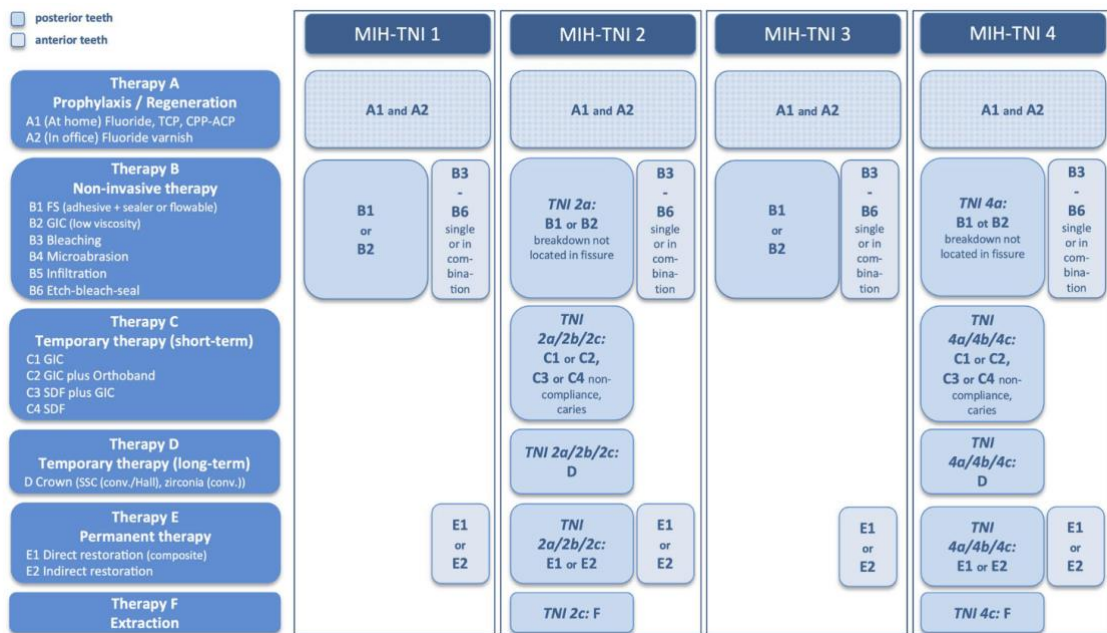


Abbildung 8: Aktualisierter Behandlungsplan für MIH-betroffene Zähne (anterior & posterior) nach Bekes et al. [119]. Lizenz: [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Folgende Abschnitte beschreiben die einzelnen Therapiemöglichkeiten nach den Richtlinien der *EAPD-Best-Clinical-Practice-Guidance* und dem Würzburger Konzept detaillierter und gehen auf die einzelnen Punkte näher ein.

1.3.9 Therapiemöglichkeiten von MIH

1.3.9.1 Prophylaxemaßnahmen und Desensibilisierung

Der Entscheidungsblock A gemäß dem Würzburger Konzept beinhaltet häuslich anwendbare Präventionsmaßnahmen (Fluoride, TCP : topische Casein-Phosphopeptide) und in der Praxis durchzuführende Prophylaxemaßnahmen (Fluoridlacke) [117,119].

Zu den häuslichen Maßnahmen zählen die Verwendung von fluoridhaltigen Zahnpasten (1450 ppm) ab dem 6. Lebensjahr, der Gebrauch von CPP-ACP-Cremes, eine möglichst gesunde Ernährung sowie das Kauen von zuckerfreien, kalziumangereicherten Kaugummis für Remineralisierung. In der Praxis sollen pro Jahr 2–4 mal Fluoridlacke appliziert werden. Außerdem werden professionelle Zahnreinigungen mit CHX oder Xylit-Anwendung zur Plaquebekämpfung empfohlen [7].

Gleiche Maßnahmen gelten für die Behandlungen von Hypersensibilitäten. Hier wird bei leichten Hypersensibilitäten die häusliche Applikation von CPP-ACP-haltigen Produkten (z. B. *Tooth Mousse*) und das Kauen der genannten Kaugummis empfohlen [7].

Des Weiteren kann eine mindestens 8-wöchige Anwendung von Pro-Arginin Präparaten (z. B. Zahnpasta und Mundspülung der Elmex-Sensitive-Professional-Reihe), bestehend aus 8% Arginin und Kalziumkarbonaten, schwere Hypersensibilitäten verringern [7,123].

Bei MIH-betroffenen Molaren mit Schmelzzerfall und Hypersensibilitäten mindern provisorische Restaurationen mit Glasionomerezement (= GIZ) oder Kompomeren die Symptomatik deutlich [124]. Eine weitere Therapiemöglichkeit für Hypersensibilitäten stellt die Versiegelung der Zähne dar. Dabei wird der Einsatz von Fissurenversiegler mit einem selbstätzenden Adhäsivsystem oder GIZ vorgeschlagen [7,124].

Aufgrund der Hypersensibilitäten und der Schmerzsymptomatik bei Kindern mit MIH sollte immer eine schmerzlose, kindgerechte Therapie im Vordergrund stehen. In diesem Zusammenhang erweist sich die Oberflächenanästhesie in Kombination mit einer Lokalanästhesie als erprobt. Bei bereits durchgebrechenden MIH- betroffenen Molaren wird eine Leitungsanästhesie oder die Anästhesie nach der „*Crestal Intraosseus Approach*“ (CIA)-Technik empfohlen [125].

Bei dieser Technik wird zuerst die bukkale Schleimhaut mittels Infiltrationsanästhesie betäubt. Das Anästhetikum (0,5 ml, 5-prozentiges Articain, 1:100.000 Adrenalin) wird nach dem Durchbohren der Kortikalis mit einer Bohrspitze (z.B. X-tip® IO System) in die krestale Spongiosa injiziert [126,127]. Die Studie von Dixit und Joshi aus dem Jahr 2018 [126] verglich die Anästhesierbarkeit von MIH-betroffenen Zähnen mit intraossärer lokaler Anästhesie (IO) und bukkaler Infiltrationsanästhesie. Die Ergebnisse zeigten, dass diese Technik aufwendiger und invasiver sei, jedoch gute Effektivität bei stark hypersensiblen MIH-Zähnen zeige [126].



Abbildung 9: Intraossäre Anästhesie (A): Injektion, (B): Winkelstück mit X-tip® IO System. [Modifiziert, gemäß Dixit und Joshi [126] Lizenz: [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)]

Jedoch zeigen manche MIH-Patient*innen eine hohe Anästhesieresistenz bei stark chronisch entzündeten MIH- Molaren [7,125]. Steffen und van Waes [125] beschreiben diesbezüglich ein Vorkommen von 50% bei den Patient*innen, wobei die Inzidenz mit dem Ausmaß der Hypersensibilität ansteigt. Eine weitere Schmerzintervention stellt die analgetische Prämedikation dar. Steffen und van Waes [125] entwickelten hierfür ein entsprechendes Dosierungsschema und indizieren folgende Analgetika in absteigender Wertigkeit: Paracetamol > Arylpropionsäurederivate (Ibuprofen) > Pyrazolonderivate (Metamizol). Die Autor*innen empfehlen jeweils 24 Stunden, 12 Stunden, 6 bis 8 Stunden sowie unmittelbar vor der zahnärztlichen Behandlung eine Dosis von einem Schmerzmittelpräparats einzunehmen. Die Dosierung sollte sich immer nach dem jeweiligen Alter und dem Gewicht der*s Patient*in richten und in Form von Tabletten, Schmerzäften oder Zäpfchen verabreicht werden [125].

Ist die Hypersensibilität stark ausgeprägt und es zeigt sich eine schwere Anästhesierbarkeit, kann eine Sedierung mit Midazolam (oral) [7] oder mit einem Lachgas (nasal: 30–50% N₂O-Anteil) in Betracht gezogen werden [125].

Grundsätzlich sollte Lachgas bevorzugt bei Kindern mit multiplen Behandlungsmisserfolgen angewendet werden; bei fehlender Compliance gilt die Intubationsnarkose als Ultima Ratio [7,125].

1.3.9.2 Temporäre und definitive Restaurationen

Die Entscheidungsblöcke C und D gemäß dem Würzburger Konzept beinhalten kurz- und langfristige temporäre Versorgungen [117,119]. Für temporäre, kurzfristige Füllungen bzw. Restaurationen (siehe Block C) sind konventionelle oder lighthärtende Glasionomerzemente, IRM-Zemente oder Kompomere die praktikablen Füllungsmaterialien [124].

Glasionomerzemente sollten v. a. bei im Durchbruch befindlichen MIH-Molaren, bei denen keine absolute Trockenheit herstellbar und somit die Anwendung von Kompositen kontraindiziert ist, angewendet werden. Eine weitere Therapieoption im Block C ist die Kombination von GIZ mit einem orthodontischen Metallband. Dies kann insbesondere bei stark ausgeprägten Hypomineralisationen an Molaren herangezogen werden.

Der Gebrauch von Orthobändern schützt mechanisch geschwächte Schmelzdefekte vor Fraktur und reduziert die Hypersensibilitäten [124].

Der Therapieblock D verweist auf den Einsatz von konfektionierten Stahlkronen [117,119]. Stahlkronen bewahren Molaren ebenso vor Frakturen und Hypersensibilitäten [7,124] und können die Extraktion bei fraglich erhaltungswürdigen MIH-Molaren bis zu einem gewünschten Zeitraum hinauszögern [7].

Die Anwendung von Stahlkronen erweist sich in Bezug auf Kronenränder und Adaptation der Okklusion als schwieriger als bei Orthobändern [124].

Dennoch sind diese bei ausgeprägten Destruktionen mit Kauhöckerbeschädigung und subgingivaler Lage der Kronenränder eine legitime Therapieoption. Konfektionierte Zirkonoxidkeramikronen stellen eine Alternative zu den Stahlkronen dar. Diese benötigen jedoch eine intensivere Bearbeitung. Alle temporären Füllungsmaterialien und Versorgungen müssen auf lange Sicht ausgetauscht werden; die Größe des Defektes bestimmt die Art der definitiven Restauration [7].

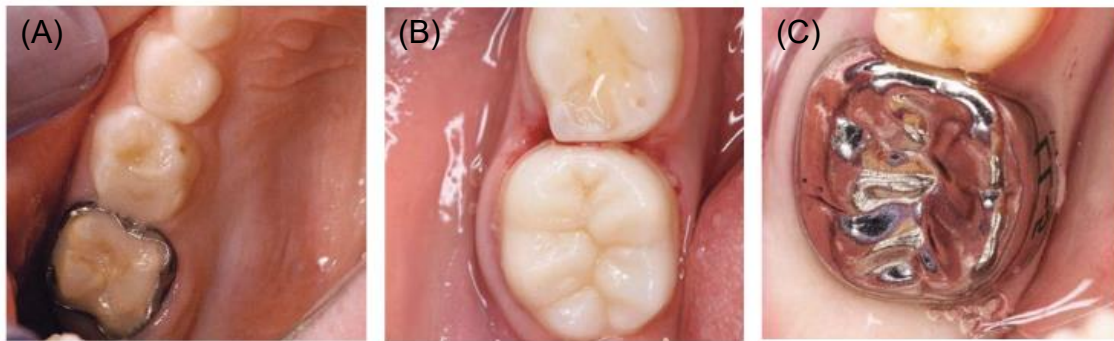


Abbildung 10: Therapierte MIH-Molaren (A): Orthoband und GIZ, (B): indirekte Kompositrestauration, (C): Stahlkrone [Modifiziert sinngemäß nach Bekes et al. [117], mit der Erlaubnis von Springer Nature entnommen aus: [117]]

Der Entscheidungsblock E nach dem Würzburger Konzept umfasst direkte und indirekte definitive Versorgung. Die direkten permanenten Versorgung beziehen sich auf Kompositrestorationen [117,119]. Wie bereits im Kapitel 1.3.4.4 erwähnt, wird empfohlen, die Kavitätenpräparation bis in den gesunden Schmelz auszudehnen oder zumindest den porösen Teil des MIH-Zahnschmelzes zu entfernen [7,106]. Die Konditionierung von hypomineralisiertem Schmelz mit Phosphorsäure zeigt nicht das gewünschte Demineralisierungsmuster (Typ I oder II) [96,106]. Diesbezüglich kann eine Vorbereitung des Zahnes mit langfristiger CPP-ACP-Applikation oder die Konditionierung mit Natriumhypochlorit (5%) die Adhäsion unterstützen [106,124]. Krämer et al. [106] raten vorerst immer zu Kompositrestorationen, um die Strukturintegrität des Zahnes zu erhalten. Bei Füllungsversagen oder Eintritt des gewünschten Patientenalters kann in Anschluss ohnehin eine indirekte Restauration (Vollkeramikkrone, Inlays oder Onlays) herangezogen werden [106].

1.3.9.3 Ästhetische Behandlungen an MIH-Inzisiven

Sowohl in der aktualisierten Version der EAPD-*Best-Clinical-Practice-Guidance* als auch im Würzburger Konzept von 2023 wurde die Therapie von MIH-betroffenen Inzisiven (Block B) miteinbezogen. Der Block B erhielt in der aktualisierten Version des Würzburgers Konzept (2023) eine Namensänderung von „Sealing-Therapien“ in „nicht invasive Therapien“. Es listet folgende Optionen auf: Bleaching, Mikroabrasion, Resininfiltration (z.B. ICON®) und die Möglichkeit der „etch-bleach-seal“ Technik [119].

Externes Bleichen kann als erste nicht-invasive Maßnahme bei Schneidezähnen mit weißen Opazitäten in Betracht gezogen werden. Hier wird versucht, die Opazitäten, unter Verwendung von 6-prozentigem Wasserstoffperoxid oder Carbamidperoxid (10–16%) durch die Aufhellung des gesamten Zahnes zu camouflieren. Die Verwendung von laborgefertigten Bleachingschienen zur häuslichen Applikation der Bleichgele von z. B. *Opalescence* scheint die bewährteste Methode zu sein. Mögliche Nebenwirkungen sind jedoch gingivale Irritationen und Hypersensibilitäten [7,115,124,128].

Die durch die Bleichtherapie resultierenden Hypersensibilitäten können mit zeitgleicher Applikation von CPP-ACP-Cremes oder Fluoridgeelen ausgeglichen werden [7].

Die minimal-invasive Schmelzoberflächenbehandlung mit Salzsäure (16%) oder Phosphorsäure (37%) führt zu einem Schmelzabtrag von 25–100 µm und bezeichnet man als Mikroabrasion. Im Anschluss daran sollte eine Remineralisation mit häuslicher Applikation von CPP-ACP-Cremes erfolgen [7,115,128]. Neben der reinen, chemischen Schmelzoberflächenbehandlung gibt es auch die chemisch-mechanische Makroabrasion. Bei dieser Methode werden Schmelzopazitäten nach chemischer Ätzung mithilfe von Diamantbohrern oder Sandstrahlern abgetragen und anschließend mit einer Resininfiltration oder Kompositfüllung weiter versorgt [7,124,128]. Die chemische Vorbehandlung ist der mechanischen Makroabrasion prinzipiell immer vorzuziehen [128].

Für die resinbasierte Infiltration (mit z.B. ICON®) wird der hypomineralisierte Schmelz mit einer Politurpaste gereinigt, anschließend mit Salzsäure (15%) (3 x 2 Minuten) demineralisiert. Nach der Ätzung wird der Zahn abgespült und mit 99-prozentigem Ethanol bepinselt, um dem Zahn die Feuchtigkeit zu entziehen. Ab diesem Zeitpunkt gilt absolute Trockenheit, das Legen eines Kofferdamms sollte somit zuvor erfolgen. Das ICON-Monomer (TEGDMA) kann nun auf den Zahn appliziert werden. Es muss für 5 Minuten einwirken und in Anschluss lichtgehärtet werden. Für bessere Ergebnisse sollte das Monomer bis zu dreimal erneut appliziert werden. Die Politur wird zum Schluss durchgeführt [7,115,128,129].

Die Kombinationstherapie aus Ätzung, Bleaching und Versiegelung, die sogenannte „*etch-bleach-seal technique*“, kann als letztmögliche minimal-invasive Maßnahme für gelb-bräunliche Defekte betrachtet werden. In diesem Fall werden die zu

bleichenden Zähne zwanzig Minuten mit 5-prozentigen Natriumhypochlorit und mit 37-prozentiger Phosphorsäure vorbehandelt und nachfolgend mit einem resinbasierten Kunststoff versiegelt [115].

Als Ultima Ratio stehen Kompositfüllungen und Frontzahnversorgungen mit Veneers zur Verfügung – jedoch gilt bei jugendlichen Zähnen die restriktive Bearbeitung mittels Diamantbohrer aufgrund der ausgeprägten Pulpaanatomie [106,115].

Eine Studie aus dem Jahr 2020 [130] untersuchte die psychosozialen und klinischen Auswirkungen der genannten ästhetischen Maßnahmen bei Kindern mit MIH-betroffenen Inzisiven. Die Ergebnisse dieser Untersuchung dokumentierten sehr positive Effekte diesbezüglich. Hierbei ist zu erwähnen, dass trotz ästhetischer Einbußen aus zahnärztlicher Sicht nicht immer eine Behandlungsmaßnahme notwendig ist [115,130].

1.3.9.4 Extraktionstherapie

Die letzte Therapieoption (Block F) für MIH-Molaren beinhaltet die Extraktion dieser und stellt die Ultima Ratio bei schweren Ausprägungsgraden dar. Erfolglos therapierte hypersensible, schmerzende Zähne, MIH-betroffene Molaren mit Karies und Pulpabeteiligung sowie rezidivierende Therapieversuche sind mögliche Indikationen für die Extraktion. An dieser Stelle ist zu betonen, dass vor einer Extraktionstherapie immer eine interdisziplinäre Koordination mit einer*m Kieferorthopäd*in erfolgen sollte, für den anschließenden notwendigen Lückenschluss. Der ideale Zeitpunkt der Extraktion ist die vorangeschrittene Wechselgebissphase. Das entspricht einem Alter von 8 bis 12 Jahren. Bis zum Eintritt des gewünschten Extraktionszeitpunktes werden die betroffenen Molaren im Zuge eines Erhaltungsversuches mit den zuvor genannten therapeutischen Maßnahmen versorgt. Diese Therapieabfolge gewährleistet den kieferorthopädischen Fachleuten die freie Wahl an allen möglichen Therapieoptionen [7,106,124].

2 Material und Methodik

2.1 Positives Ethikvotum

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde die Pilotstudie mit demselben Titel „*Wissenstand und Praxiserfahrung über Molaren-Incisivi-Hypomineralisation (MIH) von Zahnmediziner*innen in der Steiermark*“ nach erstmaliger Antragstellung am 15.02.2024 im Zuge eines positiven Ethikvotums (EK-Nummer: 36-245 ex 23/24) von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz am 12.04.2024 genehmigt (siehe S. 117).

2.2 Studiendesign

Die Pilotstudie untersuchte den Wissensstand und die jeweilige Praxiserfahrung von Zahnmedizinierenden und Zahnärzt*innen in der Steiermark in einem Zeitraum von 2024 bis 2025. Die Beschaffung der im Studienprotokoll festgelegten Daten erfolgte mittels selbstständig erstelltem Online-Fragebogen über den Dienst Google Forms. Die Umfrage setzte sich aus 26 Fragen (siehe S. 119) zusammen und umfasste sowohl Multiple-Choice- als auch Short-Answer-Fragen. Der Aufbau des Fragebogens unterliegt einer Gliederung in vier Hauptbereiche. Die beinhalteten Fragen wurden aus der Studie von Bekes et al. [131] von 2021 entnommen, für das geplante Studienvorhaben modifiziert und ins Deutsche übersetzt. Vergleichbare standardisierte Fragebögen kamen in weiteren Studien [132,133] zum Einsatz.

Im ersten Abschnitt wurden die demographischen Daten zu Alter, Geschlecht und Berufsausübung erfragt. Hier wurden Zahnmedizinierende aufgefordert, das entsprechende Semester anzugeben. Bereits praktizierende Zahnmediziner*innen wurden nach ihrer Berufserfahrung (in Jahre) und nach dem Ort der Berufsausübung befragt.

Der zweite Teil untersuchte das allgemeine Wissen zu MIH; die Fragen zielten auf das Bewusstsein und auf die Einschätzungen zu Ursachen der Erkrankung ab.

Im dritten Abschnitt erfolgte die spezifische Befragung der Praxiserfahrung der jeweiligen Teilnehmenden. Dieser Teil erfasste Informationen über das Bewusstsein von Schweregraden/Klassifikationen und über präferierte Behandlungsmethoden.

Im letzten Teilbereich wurde das individuelle Forschungsinteresse bezüglich der Erkrankung und der Bedarf an Weiterbildung abgehandelt. Hier wurde das Verständnis und die klinische Relevanz von MIH evaluiert.

Der Fragebogen war ausschließlich in deutscher Sprache zugänglich, da die Annahme bestand, dass alle in der Steiermark lebenden und praktizierenden Zahnmediziner*innen und Studierenden ausreichende Deutschkenntnisse beherrschen.

Die Teilnehmergruppe der Untersuchung wurde anhand folgender Einschluss- und Ausschlusskriterien definiert:

Einschlusskriterien:

- Personen aller Geschlechter
- Alter \geq 18 Jahre
- Zahnmedizinstudierende ab dem 6. Semester und Zahnärzt*innen in der Steiermark

Ausschlusskriterien:

- Alter \leq 18 Jahre
- Zahnmedizinstudierende vor dem 6. Semester und Zahnärzt*innen außerhalb der Steiermark
- Zahnärzt*innen im Ruhestand

2.3 Datenerfassung

Für die Daten- und Fragebogenerstellung wurde vom Anbieter „Google“ der Online-Dienst „*Google Forms*“ / „Google Formulare“ herangezogen. Die Aussendung des Fragebogens erfolgte unter anderem mithilfe des Studierendensekretariats Zahnmedizin der Medizinischen Universität Graz, das den Link bzw. QR-Code der Online-Befragung an alle Zahnmedizinstudierenden (ab dem 6. Semester) der

Medizinischen Universität Graz sowie an alle in der Zahnklinik Graz praktizierenden Zahnmediziner*innen transferierte. Für die Aussendung des Fragebogens an die niedergelassenen Zahnärzt*innen der Steiermark wurde die juristische Abteilung der Landes Zahnärztekammer für Steiermark kontaktiert. Nach Rücksprache mit dieser war es der Zahnärztekammer Steiermark aufgrund von Spam- und Datenschutzrichtlinien nicht möglich, die Umfrage weiterzuleiten. Aus diesem Grund wurde eine Liste der öffentlich zugänglichen E-Mail-Adressen aller in der Zahnärztekammer Steiermark registrierten, niedergelassenen Zahnmediziner*innen ausgehändigt, um den Online-Fragebogen selbstständig via E-Mail versenden zu können. Des Weiteren wurde der Online-Fragebogen mittels QR-Codes unter Mitwirkung der ÖGZMK Steiermark an drei verschiedenen Kongressen ausgehängt. Die Einladung zur Teilnahme am Fragebogen wurde in Form von Plakaten und A4-Blättern (siehe S. 123) an den Anmeldepulten der Kongresse Herbstsymposium der ÖGZMK in Seggau (18.-19.10.2024), Symposium für Zahnerhaltung in Schladming (16.-18.01.2025) und Gemeinschaftstagung der ÖGZMK Steiermark und der ÖGP (25.-26.04.2025) ausgehändigt. Außerdem erfolgte im Zuge dieser Veranstaltungen immer ein Versuch der persönlichen Kontaktaufnahme mit den Zahnärzt*innen der Steiermark und die Motivation zur Teilnahme. Nach der 1-jährigen Laufzeit der Studie und dem Erreichen von 100 Teilnehmenden wurde die Befragung mittels Fragebogen beendet. Aufgrund der Studiendauer, des Ausscheidens von Zahnärzt*innen in den Ruhestand sowie des fortlaufenden Wechsels von Studierenden (Einstieg in die Klinik: > 6. Semester, Absolvent*innen) ist die präzise Bestimmung der Rückantwortquote nicht realisierbar. Die Datenerfassung über *Google Forms* lief zur Gänze anonymisiert ab. Es erfolgte daher keine Befragung zu den Namen der Teilnehmenden; ausschließlich das Alter und Geschlecht wurden erhoben. Die beantworteten Fragebögen wurden durch ein Passwort geschützt und konnten lediglich von der Studienleiterin und der Diplomatin eingesehen werden. Diese hatten keinen Zugriff auf die benutzten Geräte oder IP-Adressen der Befragten, womit eine Rückverfolgung auf die jeweiligen Teilnehmenden völlig ausgeschlossen ist. Vor dem Umfragestart mussten die Teilnehmer*innen die Datenschutzrichtlinien und Einverständniserklärung gelesen und mit einer Zustimmung bestätigt haben.

2.4 Statistische Datenanalyse

Die statistische Auswertung und Analyse dieser Studie erfolgte mit IBM® SPSS® Statistics. Die dafür angewandten Methoden umfassen die deskriptive Statistik, den Chi-Quadrat-Test, Mann-Whitney-U Test und Kruskal-Wallis-Test. Die Daten unterliegen einem 95%-Konfidenzintervall und einer 5% Signifikanzschwelle – alle Ergebnisse unter dem Niveau von 5% ($p < 0,05$) wurden als signifikant interpretiert. Die Dienste IBM® SPSS® Statistics (Version 29), Microsoft Word und Microsoft Excel wurden für die Zusammenfassung der Daten in Form von Tabellen und Grafiken, wie in den nachstehenden Abschnitten dargestellt, in Anspruch genommen.

3 Ergebnisse

Für die Vergleichsauswertung diverser Fragestellungen wurden zum einen der Chi-Quadrat-Test, zum anderen nicht-parametrische Verfahren (Mann-Whitney-U- und Kruskal-Wallis-Tests) herangezogen. Erfolgten Vergleiche zwischen Zahnmedizinstudierenden und Zahnärzt*innen hinsichtlich ihrer Antworten, wurden die Ergebnisse mit dem Chi-Quadrat-Test errechnet.

Die Vergleichsauswertung von korrekten Antworten für zwei Gruppen (Studierende vs. Zahnärzt*innen) erfolgte mittels Mann-Whitney-U-Test und die für mehrere Gruppen (z. B. Jahre der Berufserfahrung) mittels Kruskal-Wallis-Test.

Bei der Frage nach bekannten Ursachen (Frage 11) wurde ein Summenscore der korrekten Nennungen gebildet. Korrekt gewertete Antwortoptionen richten sich nach Ursachen, welche in aktuellen Studien als potenzielle (prä- peri- und postnatale) Faktoren diskutiert werden. Genetische Faktoren können nicht ausgeschlossen werden, jedoch gehören diese nicht zu den häufig aktuell diskutierten, potenziellen Ursachen. Ebenso stellt der Begriff „Entwicklungsstörungen“ keine klar definierte, explizit erwähnte Ursache in diversen Studien dar (siehe Abschnitt 1.3.3.). Aus diesen Gründen wurden sie bei der Berechnung des Summenscores nicht berücksichtigt. Dasselbe gilt für die Errechnung des Summenscores bei korrekten Therapieoptionen. Hier wurden ausschließlich jene Behandlungsmethoden berücksichtigt, die in aktuellen evidenzbasierten Leitfäden (z.B. Würzburger Konzept, EAPD) als lege artis identifiziert wurden (siehe Kapitel 1.3.9).

Bei einigen Fragen gab es unter dem Punkt „Sonstige“ die Möglichkeit der Freitextantwort. Diese Antworten werden bei den einzelnen Fragestellungen beschrieben.

3.1 Stichprobe und demographische Daten

Die Stichprobengröße entspricht einer Fallzahl von insgesamt 100 ($n = 100$) Teilnehmer*innen. Hiervon nahmen 48 Studierende und 52 Zahnärzt*innen an der Umfrage teil. Die teilnehmenden Studierenden und Zahnmediziner*innen zeigten eine weit gefächerte Altersspanne von 21 bis 66 Jahren. Der Mittelwert des Alters betrug 34,9 Jahre ($SD = 13,0$). Die studierenden Kollegen wiesen ein Alter zwischen 21 und 34 Jahren auf. Das entsprechende Durchschnittsalter lag bei 25,6 Jahren ($SD = 2,5$). Das Alter der Zahnärzt*innen entspricht einem Altersbereich von 25 bis 66 Jahren, mit einem erheblich höheren durchschnittlichen Alter von 44,0 Jahren ($SD = 12,1$).

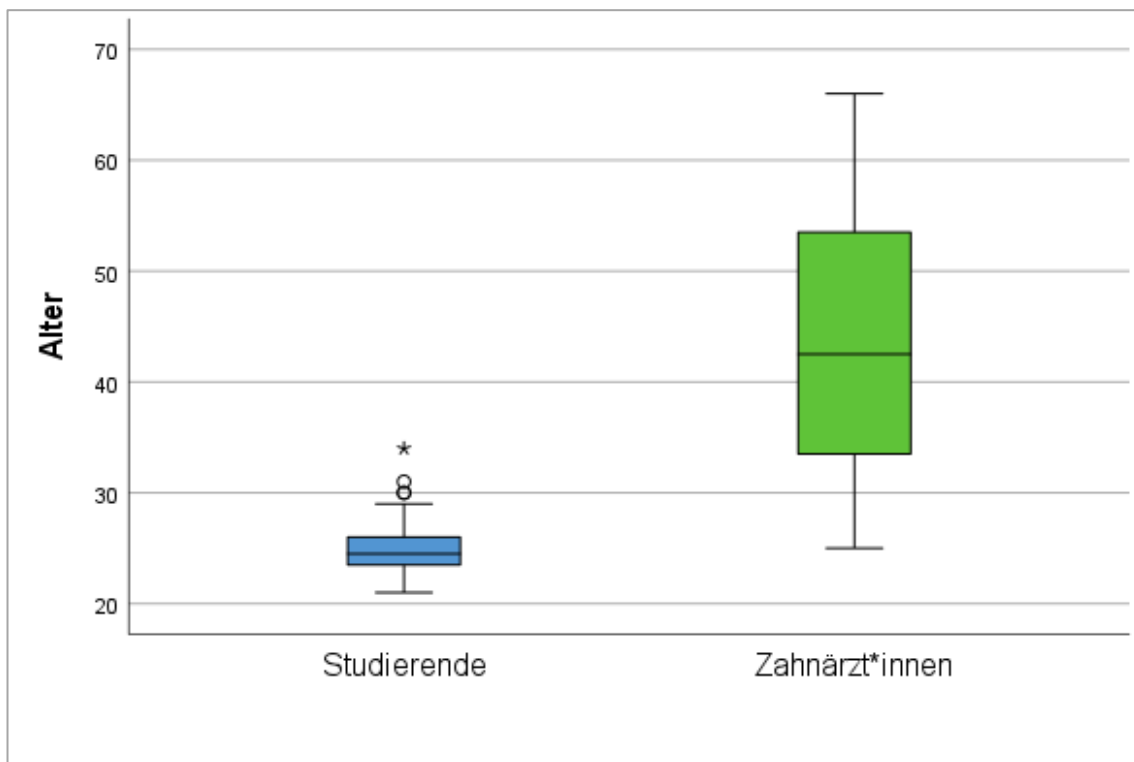


Abbildung 11: Boxplot der Altersverteilung: Studierende vs. Zahnärzt*innen

Hinsichtlich des Geschlechts waren insgesamt 67% ($n = 67$) der Personen weiblich und 33% ($n = 33$) männlich. Der Anteil weiblicher Studierender betrug 75% ($n = 36$), der der männlichen 25% ($n = 12$). Die Zahnärzt*innen waren mit 60% ($n = 31$) Anteil, und die Zahnärzte mit 40% ($n = 21$) Anteil vertreten.

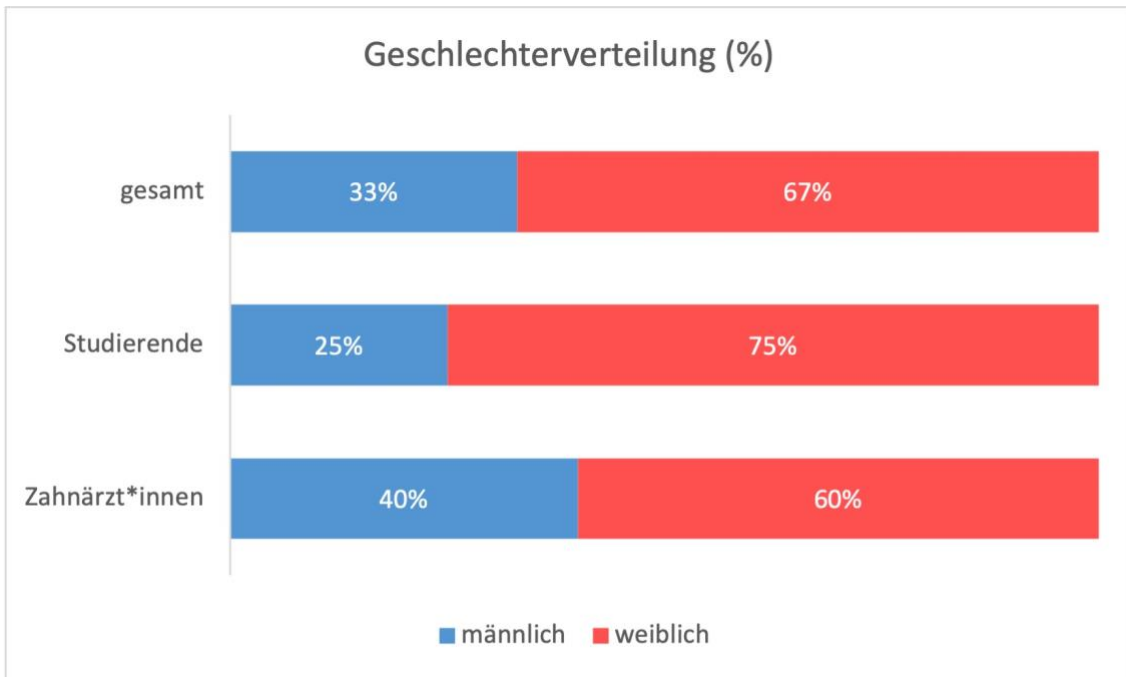


Abbildung 12: Geschlechterverteilung (%)

Die Studierenden befanden sich im Durchschnitt im 9. Semester (SD = 1,9). Hierbei reichte die Spanne vom 6. bis zum 12. Semester. Bei den bereits berufsaktiven Zahnärzt*innen übten 8% (n = 4) diesen Beruf erst seit unter einem Jahr aus. 19% (n = 10) der befragten Zahnmediziner*innen hatten eine 1 bis 5-jährige Berufserfahrung. 10% (n = 5) praktizierten den Beruf zwischen 6 und 10 Jahren, 31% (n = 16) der Zahnärzt*innen waren seit 10 bis 20 Jahren berufstätig und 33% (n = 17) gingen dem Beruf bereits seit über 20 Jahren nach.

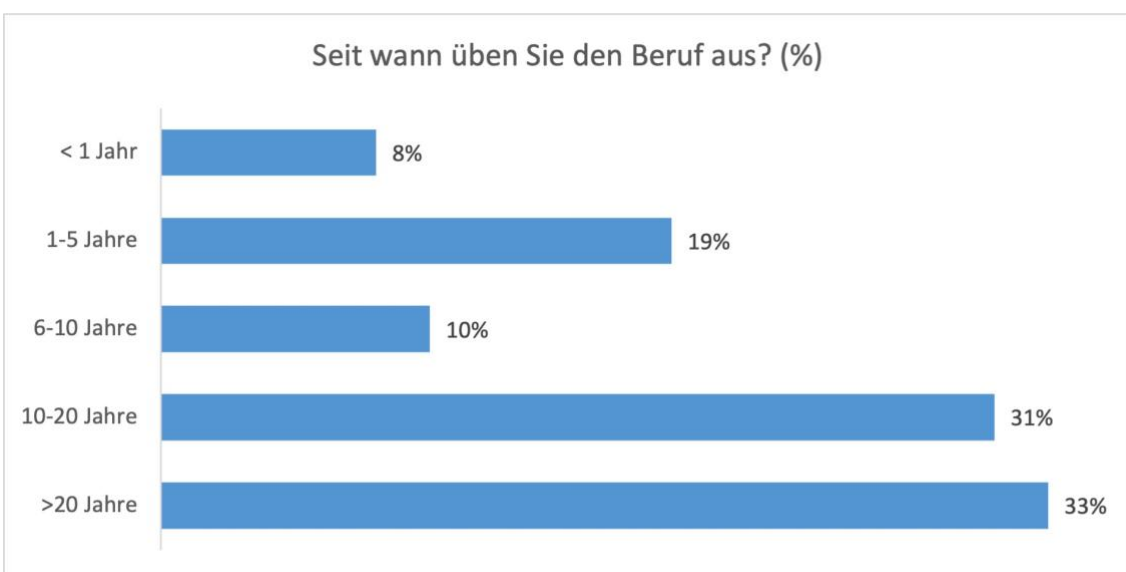


Abbildung 13: Balkendiagramm: Jahre an Berufspraxis

Hinsichtlich der Form der Berufsausübung gaben 85% (n = 44) der Zahnärzt*innen an in einer eigenen Praxis tätig zu sein. 8% (n = 4) der befragten Zahnärzt*innen arbeiteten in einer Zahnklinik bzw. einem Zahnambulatorium, 13% (n = 7) gaben an, in der Universitätsklinik Graz zu arbeiten. 6% (n = 3) führten sonstige Orte der Berufsausübung an, wovon einer (n = 1) der Teilnehmenden die Abteilung Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Graz als Berufsort und zwei (n = 2) weitere Personen die Gemeinschaftsordination nannten.

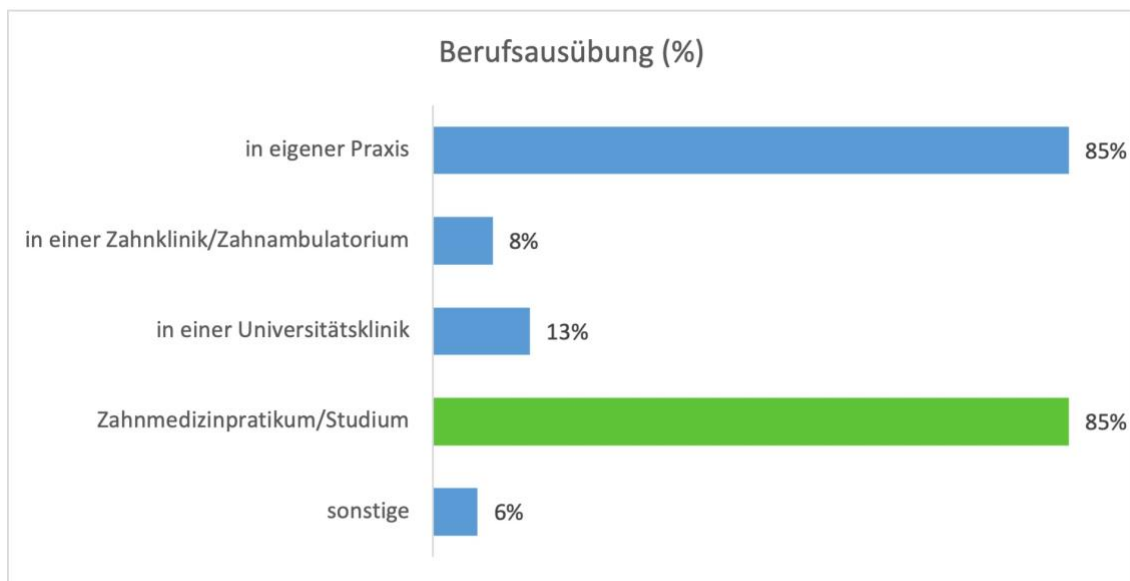


Abbildung 14: Balkendiagramm: Ort der Berufsausübung (%)

92% (n = 48) der Zahnärzt*innen machten die Angaben einer Vollzeit/aktiv praktizierenden Berufsausübung, wohingegen ausschließlich 8% (n = 4) in einer Teilzeitpraxis tätig waren. Von den 48 Studierenden befanden sich 85% (n = 41) der Befragten bereits im Zahnmedizinpraktikum, welches von der Medizinischen Universität Graz ab dem 7. Semester vorgesehen und im Curriculum UO 203 [134] festgelegt wird.

Bei der Datenerhebung zur besuchten bzw. absolvierten Universität, nannten 75% (n = 39) der Zahnärzt*innen die Medizinische Universität Graz, 18% (n = 9) die Medizinische Fakultät in Wien, 6% (n = 3) unter den Punkt „Sonstige“ fallende Universitäten, und 2% (n = 1) die Medizinische Universität Innsbruck. Bei „Sonstige Universitäten“ wurden von den 3 Personen folgende Fakultäten genannt: die

medizinische Universität Kiyiv in der Ukraine und die medizinische Fakultät der Universität Novi Sad in Serbien.

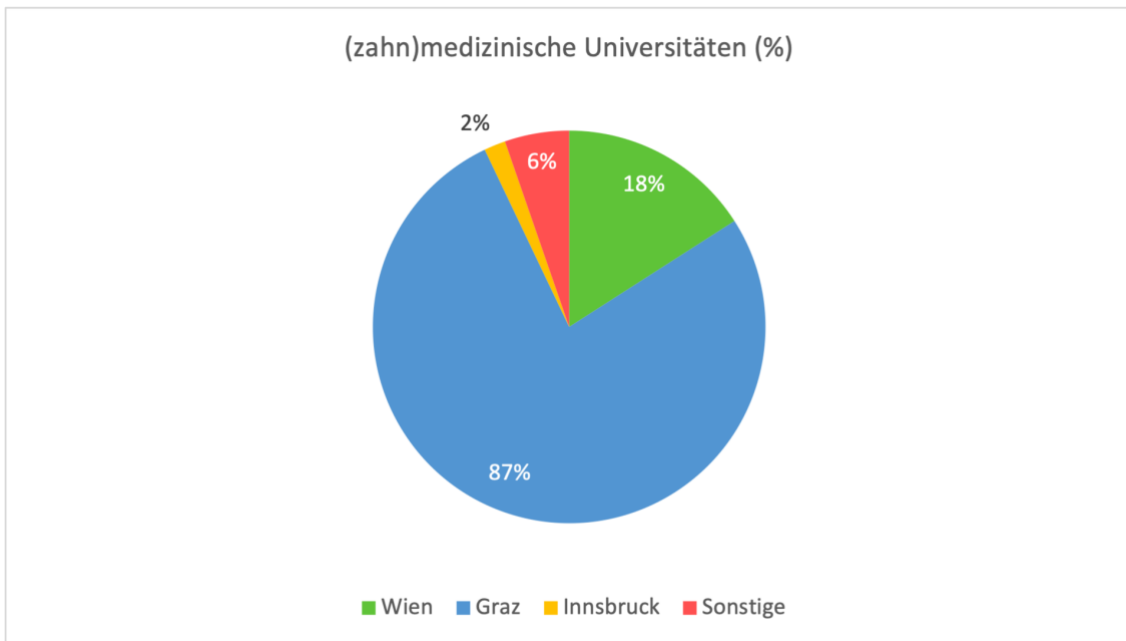


Abbildung 15: Verteilung der studienbezogenen Institutionen

3.2 Wissen über MIH

Bei der Befragung über das allgemeine Wissen von MIH gaben 98% (n = 98) der Teilnehmenden an, dass sie bereits den Begriff MIH kennen. Die 2% (n = 2), die noch nie etwas von MIH gehört haben, waren in der Gruppe der Studenten einzuordnen.

Auf die Frage wie gut sich die einzelnen Teilnehmenden über MIH informiert fühlen, konnten ausschließlich 7% aller Personen ihren Wissensstand als „sehr gut“ definieren. 50% (n = 50) gaben an, sich gut informiert zu fühlen, 41% (n = 41) ordneten ihren Wissensstand in „wenig informiert“ ein und 2% (n = 2) werteten diesen als „nicht informiert“. Der Großteil der Studierenden (52%, n = 25) beschrieb ihren Wissensstand als wenig und 42% (n = 20) als gut. Nur ein*e Studierende*r (2%) porträtierte das Wissen als „sehr gut“. Unter den Zahnärzt*innen gab die Mehrheit (58%, n = 30) an, gut informiert zu sein, gefolgt von wenig informierten (31%, n = 16) und sehr gut informierten (12%, n = 6) Zahnmediziner*innen. Betrachtet man die Zahnärzt*innen in Bezug auf deren Berufsjahre, gaben 3 (75%)

von den 4 Personen mit einer Berufserfahrung von < 1 Jahr an, wenig informiert zu sein. Eine Person stufte ihren Wissensstand gut ein. In der Gruppe der Zahnärzt*innen mit 1 bis 5-jähriger Berufserfahrung fühlten sich 50% (n = 5) gut informiert, 30% (n = 3) nur wenig und 20% (n = 2) sehr gut informiert. 80% (n = 4) der Zahnmediziner*innen mit 6-10-jähriger Berufstätigkeit gaben „gut informiert“ und 20% (n = 1) „wenig informiert“ an. Zahnärzt*innen mit 10 bis 20 Jahren Erfahrung schätzten ihren Stand wie folgt ein: 50% (n = 8) gaben an, gut informiert zu sein, 25% (n = 4) fühlten sich sehr gut informiert und weitere 25% (n = 4) gaben „wenig informiert“ als Antwort an. In der letzten Gruppe, der über 20 Jahren Berufserfahrenen, gaben 71% (n = 12) an gut informiert zu sein und 29% (n = 5) nur wenig informiert zu sein.

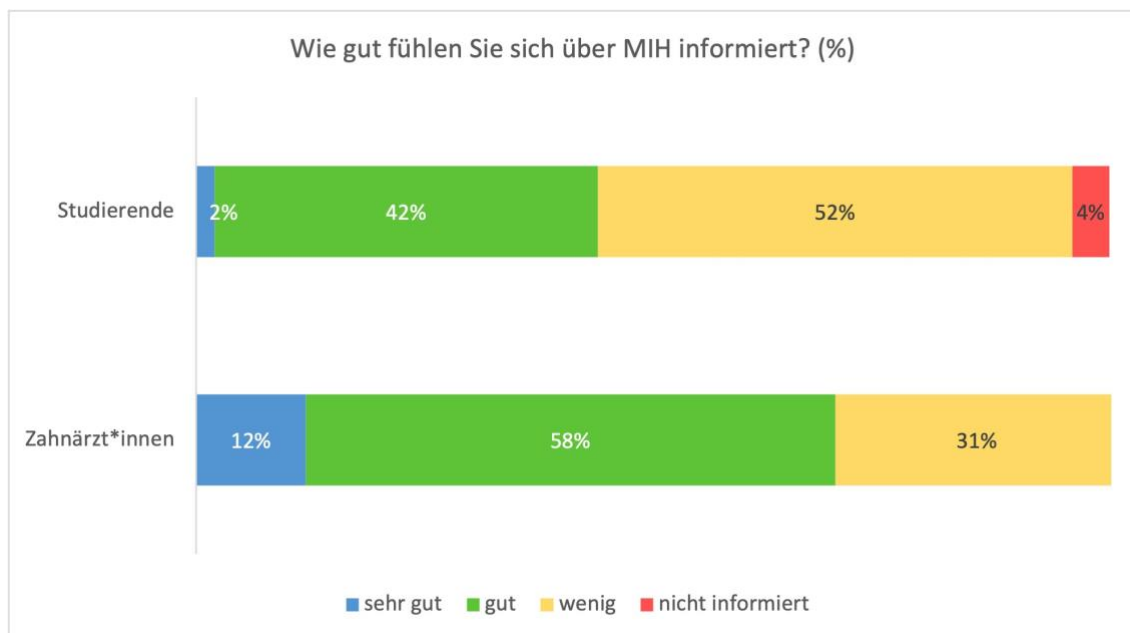


Abbildung 16: Informationsstand: Studierende vs. Zahnärzt*innen

Bei der Befragung nach der Art der Wissensbeschaffung von MIH gab es keine relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Stichproben (Studierende vs. Zahnärzte vs. Berufserfahrungsstufen). Es werden die Ergebnisse im Sinne einer Gesamtstichprobe (n = 100) dargestellt und in Prozent beschrieben. Die Frage erlaubte Mehrfachantworten. Lehrveranstaltungen auf der Universität wurden von 57% der Befragten ausgewählt. Die „Zahnklinik“ als Wissensbeschaffung wurde von 42% genannt, gefolgt von Fortbildungen bzw. Kongresse mit 41%. Das Internet wird zu 31% als Informationsquelle genutzt, Kolleg*innen (27%), Broschüren (5%) und

Sonstiges (3%) wurden als letztere angegeben. 3% der Teilnehmenden verwendeten keine Quellen zur Wissensbeschaffung.

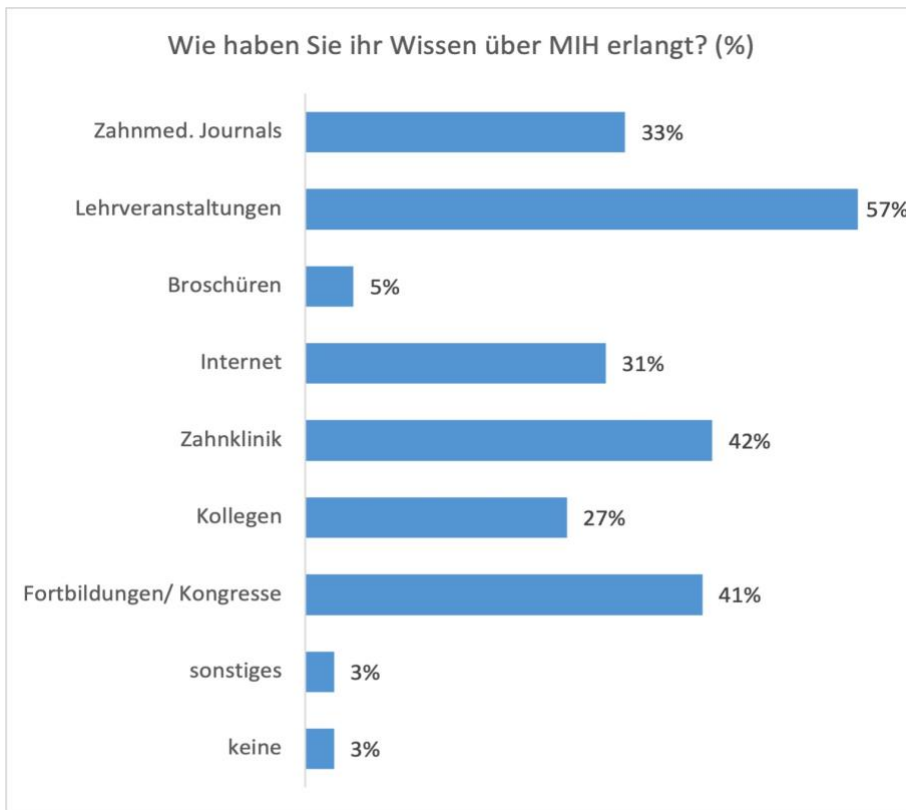


Abbildung 17: Nutzung von Wissensquellen (%)

Als sonstige Informationsquellen nannten die 3 Teilnehmenden (3%) die eigene Erfahrung, die Wissensbeschaffung durch die Behandlung von MIH betroffenen Patient*innen und die Selbstunterrichtung.

3.2.1 Wissen über potenzielle Ursachen von MIH

Im Abschnitt 1.3.3 wurden die aktuell diskutierten potenziellen Ursachen zusammengefasst. Bei der Befragung nach bekannten potenziellen Ursachen der Molaren-Inzisivi-Hypomineralisation konnten alle Befragten mehrere Antworten auswählen. Die Ergebnisse werden in einem Balkendiagramm in Abbildung 18 dargestellt und beziehen sich auf die Gesamtstichprobe (n = 100). Hier unterscheiden sich die richtigen Antwortmöglichkeiten (grün) und die falschen Antworten (rot) farblich. Die Ursache „genetische Faktoren“ (87%) wurde am häufigsten ausgewählt gefolgt von Umweltfaktoren (68%) und Antibiotika/Medikamente, welche die Mutter eingenommen hatte (62%). 57% gaben

Entwicklungsstörungen an. 50% nannten chronische und 44% akute medizinische Erkrankungen der Mutter in der Schwangerschaft als potenzielle Ursache. 34% der Befragten nannten chronische und 17% akute medizinische Erkrankungen, sowie 32% Antibiotika bzw. Medikamenteneinnahme, die das Kind betreffen, als Ursache. 25% der Teilnehmer*innen ordneten Fluoridexposition als Kausalität ein. 9% gaben sonstige Ursachen an und 2% stimmten für die Antwortmöglichkeit „keine Ursachen“. Die Freitextantworten zu dem Punkt „sonstigen Ursachen“ waren von 9% der Teilnehmer*innen folgende: „Bisphenol A“, „Einbauten in das Zahnsäckchen während der Geburt“, „Vitamin D-Mangel“, „Die Ursachen sind noch unbekannt - es werden Hypothesen diskutiert“.

Die statistische Vergleichsauswertung laut Chi-Quadrat-Test zeigte signifikante Unterschiede zwischen Zahnmedizinstudierenden und Zahnärzt*innen bei mehreren Mehrfachnennungen. 96% der Studierenden gaben genetische Faktoren als Ursache an, wohingegen ausschließlich 79% der Zahnmediziner*innen diese Antwort ankreuzten ($p = 0,011^*$). Die folgenden Ursachen wurden hingegen signifikant häufiger von Zahnärzt*innen als von Studierenden angegeben.

Umweltfaktoren wurden von 81 % der Zahnärzt*innen und 54% der Studierenden genannt ($p = 0,004^{**}$). „Antibiotika / Medikamente, die das Kind eingenommen hat“ wurden von 44% der Zahnärzt*innen und 19% von Studierenden angekreuzt ($p = 0,006^{**}$). Akute medizinische Erkrankungen des Kindes wurden von 25% der Zahnmediziner*innen und 8% der Studierenden ($p = 0,024^*$) genannt. Alle Ursachen-Nennungen mit den errechneten p-Werten sind in der nachstehenden Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Vergleich korrekter Ursachennennung von MIH

Frage 11 „welche Ursachen von MIH sind Ihnen bekannt?“	Studierende	Zahnärzte	p-value
gen. Faktoren	46 (96%)	41 (79%)	p = 0,011*
Umweltfaktoren	26 (54%)	42 (81%)	p = 0,004**
chron. med. EK der Mutter während der Schwangerschaft	28 (58%)	22 (42%)	p = 0,080
chron. med. EK des Kindes	15 (31%)	19 (37%)	p = 0,365
Antibiotika/Medikamente, die die Mutter während der Schwangerschaft eingenommen hat	26 (54%)	36 (69%)	p = 0,089
Antibiotika/Medikamente, die das Kind eingenommen hat	9 (19%)	23 (44%)	p = 0,006**
Akute med. EK, der Mutter während der Schwangerschaft	19 (40%)	25 (48%)	p = 0,257
Akute med. EK, des Kindes	4 (8%)	13 (25%)	p = 0,024*
Fluoridexposition	11 (23%)	14 (27%)	p = 0,409
Entwicklungsstörungen	27 (56%)	30 (58%)	p = 0,522
Keine	2 (4%)		p = 0,228

Signifikanzprüfung mittels Chi-Quadrat-Test, *p < 0,05 = signifikant, **p < 0,01 = hoch signifikant; n = absolute Häufigkeit, % = relative Häufigkeit pro Gruppe;

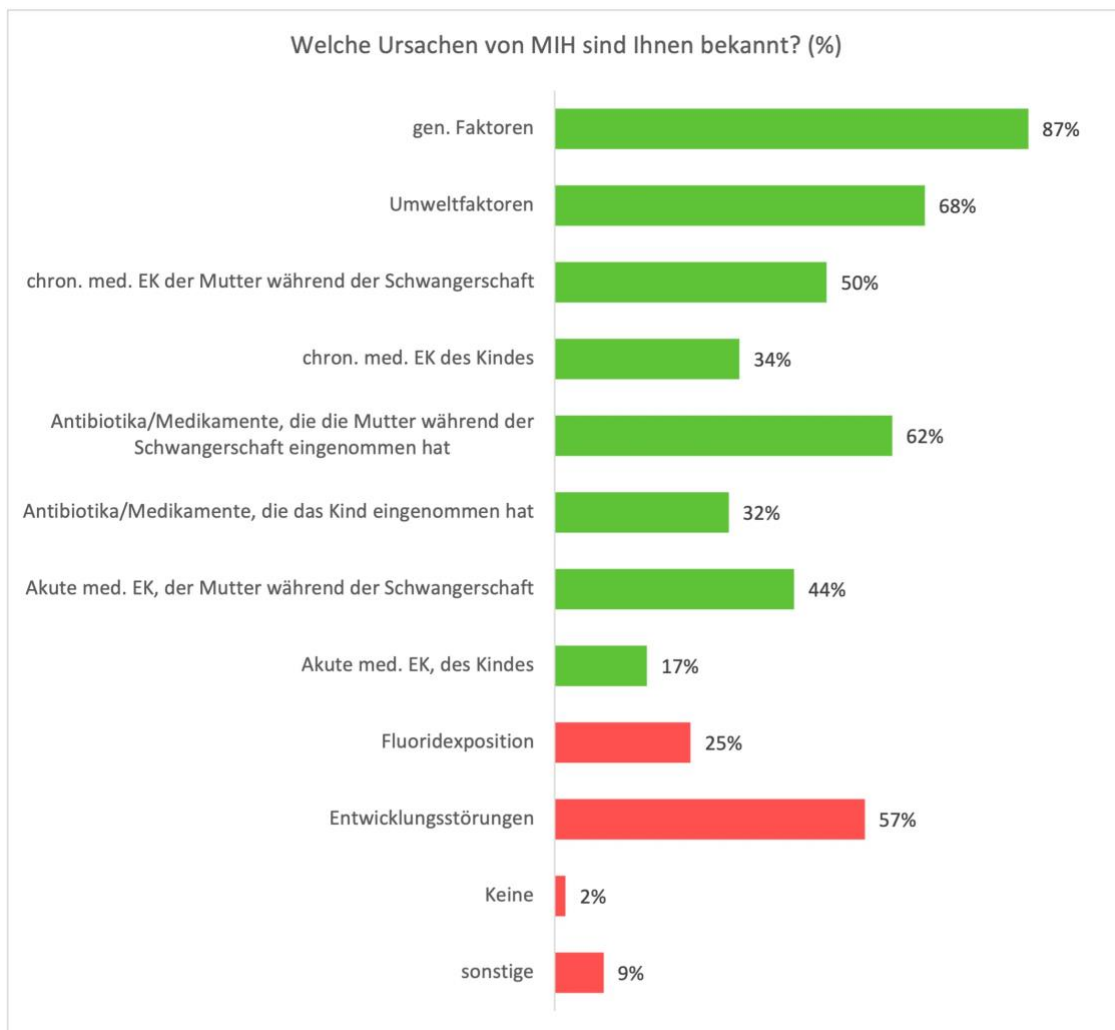


Abbildung 18: Bekanntheit potenzieller Ursachen von MIH (%) [grün = korrekte Antworten; rot = falsche Antworten]

Die Berechnung eines Summenscores wurde für die quantitative Beurteilung des Wissensstandes über mögliche ätiologische Faktoren (Kodierung 1-8) herangezogen. Es war für jeden Befragten ein maximaler Summenscore von 8 Punkten möglich. Antwortmöglichkeiten, die laut aktuellem Stand der Wissenschaft nicht zu den diskutierten Ursachen zählten, sowie fehlende Antworten wurden hierbei nicht berücksichtigt. Der Median in der Gesamtstichprobe betrug 4 Punkte (IQR = 3). Zahnmedizinstudierende erreichten einen Median von 3 Punkten (IQR = 3) und Zahnärzt*innen einen Medianwert von 4 Punkten (IQR = 3,5). Mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests^a wurden diese Gruppen verglichen. Es kam zu keinem signifikanten Unterschied ($p = 0,122^a$).

Anhand des Kruskal-Wallis Tests^b wurden der Wissensstand in Bezug auf Berufserfahrung (in Jahren) einzelner Zahnmediziner*innen ($p = 0,406^b$), und die Universitätszugehörigkeit der Gesamtstichprobe ($p = 0,419^b$) verglichen. Hier ergab sich bei keinem der Vergleiche ein signifikantes Ergebnis. Die Verteilung dieser Werte ist in den folgenden Boxplots dargestellt.

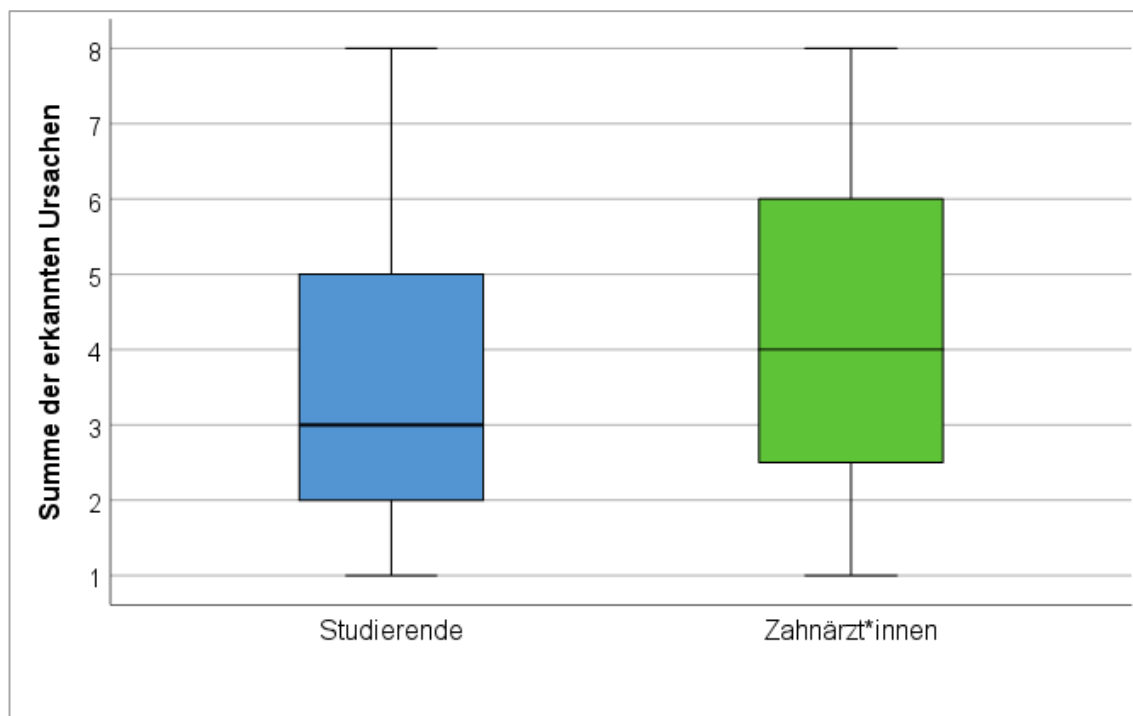


Abbildung 19: Boxplot des Summenscores der korrekt genannten MIH-Ursachen (Studierende vs. Zahnärzt*innen)

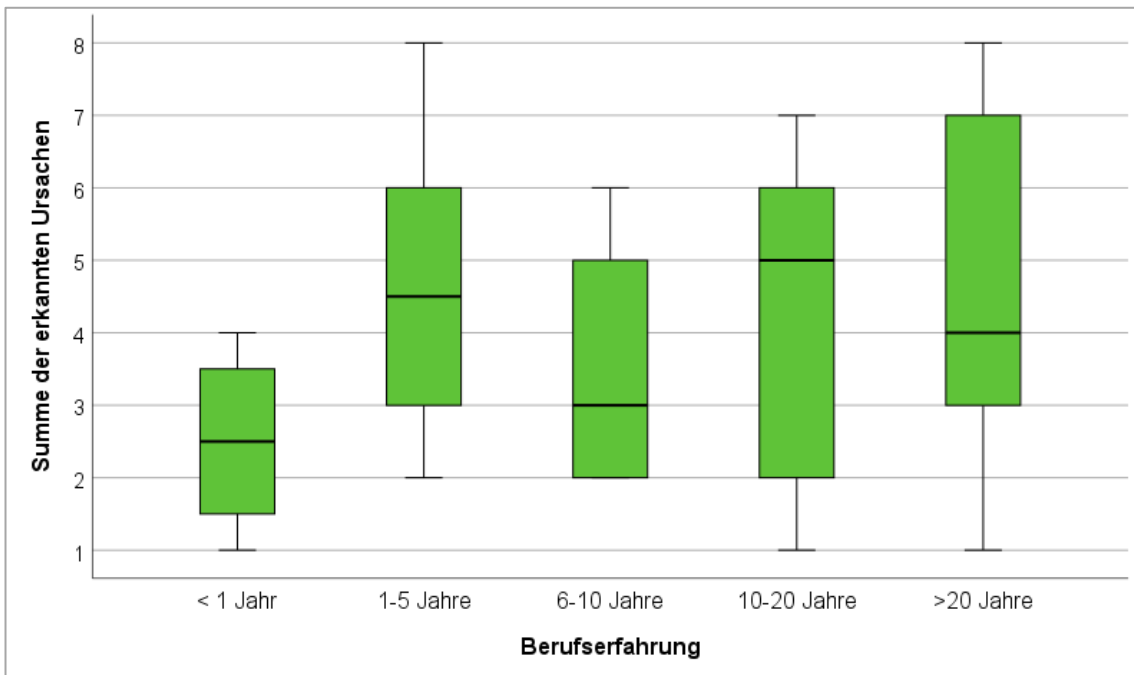


Abbildung 20: Boxplot des Summenscores der korrekt genannten MIH-Ursachen (nach Berufserfahrung in Jahre)

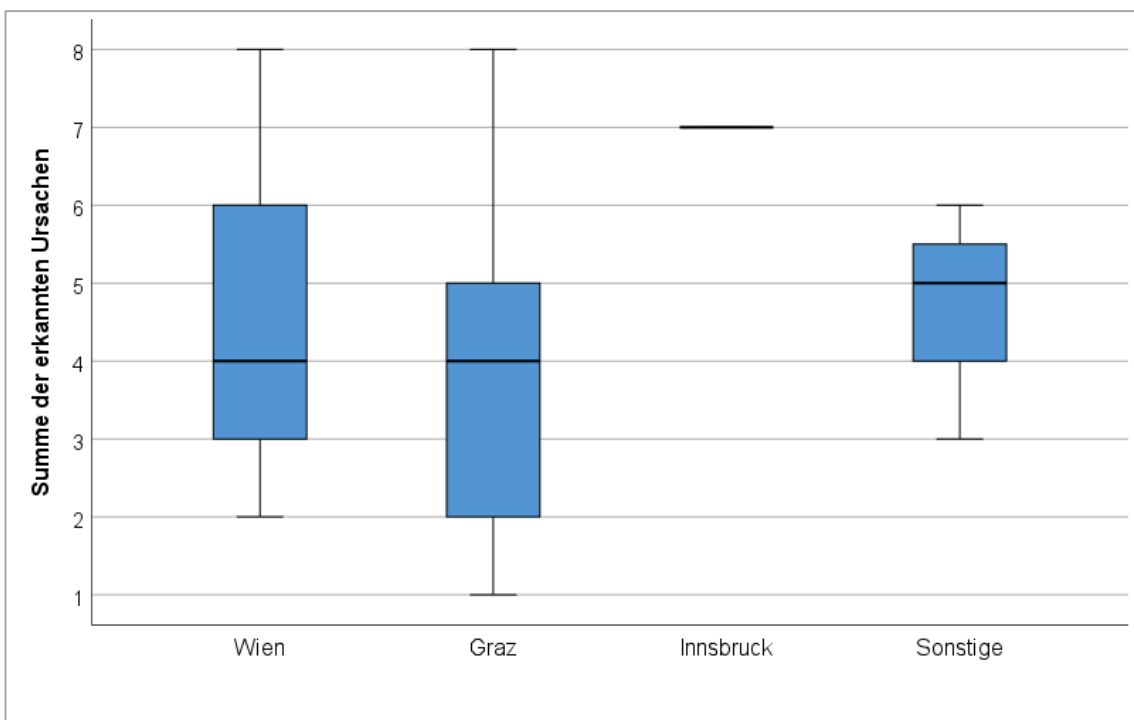


Abbildung 21: Boxplot des Summenscores der korrekt genannten MIH-Ursachen (nach Universitätszugehörigkeit)

3.3 Erfahrung mit Diagnose, Ausprägungsgraden, Therapiemöglichkeiten

Auf die Frage „Haben Sie im Laufe Ihres Zahnmedizinstudiums Patient*innen mit MIH gesehen und behandelt“ antworteten 39% (n = 39) der Gesamtstichprobe mit Nein, 35% (n = 35) mit Ja und 26% der Teilnehmenden (n = 26) mit „Gesehen Ja, aber nicht behandelt“.

Über das Wissen von klinischen Kriterien zur Befundung von Molaren-Inzisivi-Hypomineralisation und die zugehörige Anwendbarkeit kam es zu folgenden Ergebnissen. Die Mehrheit der Studierenden (63%, n = 30) und der Zahnärzt*innen (44%, n = 23) gab an, die Kriterien zu kennen, diese jedoch nicht anwenden zu können. Insgesamt kannten nur 4% (n = 2) der Studierenden und 31% (n = 16) der Zahnmediziner*innen sowohl die Kriterien als auch die Anwendung dieser. Den restlichen Befragten (Gesamtstichprobe: n = 29, 29%) waren die Kriterien nicht geläufig, darunter befanden sich 16 (33 %) Studierende und 13 (25 %) Zahnärzt*innen.

Die Vergleichsauswertung mittels Chi-Quadrat Test von Zahnmedizinstudierenden und Zahnärzt*innen ergab signifikante Unterschiede ($p = 0,002^{**}$) in Bezug auf Kriterienkenntnisse und Anwendbarkeit.

Tabelle 9: Vergleich der Kriterienkenntnisse + Anwendbarkeit von MIH

Frage 13	Stud.	Zahnärzte	p-value
Ja, anwendbar	2 (4%)	16 (31%)	p = 0,002**
Ja, nicht anwendbar	30 (63%)	23 (44%)	
Nein	16 (33%)	13 (25%)	

Signifikanzprüfung mittels Chi-Quadrat-Test, **p < 0,01 = hoch signifikant;

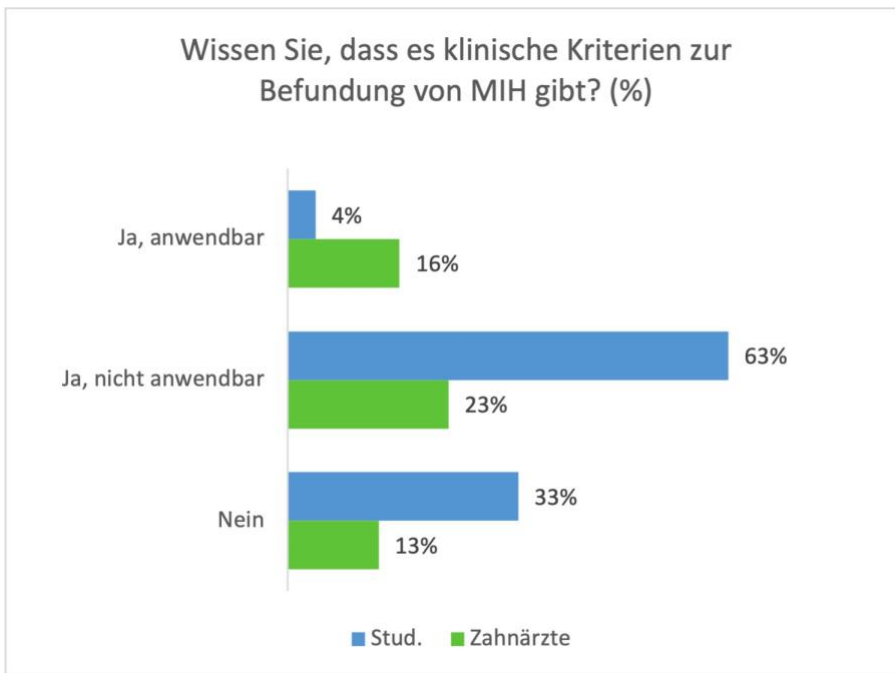


Abbildung 22: Balkendiagramm: Vergleich der Kriterienkenntnisse + Anwendbarkeit von MIH

Auf die Fragestellung, wie häufig die Befragten Patient*innen mit MIH in der Praxis durchschnittlich sehen würden, gab die Mehrheit von 49% (n = 49) an, < 5 Patient*innen monatlich zu sehen. Jeweils 10% (n = 10) der Gesamtstichprobe gaben an, entweder keine oder 5 bis 10 Patient*innen zu sehen. Ausschließlich 2% (n = 2) sahen >20 und 1% (n = 1) 11 bis 20 Patientenfälle pro Monat.

28% (n = 28) der Gesamtstichprobe konnten die Frage nicht beantworten und kreuzten somit „nicht beantwortbar“ an.

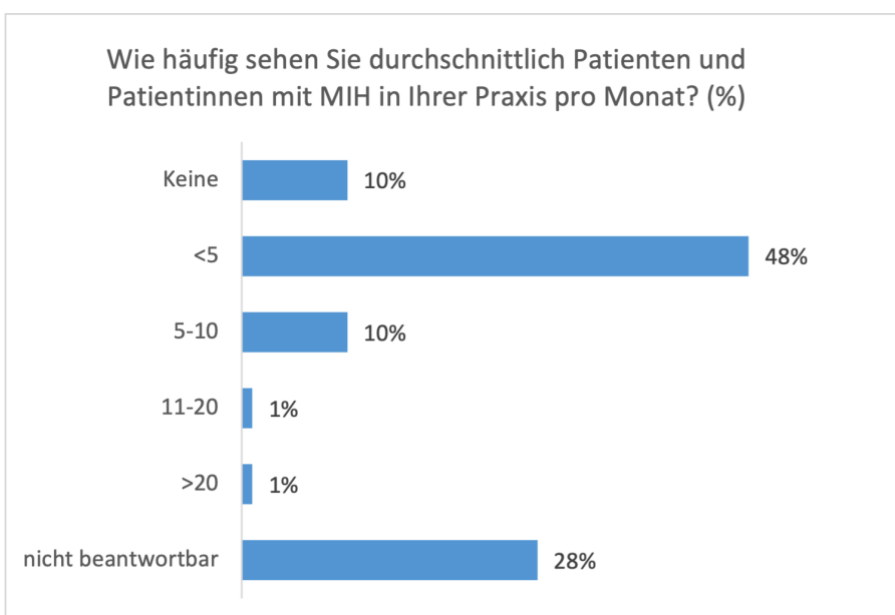


Abbildung 23: Monatliches Aufkommen von MIH-Patient*innen

Im Zusammenhang mit der Frage über das monatliche Aufkommen von MIH-Patient*innen wurden die Teilnehmer*innen nach dem am häufigsten auftretenden Merkmal befragt. Die Hälfte (50%, n = 50) nannten weißliche Abgrenzungen. 23% (n = 23) beobachteten posteruptive Schmelzeinbrüche als häufigstes Merkmal. Nur wenige (8%, n = 8) nannten gelb-bräunliche Abgrenzungen. 50% (n = 50) der Befragten konnten keine Einschätzung („nicht beantwortbar“) diesbezüglich tätigen. Da die Frage Mehrfachnennungen erlaubte, übersteigt die Gesamtzahl die Zahl der Gesamtstichprobe.

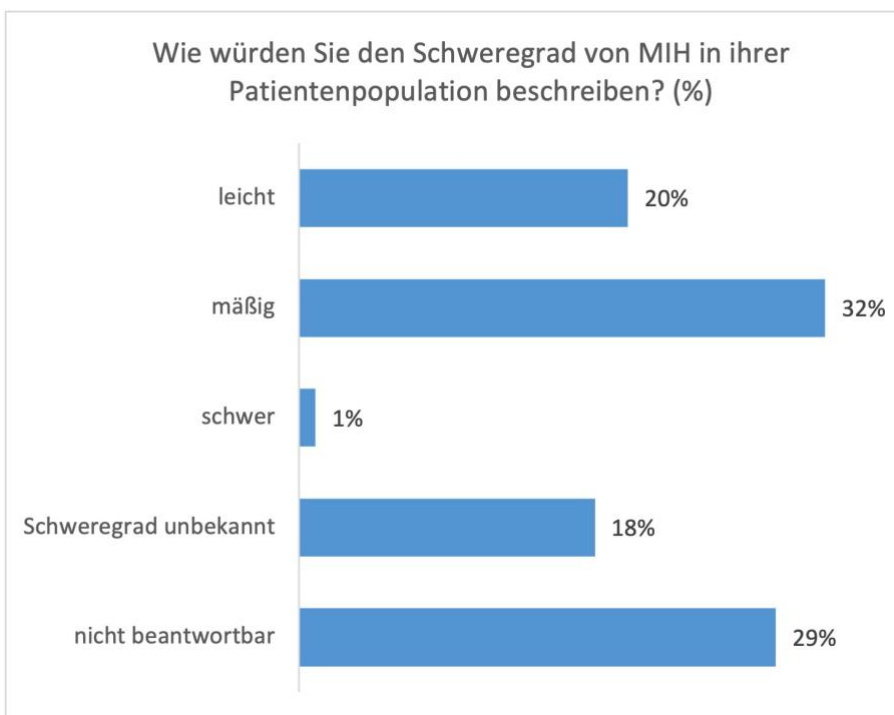


Abbildung 24: Schweregrad - Einschätzung von MIH-Patient*innen

Bei der Einschätzung des Schweregrades der Patientenpopulation mit MIH schätzen 32% (n = 32) Teilnehmer*innen den Ausprägungsgrad als mäßig ein, 20% (n = 20) als leicht und 1% (n = 1) als schwer. Die restlichen Befragten gaben an, den Schweregrad nicht zu kennen (18%, n = 18) oder diesen nicht einschätzen zu können („nicht beantwortbar“, 29%, n = 29). Von den 29 Befragten, welche die Frage nicht beantworten konnten, waren 26 (54%) Studierende und 3 (6%) Zahnärzt*innen.

Die MIH-Patient*innen der Gesamtstichprobe wiesen neben den klassischen MIH betroffenen Zähnen auch an Prämolaren (25%) und 2. bleibende Molaren (21%) Defekte auf. 6% nannten Eckzähne. 44% der Teilnehmer*innen verneinten Beobachtungen an anderen Zähnen außerhalb der Inzisivi und 1. bleibenden Molaren.

Fluoridbehandlungen, Versiegelungen, provisorische Versorgungen mit Glasionomernzementen oder Kompomeren, Restaurationen mit Flowable- und/oder Hybridkompositen, Kronen und indirekte sowie direkte permanente prothetische Versorgungen zählen zu den etablierten Therapiemöglichkeiten (siehe Abschnitt 1.3.8).

Die Mehrheit der Gesamtstichprobe (n = 83, 83%) gab an, dass Fluoridbehandlungen, die von ihnen am häufigsten angewendete Therapie seien. 52% (n = 52) der Teilnehmenden nannten „*flowable*“ Komposite. Gleich stark vertreten, waren Versiegelungen und prothetische Versorgungen und Kronen, dafür stimmten jeweils 51% (n = 51). 44% (n = 44) der Befragten zogen Hybridkomposite und 30% Glasionomernzemente als Therapieoption heran. Wenige Befragte (12%, n = 12) gaben Kompomere an. 7% (n = 7) kreuzten „Sonstige Therapieansätze“ an, und nannten als Antworten: „GC tooth mousse, regelmäßige intensive Kontrollen + Prophylaxe, Vitamin D3 + K2 Supplementierung.“ Diese Frage erlaubte Mehrfachnennungen, daher übersteigen die Antworten die Zahl der Gesamtstichprobe (n = 100).

Eine statistische Verteilung der Gesamtantworten ist im folgenden Balkendiagramm (Abbildung 25) dargestellt. Hier sind die etablierten Therapieansätze und „sonstige“ Angaben in grün und „Amalgam“ als falsche Antwort in rot dargestellt.

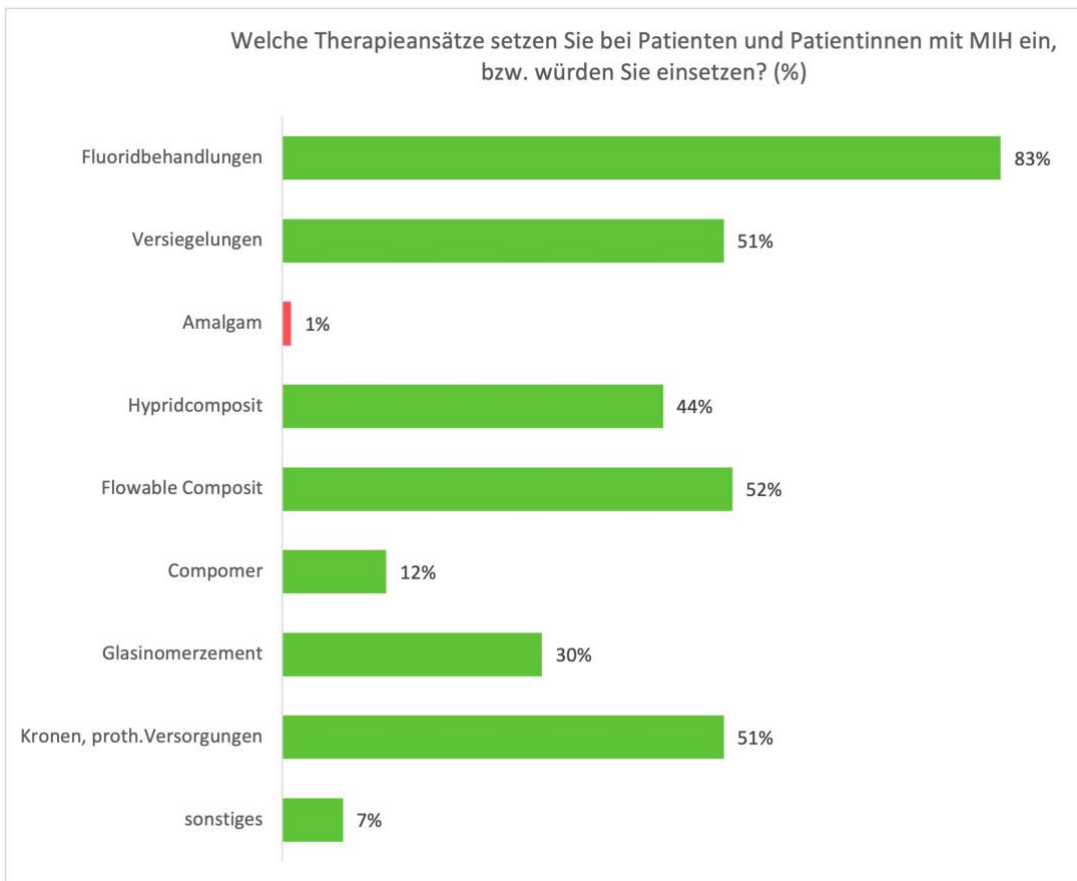


Abbildung 25: Balkendiagramm: Therapieansätze bei MIH [grün = korrekte Antworten; rot = falsche Antwort]

Die Auswertung mit Chi-Quadrat-Test zeigte signifikante Unterschiede ($p = 0,044^*$) zwischen Zahnmedizinstudierenden und Zahnärzt*innen beim Punkt „Glasionomerzement“. Die weiteren Vergleiche sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 10: Vergleich korrekter Therapieansätze von MIH durch Zahnmedizinstudierende und Zahnärzt*innen

Frage 18: Therapieansätze bei MIH -Patienten	Studierende	Zahnärzte	p-value
Fluoridbehandlungen	41 (85%)	42 (81%)	$p = 0,364$
Versiegelungen	24 (50%)	27 (52%)	$p = 0,503$
Amalgam		1 (2%)	$p = 0,520$
Hybridcomposit	19 (40%)	25 (48%)	$p = 0,257$
Flowable Composit	24 (50%)	28 (54%)	$p = 0,427$
Kompomer	4 (8%)	8 (15%)	$p = 0,220$
Glasionomerzement	10 (21%)	20 (39%)	$p = 0,044^*$
Kronen, proth. Versorgungungen	23 (48%)	28 (54%)	$p = 0,347$
Sonstiges	1 (2%)	6 (12%)	$p = 0,069$

Signifikanzprüfung mittels Chi-Quadrat-Test, $*p < 0,05 = \text{signifikant}$;

In Bezug auf die quantitative Beurteilung der richtig genannten Therapieansätze (Kodierung 1, 2, 4-8) wurde eine Errechnung eines Summenscores herangezogen. Amalgam (Code 3) und „Sonstige“ Therapieansätze (Code 9) wurden in den Summenscore nicht berücksichtigt. Der Median in der Gesamtstichprobe ergab 3 Punkte (IQR = 2). Der Median bei den Studierenden betrug 3 Punkte (IQR = 2,5) und der Median der Zahnärzt*innen 3 Punkte (IQR = 1,5). Die Gruppen wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test^a verglichen, es kam zu keinem signifikanten Unterschied ($p = 0,224^a$). Der Vergleich der Zahnärzt*innen mittels Kruskal-Wallis-Test^b in Bezug auf die Berufserfahrung (in Jahren) ergab ebenso keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,715^b$).

Die folgenden Abbildungen in Form von Boxplots repräsentieren die genannten Ergebnisse.

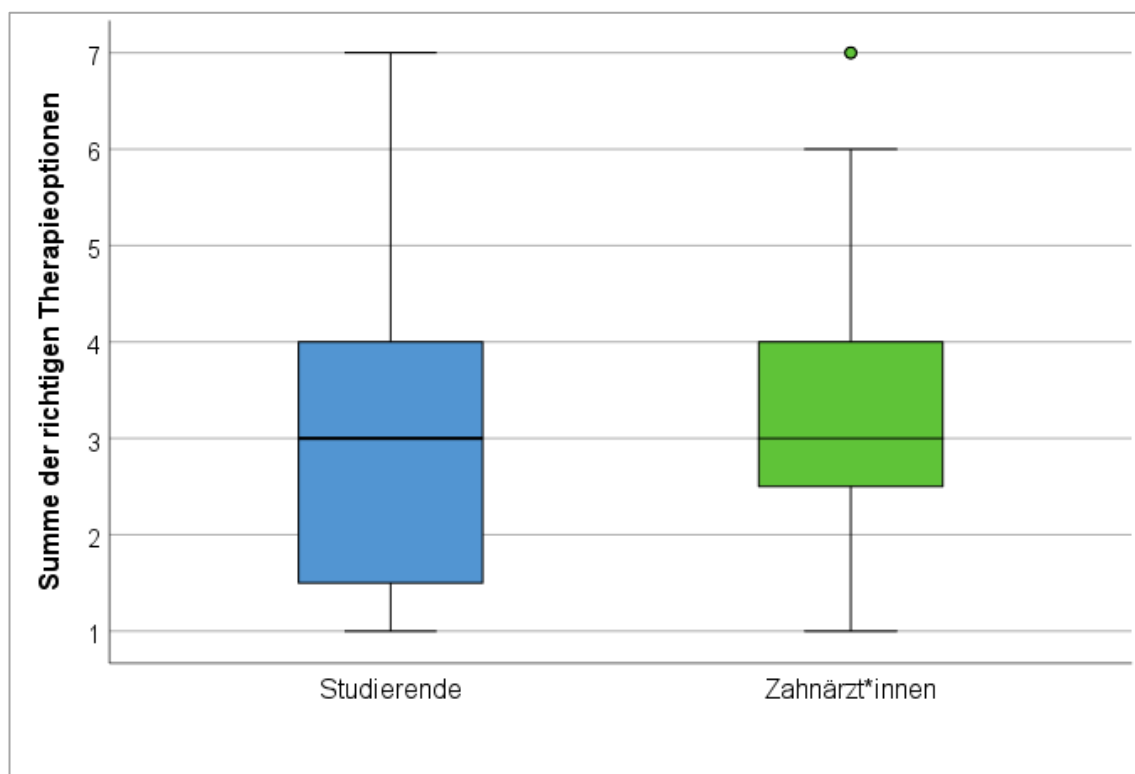


Abbildung 26: Boxplot des Summenscores der korrekten MIH-Therapien (Studierende vs. Zahnärzt*innen)

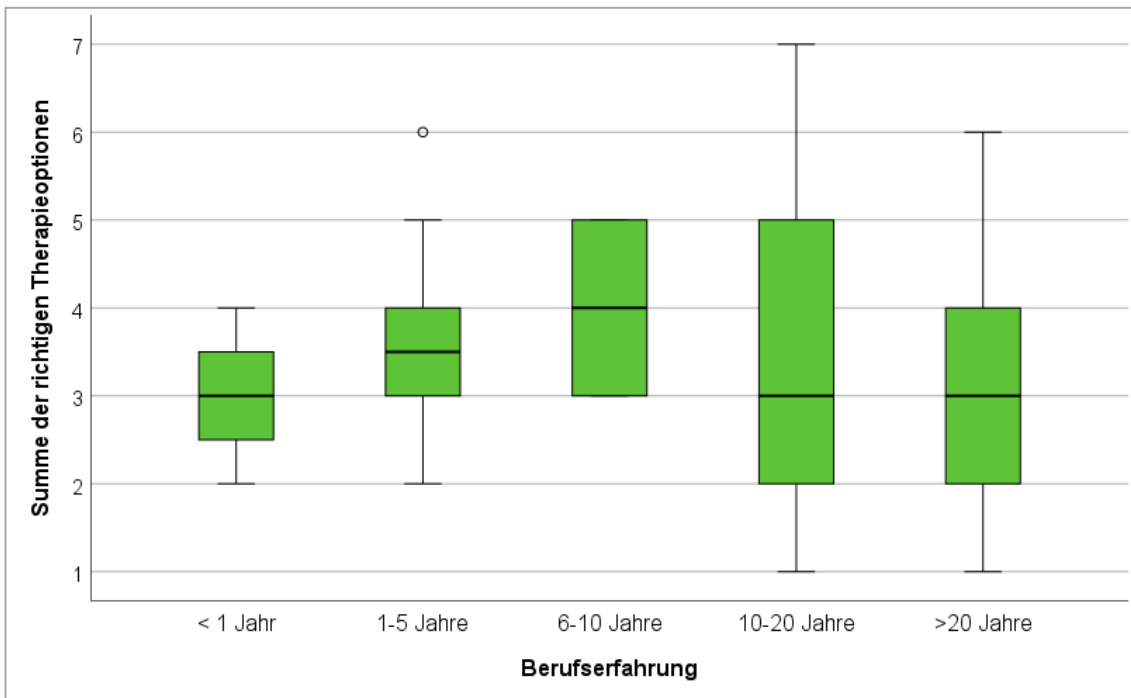


Abbildung 27: Boxplot des Summenscores der korrekten MIH-Therapien (nach Berufserfahrung in Jahre)

In Anschluss an Fragestellung mit den Therapieansätzen (Frage 18) wurde nach den entsprechenden Faktoren, welche die Wahl dieser Restaurationsmaterialien beeinflussen, gefragt. Die Anzahl der Antworten übersteigt die Zahl der Gesamtstichprobe durch Mehrfachnennungen. Relevante Faktoren waren für die Teilnehmer*innen vor allem Haltbarkeit (76%, n = 76), Adhäsion (68 %, n = 68), das Potenzial der Remineralisation (57%, n = 57), ästhetische Aspekte (52%, n = 52) und Sensibilitäten (46%, n = 46). Weniger häufig wurden die Faktoren „persönliche Erfahrung“ (31%, n = 31), „Präferenz der Eltern oder Patient*innen“ (25%, n = 25) und „Forschungsergebnisse“ (18%, n = 18) genannt. Die Verteilung der jeweiligen Antworten von Zahnmedizinstudierenden und Zahnärzt*innen ist grafisch in der folgenden Abbildung dargestellt.

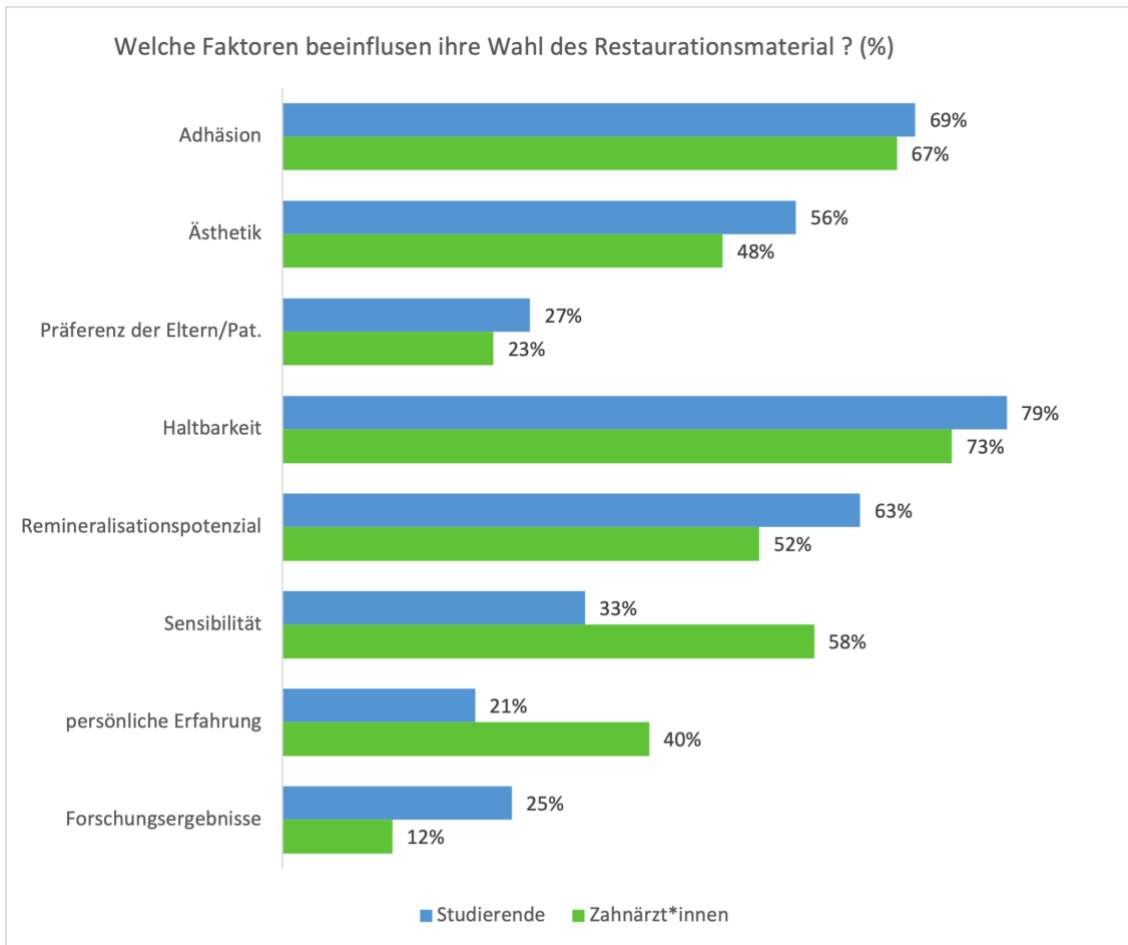


Abbildung 28: Balkendiagramm: Einflussfaktoren bei Materialauswahl (Studierende vs. Zahnärzt*innen)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte signifikante Unterschiede bei zwei Einflussfaktoren. Zahnärzt*innen (58%, n = 30) nannten den Faktor „Sensibilität“ häufiger als Studierende (33%, n = 16). Es kam zu einem signifikanten Unterschied ($p = 0,012^*$). Des Weiteren war für Zahnmediziner*innen (40% n = 21) die Einflussgröße „persönliche Erfahrung“ bedeutender als für Studierende (21%, n = 10), der p-Wert betrug $p = 0,028^*$ und zeigte somit Signifikanz.

Tabelle 11: Vergleich von Einflussfaktoren auf die Materialwahl (Studierende Vs. Zahnärzt*innen)

Frage 19 „Welche Faktoren beeinflussen Ihre Wahl des Restaurationsmaterials?“	Studierende	Zahnärzte	p-value
Adhäsion	33 (69%)	35 (67%)	p = 0,524
Ästhetik	27 (56%)	25 (48%)	p = 0,269
Präferenz der Eltern/Patient*innen	13 (27%)	12 (23%)	p = 0,408
Haltbarkeit	38 (79%)	38 (73%)	p = 0,317
Remineralisationspotenzial	30 (63%)	27 (52%)	p = 0,194
Sensibilität	16 (33%)	30 (58%)	p = 0,012*
Persönliche Erfahrung	10 (21%)	21 (40%)	p = 0,028*
Forschungsergebnisse	12 (25%)	6 (12%)	p = 0,068

Signifikanzprüfung mittels Chi-Quadrat-Test, *p < 0,05 = signifikant;

Der Gruppenvergleich (Studierende Vs. Zahnärzt*innen) mittels Mann-Whitney-U Test^a zeigte keinen signifikanten Unterschied (p = 0,972^a). Der Kruskal-Wallis-Test^b beim Vergleich der Berufserfahrung lieferte ebenso keine Signifikanz (p = 0,489^b).

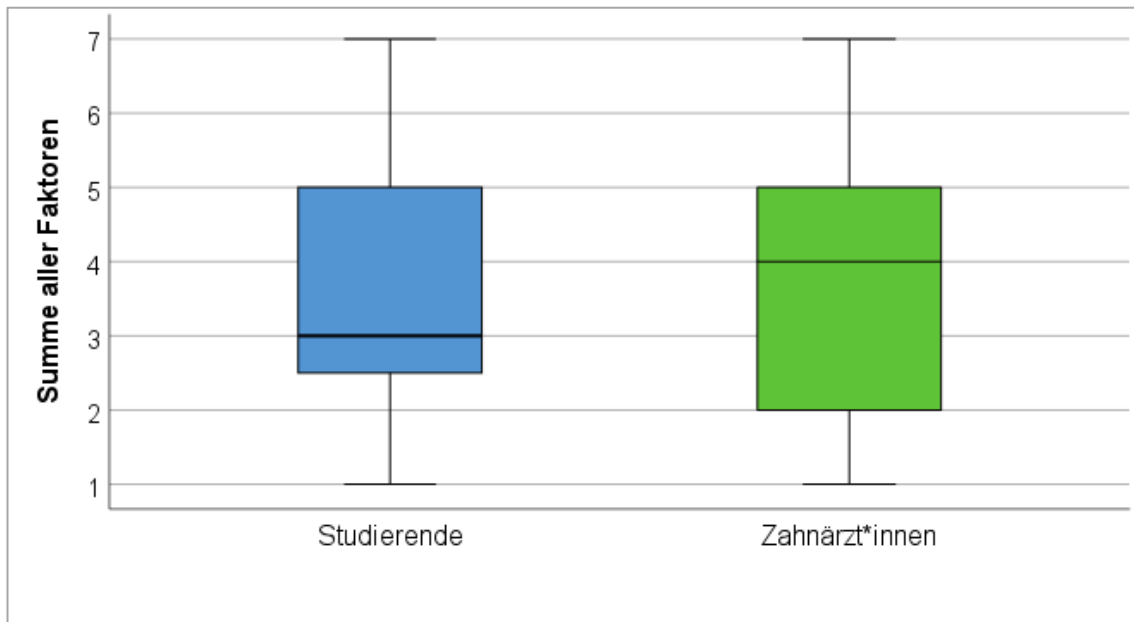


Abbildung 29: Boxplot des Summenscores von Einflussfaktoren auf die Materialwahl (Studierende vs. Zahnärzt*innen)

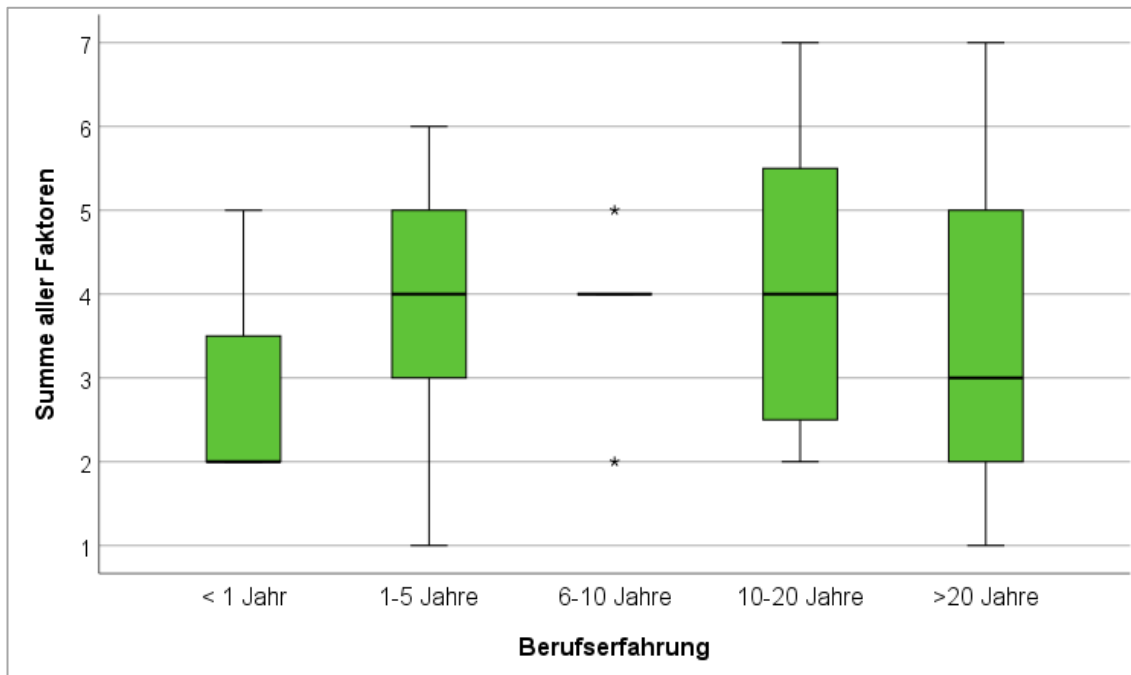


Abbildung 30: Boxplot des Summenscores von Einflussfaktoren auf die Materialwahl (nach Berufserfahrung in Jahre)

Die Frage „Halten Sie MIH für ein klinisches Problem, wenn Ja, mit welchen Schwierigkeiten haben Sie Erfahrung gemacht?“ erlaubte Mehrfachantworten. Auf diese Fragestellung gab die Mehrheit (43%, n = 43) der Teilnehmer*innen „Langzeiterfolg“ als entscheidenden Aspekt an. Als weitere relevante Schwierigkeiten wurden die Erreichbarkeit von restaurativen Rändern (30% n = 30), Ästhetik (28%, n = 28), Patientenkomfort (26 %, n = 26) und das Erreichen von angemessenen Restaurationen (30%, n = 30) genannt. Weniger häufig wurde die Diagnosestellung (18 %, n = 18) angegeben. 21% (n = 21) der Befragten beurteilten MIH nicht als klinisch relevantes Problem. 13% (n = 13) konnten keine Einschätzung diesbezüglich tätigen, darunter waren 12 (25%) Studierende und ein*e Zahnmediziner*in (2%) mit < 1 Jahr Berufserfahrung. 3 Teilnehmende – darunter alles Zahnärzt*innen – gaben „Sonstige“ Schwierigkeiten an. Die dazugehörigen Freitextantworten waren: „erhöhte Speichelbildung, daher Füllungslegung erschwert.“, „Klinisches Problem hängt vom Schweregrad ab.“

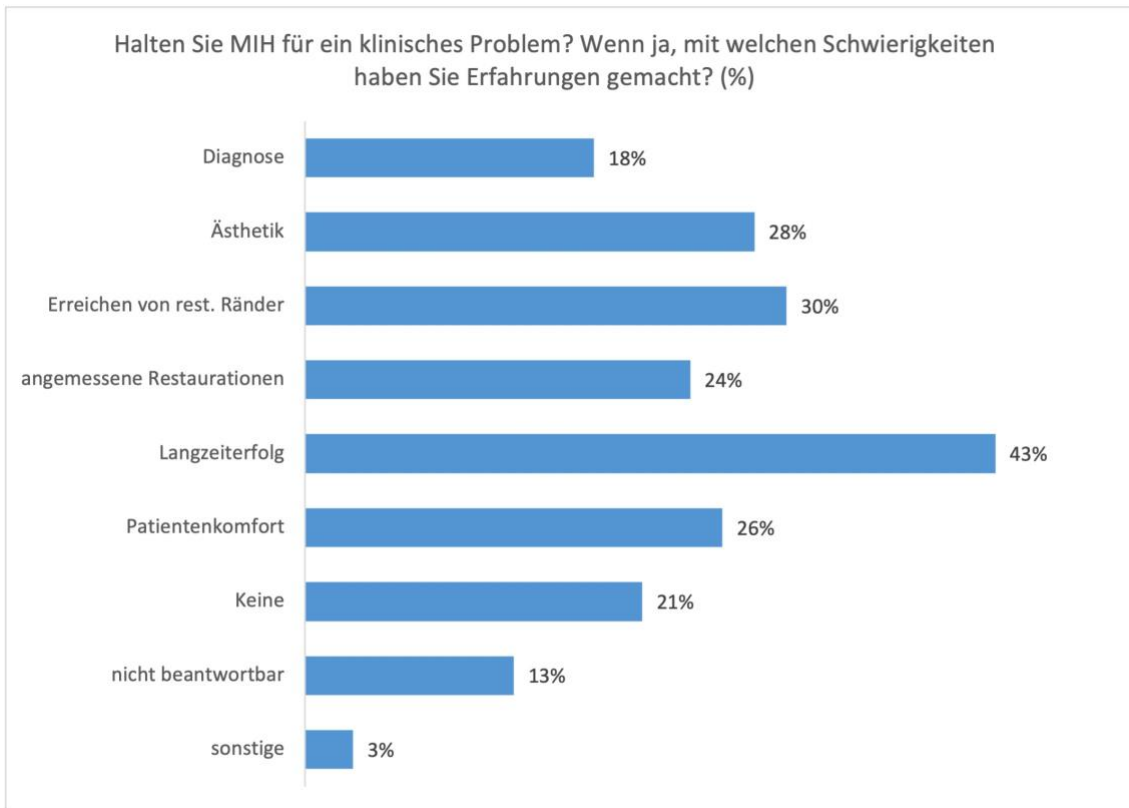


Abbildung 31: Balkendiagramm: Behandlungsschwierigkeiten bei MIH (Gesamtstichprobe)

Der Gruppenvergleich mittels Chi-Quadrat-Test ergab für 5 Herausforderungen einen signifikanten Unterschied zwischen Studierenden und Zahnärzt*innen. 27% der Studierenden gaben die Diagnosestellung an, wohingegen ausschließlich 10% der Zahnmediziner*innen diese Antwort ankreuzten ($p = 0,022^*$). Die folgenden klinischen Herausforderungen hinsichtlich MIH wurden hingegen signifikant häufiger von Zahnärzt*innen als von Studierenden genannt.

Die Mehrheit (54%) der Zahnmediziner*innen empfand den Therapielangzeiterfolg als Problem, wohingegen 31% der Studierenden diesbezüglich abstimmten ($p = 0,019^*$).

39% der Zahnärzt*innen sahen ästhetische Einschränkungen und nur 17% der Studierenden als klinisches Problem ($p = 0,013^*$). Das Erreichen von restaurativen Rändern nannten 39% der Zahnärzt*innen und 21% der Student*innen ($p = 0,044^*$). 33% der Zahnmediziner*innen und nur 15% der Studierenden ($p = 0,029^*$) hielten die Erreichbarkeit von „angemessenen“ Restaurationen als klinische Herausforderung.

Tabelle 12: Vergleich von Behandlungsschwierigkeiten von MIH (Studierende Vs. Zahnärzt*innen)

Frage 20: MIH – als klinisches Problem	Studierende	Zahnärzte	p-value
Diagnose	13 (27%)	5 (10%)	p = 0,022*
Ästhetik	8 (17%)	20 (39%)	p = 0,013*
Erreichen von rest. Ränder	10 (21%)	20 (39%)	p = 0,044*
angemessene Restaurationen	7 (15%)	17 (33%)	p = 0,029*
Langzeiterfolg	15 (31%)	28 (54%)	p = 0,019*
Patientenkomfort	10 (21%)	16 (31%)	p = 0,183
sonstige		3 (6%)	p = 0,137

Signifikanzprüfung mittels Chi-Quadrat-Test, *p < 0,05 = signifikant;

Es wurde ein Summenscore für die wahrgenommenen klinischen Herausforderungen im Handling von MIH und der Gruppenvergleich dieser berechnet. Die Summe ergab sich aus der Anzahl der oben genannten Probleme (1-6). Die Antworten „keine“, „nicht beantwortbar“ und „Sonstige“ wurde von dem Score nicht berücksichtigt. Der Median der Gesamtstichprobe ergab 2 Punkte (IQR = 3). Zwischen den Zahnärzt*innen und den Student*innen kam es laut Mann-Whitney- U Test ^a zu einem signifikanten Unterschied (p = 0,005^{a**}) in der Summe. Der Median der Studierenden betrug 0,5 Punkte (IQR = 2) und der der Zahnmediziner*innen 2 Punkte (IQR = 2).

Nach dem Kruskal-Wallis Test ^b gab es in der Vergleichsgruppe der Berufserfahrenen (in Jahren) keinen signifikanten Unterschied (p = 0,705^b) im Umfang der wahrgenommenen Schwierigkeiten. Die Ergebnisse sind in den nachstehenden Abbildungen grafisch festgehalten.

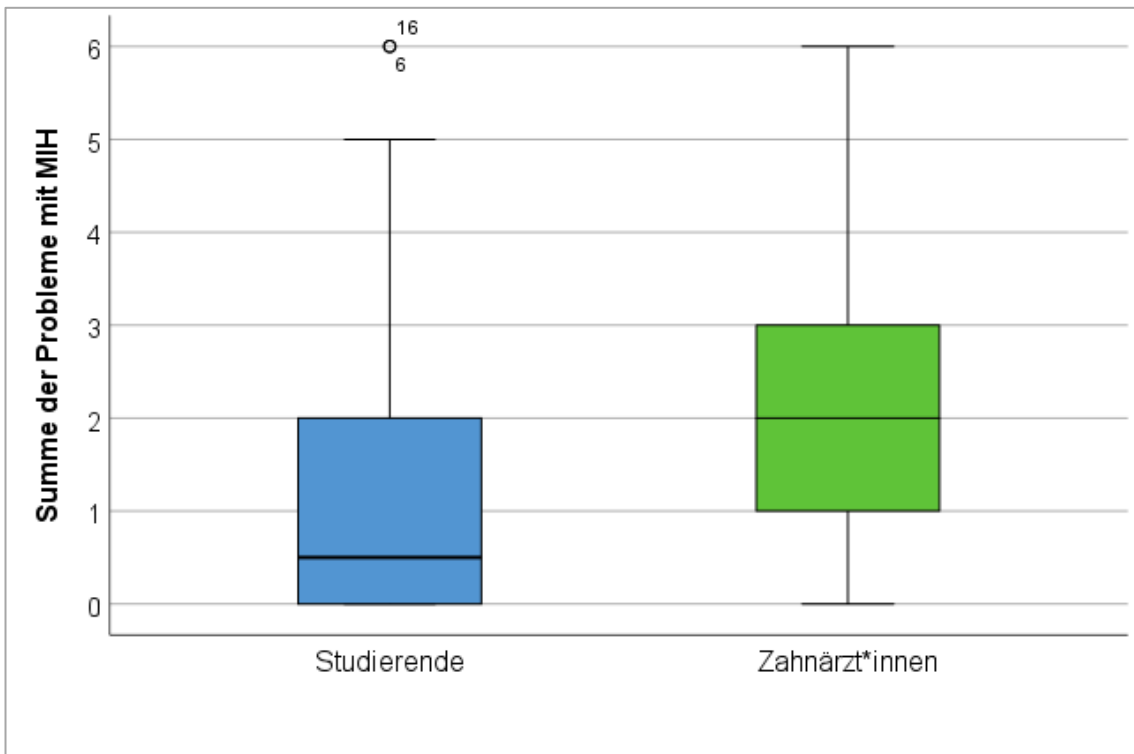


Abbildung 32: Boxplot des Summenscores zu Behandlungsschwierigkeiten (Studierende vs. Zahnärzt*innen)

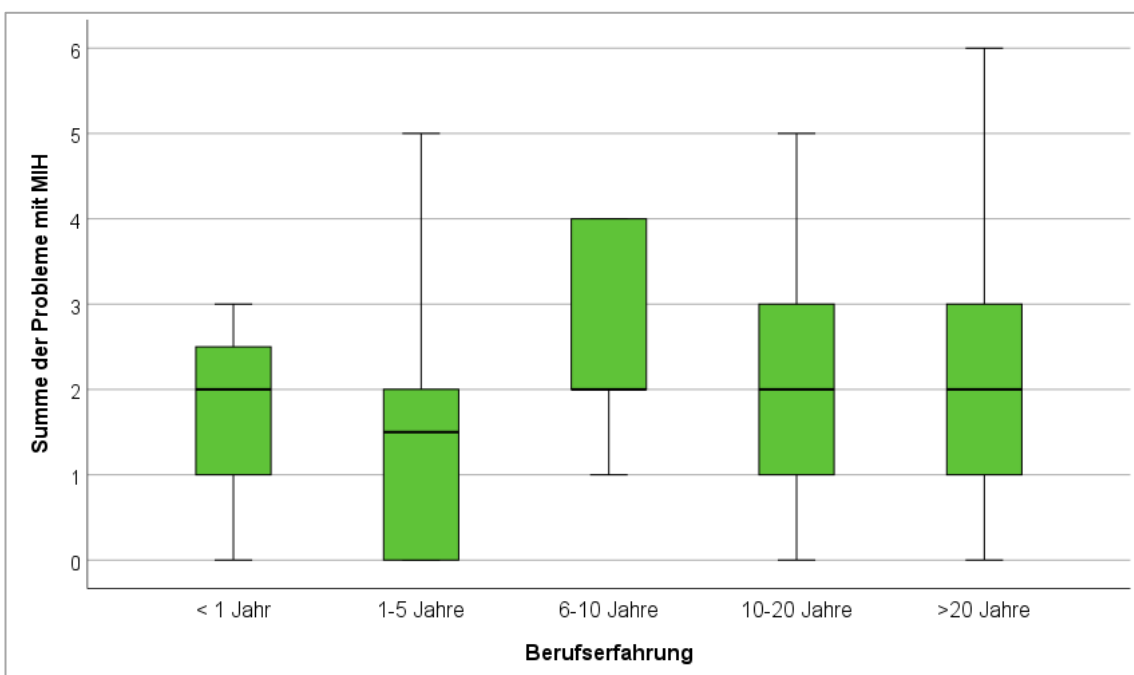


Abbildung 33: Boxplot des Summenscores zu Behandlungsschwierigkeiten (nach Berufserfahrung in Jahre)

3.4 Weiterbildungsinteresse, Prävalenzschätzung

Die Teilnehmer*innen wurden nach dem Schulungswunsch zu MIH hinsichtlich Diagnosestellung, Ätiologie und Behandlungsmöglichkeiten während Ihres Zahnmedizinstudiums befragt. Hier waren Mehrfachnennungen möglich. Es gab die Mehrheit von 85% (n = 85) an, mehr Informationen zu Behandlungsoptionen, 53% (n = 53) zur Diagnosestellung und 45% (n = 45) zu ätiologischen Faktoren gewünscht zu haben. 11% (n = 11) wünschten sich keine klinische Schulung und 4% kreuzten den Punkt „Sonstige“ an. Der Freitext enthielt folgende Antworten: „im Allgemeinen mehr Informationen.“, „Therapienotwendigkeiten“ und „MIH als Diagnose gab es zu meiner Studienzeit (Mitte 1990er) noch nicht.“ Auf die Frage, wie hoch das Interesse für weitere Forschung sei, antwortete der Großteil (68%, n = 68) mit „interessiert“, 21% (n = 21) mit „sehr interessiert“, 10% (n = 10) mit „wenig interessiert“. 1% (n = 1) der Teilnehmenden war nicht an weiterer Forschung interessiert.

88% (n = 88) der Befragten denken, es sei sinnvoll, die Prävalenz in Österreich zu testen, wohingegen 12% (n = 12) dagegen stimmten. Im Anschluss an diese Frage, wurden die Teilnehmer*innen gebeten, eine Prävalenzschätzung (Angabe in %) für Österreich durchzuführen. Im Abschnitt 1.3.2.2 wurden die aktuelleren Prävalenzdaten von Österreich diskutiert – diese liegen im Bereich von 7,0% bis 10,9%. Der Mittelwert der geschätzten Daten lag bei 11,6 (SD = 10,3; Median = 10, IQR = 10). Bei Studierenden war der Mittelwert bei 9,9 (SD = 7,9) und bei Zahnärzt*innen 13,2 (SD = 11,9). Der folgende Boxplot visualisiert die geschätzten Werte grafisch.

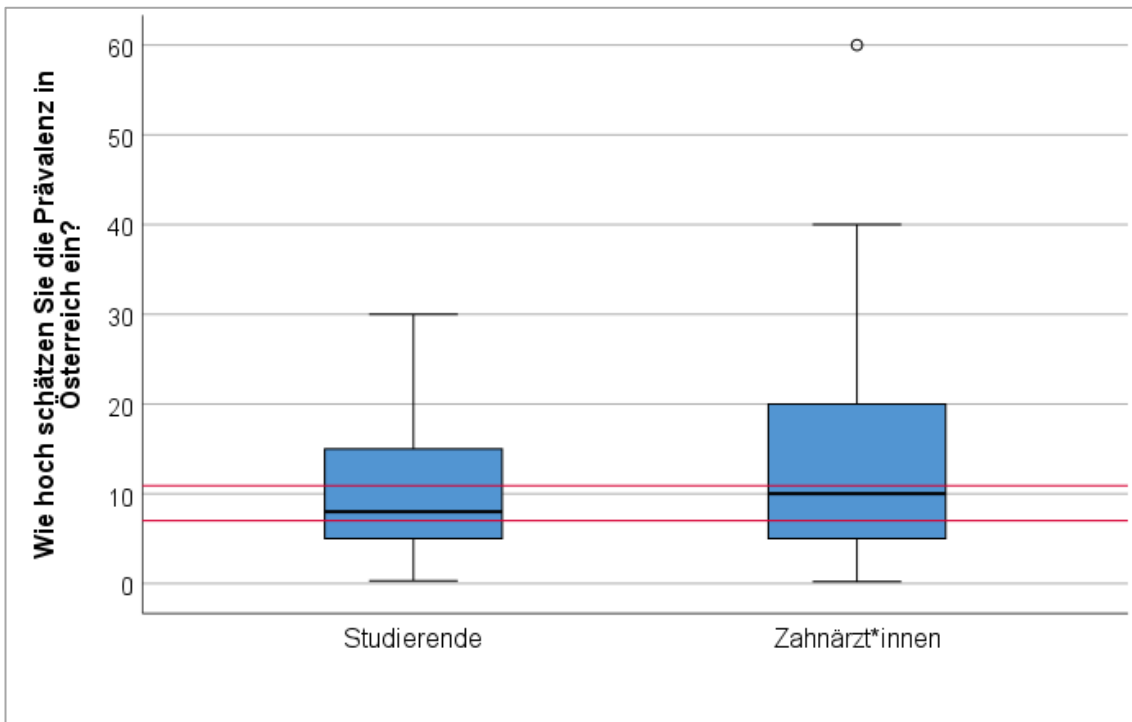


Abbildung 34: Boxplot: Prävalenzschätzung von MIH (Studierende vs. Zahnärzt*innen)

Der Mann-Whitney-U-Test^a ergab einen signifikanten Unterschied ($p = 0,005^{*a}$): Zahnärzte schätzten die Prävalenz signifikant höher ein. Studierende gaben den Wert im Median mit 8% (IQR = 10) und Zahnärzt*innen mit 10% (IQR = 15) an. Student*innen sind näher an der unteren Grenze und Zahnärzt*innen näher an der oberen Grenze. Es wurde statistisch berechnet, wie viele von den beiden Gruppen näher innerhalb des in der Literatur beschriebenen Bereiches (7,0% – 10,9%) liegt. Bei den Studierenden lagen 10 (21%) innerhalb des tatsächlichen Bereiches, bei den Zahnärzt*innen nur 7 (14%), bezogen auf die Gesamtstichprobe insgesamt 17% ($n = 17$).

Die letzte *Multiple-Choice* Frage, bezüglich der verwendeten Informationsquellen zur Erweiterung des Wissenstandes, deckte sich größtenteils mit der bereits zusammengefassten Frage 10. Die am häufigsten verwendeten Quellen zur Wissenserweiterung sind Fortbildungen, Fachliteratur, Kolleg*innen und Online-Ressourcen. Weitere Informationen sind aus dem untenstehenden Balkendiagramm zu entnehmen.

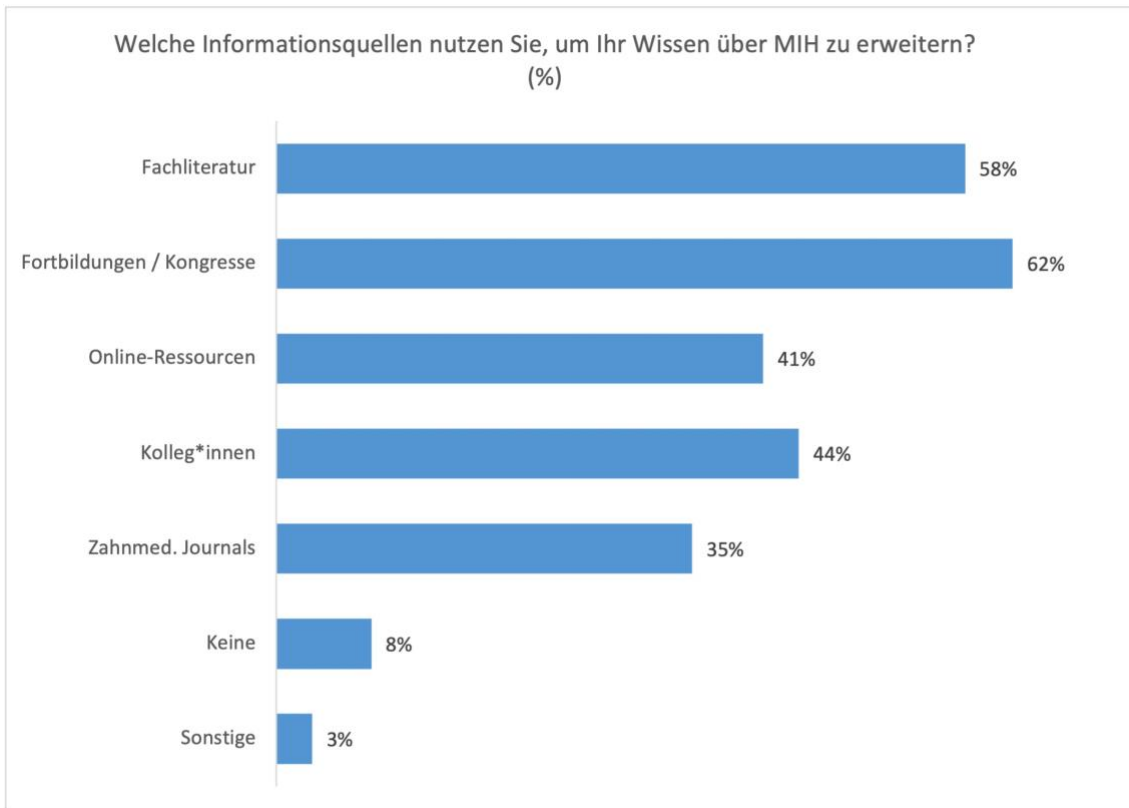


Abbildung 35: Quellen zur Erweiterung des MIH-Wissens (Gesamtstichprobe)

Der letzte Punkt des Fragebogens war eine optionale Freitextfrage. In diesem Zusammenhang konnten die Teilnehmer*innen weitere für sie wichtige Aspekte von MIH teilen. 3 Teilnehmer*innen nannten folgenden Aspekte: „Schwere Stadien habe ich nie gesehen“, „Leichte Stadien sind gut mit GC-Tooth Mousse therapierbar“, „Wichtig sind: 3-monatige Kontrollen und engmaschige Mundhygienesitzungen“ und „Ich vernehme eine gestiegene Häufigkeit bei jüngeren Patienten, ab Gebisswechsel“

4 Diskussion

Studienaufbau

Das Studiendesign der Pilotstudie, im Rahmen dieser Diplomarbeit, wurde von der Studie von Bekes et al. [131] aus 2021 übernommen, inhaltlich und sprachlich modifiziert und an das Vorhaben angepasst. Bekes et al. [131] stellt somit die erste in Österreich erschienene Studie dar, welche den Wissensstand von Zahnmedizinierenden in Wien untersuchte. Neben dieser gibt es ähnliche Fragebogenstudien aus dem Jahr 2020; diese wurden in Irland [135], Spanien [136] und Deutschland [133] durchgeführt. In Irland und Spanien nahmen Zahnärzt*innen und in Deutschland nur Zahnmedizinierende an der Umfrage teil. Des Weiteren gibt es einige frühere Studien [137–142], die zwischen 2014 und 2018 veröffentlicht wurden. Allerdings wurden bei diesen ausschließlich praktizierende Zahnmediziner*innen befragt. Lediglich eine vergleichbare Studie [132] aus 2016 untersuchte sowohl den Wissensstand von Zahnärzt*innen als auch den Zahnmedizinierenden in Saudi-Arabien. Diese Vielzahl der Daten und die Ähnlichkeit des Studiendesigns der genannten Untersuchungen ermöglichen eine gute Vergleichbarkeit der erhobenen Daten.

Eine Schätzung der Rückantwortquote und der Fallzahl konnte aufgrund des gewählten Studienablaufs mittels Link- und QR-Code- Versendung und der anonymen Beantwortung der Fragen nicht erfolgen. Laut der Zahnärztekammer Steiermark sind derzeit (Stand 01.05.2025) 686 Zahnärzt*innen gemeldet. Die Anzahl der Zahnmedizinierenden von 6. bis 12. Semester beläuft sich laut Studierendensekretariat Zahnmedizin Graz (Stand 01.05.2025) auf 91 Student*innen. In Anbetracht der genannten Zahlen, in Summe 777 Personen, und der erreichten Studienfallzahl von 100 Teilnehmer*innen kann schlussfolgernd von einer geringen Teilnahmebereitschaft (12,87%) gesprochen werden.

Zusammenfassung zentraler Antworten und Ergebnisse

Die Gesamtstichprobe betrug 100 Teilnehmer*innen, davon waren 52 Zahnärzt*innen und 48 Student*innen. Die Gruppengröße dieser Stichproben ist beinahe gleich groß, somit waren Vergleiche statistisch gut durchführbar. Insgesamt

wurden mehrere signifikante Unterschiede hinsichtlich des Wissensstandes und der Praxiserfahrung über MIH unter Zahnärzt*innen und Zahnmedizinierenden in der Steiermark festgestellt. Es zeigten sich mittels Chi-Quadrat Test signifikante Gruppenunterschiede. Bei der Benennung einzelner Ursachen (Frage 11), bei den Kenntnissen über Kriterien und Anwendung (Frage 13), bei der Auswahl der Therapieoptionen (Frage 18), der Beeinflussung der Materialwahl (Frage 19) und bei der Einschätzung von diversen Behandlungsschwierigkeiten (Frage 20) wurden signifikante Unterschiede der Stichproben festgestellt.

Bei dem gesamten Wissensstand durch Berechnung eines Summenscores mittels Mann-Whitney-U Test oder Kruskal- Wallis Test konnten signifikante Unterschiede bei der Frage über Behandlungsschwierigkeiten (Frage 24) und der subjektiven Prävalenzeinschätzung (Frage 24) nachgewiesen werden. Die restlichen Gruppenvergleiche mit den genannten Tests bei den Fragen: 11, 18 und 19 ergaben keine signifikanten Unterschiede.

Fazit der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie deuten darauf hin, dass ein allgemeiner Wissensstand sowohl bei Zahnärzt*innen als auch bei Studierenden vorhanden ist. Die subjektive Einschätzung ihres Wissens ordnet sich in einen geringen bis guten Kompetenzbereich ein. Somit kann gesagt werden, dass beide Stichproben über MIH Bescheid wissen und dieses Erkrankungsbild als klinisch relevant betrachten, jedoch sind signifikante Unterschiede und Tendenzen in Bezug auf Wissensstand und der Praxiserfahrung vorhanden.

Bei der Befragung nach bekannten Ursachen gaben 96% der Studierenden genetische Faktoren als Ursache an.

Zahnärzt*innen kreuzten signifikant häufiger Faktoren wie Umweltbedingungen, Medikamenteneinnahmen und akute Erkrankungen des Kindes an. Dieses Ergebnis deutet auf die praktische Erfahrung der Zahnärzt*innen hin. Es kann davon ausgegangen werden, dass der regelmäßige Kontakt mit MIH-Patient*innen in der Praxis, das Anamnesegespräch (zur Patientenhistorie, Ursachenfindung usw.) und die vorgeschriebene Fortbildungspflicht eine bessere Kenntnis über ätiologische Faktoren liefern. Nichtsdestotrotz wurde mittels Summenscore das quantitative Wissen der Gruppen verglichen und zeigte keine Signifikanz. Ebenso nannten

Zahnärzt*innen und Studierende in beinahe gleichen prozentualen Anteilen Ursachen, wie Fluoridexposition und Entwicklungsstörungen, welche im Summenscore als nicht korrekt gewertet wurden. Es lässt vermuten, dass Zahnärzt*innen ein gewisses Bewusstsein gegenüber gewählten Ursachen aufgrund ihrer Berufserfahrung zeigen. Das allgemeine Wissen dagegen unterscheidet sich weder zwischen Studierenden und Zahnärzt*innen noch in der Anzahl der Berufsjahre oder der Universitätszugehörigkeit.

In Anbetracht der klinischen Kriterienkenntnisse und der Anwendung dieser zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Zahnärzt*innen und Studierenden. Zahnärzt*innen sind häufiger in der Lage die entsprechenden MIH-Kriterien in ihrem Praxisalltag zu implizieren, wohingegen Student*innen entweder keine Kenntnis der Befundungskriterien haben oder die Kompetenzen der praktischen Umsetzung fehlen. Schlussfolgernd kann somit gesagt werden, dass das Ausmaß der universitären Lehrveranstaltungen in Bezug auf MIH für die Weitergabe von diagnostischen Kompetenzen nicht ausreicht. Die Berufstätigkeit und der regelmäßige Patientenkontakt führen zu einer notwendigen inhaltlichen Beschäftigung mit dem Thema und schließlich zu einer Verbesserung der diagnostischen Befundung.

Bei der Wahl diverser Behandlungsoptionen zeigte sich ausschließlich bei einer einzelnen Therapieoption ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Zahnärzt*innen nannten häufiger Glasionomerzemente. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass Glasionomerzemente im niedergelassenen Bereich aufgrund ihrer Praktikabilität und ihrer Eigenschaften als provisorisches Restaurationsmaterial häufiger herangezogen werden. Der Summenscore zeigte keine Signifikanz, demnach unterscheidet sich hier das quantitative Wissen der Studierenden und Zahnärzt*innen nicht.

Die Antworten auf die Frage 21, die nach dem Wunsch nach einer umfangreicheren universitären Schulung über MIH fragt, decken sich mit den Ergebnissen der Therapiewahl. Die Mehrheit der Befragten, sowohl Studierende als auch Zahnärzt*innen, äußerte den Wunsch nach einer umfangreicheren Lehre hinsichtlich diverser Behandlungsmöglichkeiten. Mehr als die Hälfte der Studierenden wünschte eine vertiefte Lehre bezüglich der Diagnosestellung. Laut

den Fachleuten des AMIT-Kongresses sollte jeder Behandelnde, der Kinder betreut, davon ausgehen, regelmäßig mit MIH-Fällen konfrontiert zu werden [122].

Die darauffolgende Fragestellung erkundigte sich nach den beeinflussenden Faktoren, die die Wahl des Restaurationsmaterials bestimmen. Der Gruppenvergleich zeigte signifikante Unterschiede. Die Wahl der Therapie wird bei Zahnärzt*innen häufiger durch ihre persönliche Erfahrung und durch Hypersensibilitäten der MIH-Zähne geprägt. Dieses nachvollziehbare Ergebnis entsteht unter anderem durch das häufige Auftreten von Hypersensibilitäten bei MIH-Zähnen [125] und durch die Berufserfahrung und daraus entwickelte Behandlungspräferenzen. Andere Faktoren sowie der Summenscore der gesamten Antwortmöglichkeiten zeigten keine signifikanten Unterschiede. Somit ist die Einschätzung entscheidender Einflussfaktoren von Studierenden und Zahnärzt*innen kongruent.

Die am häufigsten wahrgenommenen Behandlungsschwierigkeiten durch eine Molaren-Incisivi-Hypomineralisation sind laut Zahnärzt*innen restaurative Randgestaltung, ästhetische Aspekte und das Erreichen eines Langzeiterfolges. Studierende finden die größte Herausforderung in der Diagnosestellung. Diese signifikanten Ergebnisse sind vorhersehbar. Studierende sind aufgrund ihrer geringen Praxiserfahrung unsicherer in der Diagnosestellung. Dieser Sachverhalt wird durch die Ergebnisse der Frage 12, „*Haben Sie im Laufe Ihres Studiums Patient*innen mit MIH gesehen und behandelt?*“, gestützt. Hierbei gab die Mehrheit der Student*innen an, MIH-Patient*innen während ihres Studiums nicht gesehen und nicht behandelt zu haben. Dadurch kann das Bewusstsein gegenüber regelmäßig auftretenden Behandlungsschwierigkeiten nicht geschärft sein. Der signifikante Summenscore der Zahnärzt*innen verstärkt diese Tatsache. Praktizierende Zahnärzt*innen sind durch ihren Berufsalltag in der Lage, die durch MIH verursachten Behandlungsschwierigkeiten für ihr Behandlungsvorhaben einzuordnen und abzuschätzen.

Der Großteil der Gesamtstichprobe (68%) scheint interessiert und 21% sehr interessiert an weiterer Forschung und Weiterbildung zu sein. Dementsprechend

besteht erhöhter Bedarf an postgraduellen Fortbildungen und fachlicher Vertiefung im Curriculum vonseiten der Universität während des Zahnmedizinstudiums.

Auf die Frage nach der subjektiven Einschätzung der Sinnhaftigkeit von MIH-Prävalenzstudien in Österreich, gaben 88% einen Bedarf zu sehen, 12% hingegen sahen keine Notwendigkeit. Hauptsächlich praktizierende Zahnärzt*innen, davon 9 von 12 Befragten, lehnten den Wunsch nach Prävalenzstudien ab. Das lässt darauf schließen, dass deren Bewusstsein stärker auf die praxisnahe Behandlung von MIH-Patienten*innen ausgerichtet ist, wohingegen der Nutzen von Prävalenzstudien vor allem für den niedergelassenen Bereich als gering eingestuft wird.

Die individuelle Einstufung der Prävalenzhöhe in Österreich ergab signifikante Unterschiede zwischen Zahnmedizinierenden und Zahnärzt*innen. Zahnärzt*innen schätzten die Prävalenz signifikant höher ein, beide Stichproben bewerten jedoch die Häufigkeit höher. Insgesamt lagen 17 Personen, davon 10 Studierende, im Prävalenzbereich von 7,0% bis 10,9%, welcher von Studien [14,15] beschrieben wurde. Das könnte darauf hindeuten, dass Studierende durch ihre aktuelle universitäre Ausbildung diesbezüglich einen besseren theoretischen Hintergrund haben. Zahnärzt*innen stufen die Prävalenz durch die regelmäßige Konfrontation mit MIH-Fällen höher ein, was einer verzerrten Wahrnehmung der Häufigkeit zugrunde liegen könnte. Andererseits kann dieser Unterschied auch daran liegen, dass tatsächlich die Prävalenz angestiegen ist, und dies von praktizierenden Zahnärzt*innen verstärkt wahrgenommen wird. Einer der Befragten teilte diese Feststellung in der Freitextantwort mit. Dieselbe Thematik wurde beim AMIT-Kongress 2024 diskutiert. Es wurde hinterfragt, ob der beobachtende Prävalenzanstieg auf einen tatsächlichen Zuwachs von MIH-Fällen beruht oder die Sensibilisierung gegenüber Wahrnehmung und Diagnosestellung verbessert wurde [121]. Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass diese erwähnten Studien aus Österreich in den Jahren 2010 [14] und 2018 [15] durchgeführt wurden. Die aktuelle Untersuchung von 2024 [19] vermerkte eine Prävalenz von 17,5% mit schweren Einstufungsformen in Bayern. Da Bayern in unmittelbarer Nähe zu Österreich angrenzt, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Prävalenz in Österreich

auch in diesen Bereich bewegt und es somit mehr MIH-Fälle als in den Jahren zuvor, gibt.

Die aktuelle Bevölkerungsdichte in Österreich, gemäß dem endgültigen Stand vom 01.01.2025, betrug 9.197.213 nach Angaben von „Statistik Austria“ [143]. Anhand dieser Bevölkerungszahl errechnet sich basierend auf der oben angegebenen Prävalenz folgende mathematische Gegebenheit. Es würden zwischen 643.805¹ und 1.002.496² Personen in Österreich mit MIH diagnostiziert werden. Dies würde für die Praxis hypothetisch bedeuten, dass jede*r 9.³ bis 14.⁴ Patient*in in Österreich Defekte an mindestens einem Zahn in Form von Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation aufwiese. Dies würde sich annähernd mit der Aussage von Univ.Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Bekes, dass jede*r achte Patient*in mit MIH betroffen wäre, decken [7]. Gemäß den Worten dieser ist es demzufolge für den täglichen klinischen Alltag von entscheidender Bedeutung, die Diagnosestellung und Behandlungsstrategien von MIH zu kennen und anwenden zu können [7]. Es sollte eine ausreichende universitäre Schulung in Bezug auf MIH erfolgen.

Die Gesamtstichprobe nutzt Großteils Fachliteraturen und Fortbildungskongresse zur Wissenserweiterung für MIH. Beide Ressourcen sind evidenzbasierte Informationsquellen, somit ist diese Art der Wissensbeschaffung sehr positiv zu bewerten.

Vergleich mit ähnlichen Studien

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse mit zwei Studien [131,133] aus dem deutschsprachigen Raum, von 2021 stammend, verglichen. Des Weiteren erfolgt ein Abgleich mit einer Studie aus dem Jahr 2016 [132] zur Bewertung der eigenen Ergebnisse. Letztere ist die einzige Untersuchung, die wie die eigene Pilotstudie, als Stichprobe Zahnärzt*innen und Zahnmedizinstudierende herangezogen hat.

¹ Untere Grenze (7,0% Prävalenz): $9.197.213 \times 0,07 \approx 643.805$ Personen

² Obere Grenze (10,9% Prävalenz): $9.197.213 \times 0,109 \approx 1.002.496$ Personen

³ Verhältnis (10,9% Prävalenz): $9.197.213 \div 1.002.496 \approx 9$

⁴ Verhältnis (7,0% Prävalenz): $9.197.213 \div 643.805 \approx 14$

Bekes et al. [131] untersuchte den Wissensstand und die Praxiserfahrung von Zahnmedizinierenden der Medizinischen Universität Wien. Vergleicht man die Ergebnisse der eigenen Studie mit jenen von Bekes et al. ergeben sich ähnliche Tendenzen zwischen den Studierenden in Graz und Wien. 88% (n = 81) der Student*innen in Wien und 96% (n = 46) der Studierenden in Graz kannten den Begriff MIH und lernten hauptsächlich darüber in Lehrveranstaltungen. 86% der Befragten in Wien wussten über die klinischen Kriterien zur Befundung von MIH Bescheid, jedoch 23% konnten diese anwenden. In Vergleich dazu konnten ausschließlich 4% der Student*innen in Graz diese einordnen. Studierende aus Wien und Graz gaben „genetische Faktoren“ als häufigsten ätiologischen Faktor an. Nach Fluoridbehandlungen und Versiegelungen, waren Kompositversorgungen (Hybridcomposit, flowable Composit) die Wahl der Therapie bei den Grazer Studierenden. Ebenfalls nannten die Wiener Student*innen diese am häufigsten. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Ergebnisse der Studie von Bekes et al. [131] und der eigenen Pilotstudie in ihrer Gesamtheit nicht unterscheiden. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Curricula und Ausbildungsinhalte der beiden Hochschulen aufgrund derselben nationalen Bildungsstandards sowie der staatlichen Organisation nicht oder wenig unterscheiden. Die Medizinische Universität Wien hat nach der erfolgten Studie die Ergebnisse mit der Studienplankommission besprochen, um MIH im Lernplan intensiver zu integrieren [131]. Es ist somit denkbar, dass der aktuelle Wissensstand der Wiener Studierenden von 2025 höher ist als jener der Grazer Student*innen. Um das feststellen zu können, bedarf es jedoch einer neuen aktuellen österreichweiten Untersuchung.

Die Studie von Elhennawy et al. [133] befragte 877 Student*innen von 22 verschiedenen deutschen zahnmedizinischen Universitäten. Der Begriff MIH war der Mehrheit der Studierenden (96%) bekannt und 37% dieser konnten die klinischen Kriterien von MIH in der Praxis umsetzen. Die meistgewählte Antwort bezüglich der Ursachen war „genetische Faktoren“ (67%). Zu den am häufigsten genannten Therapieoptionen zählten ebenfalls Kompositrestaurationen. Auch die Ergebnisse von Elhennawy et al. stellten die Unsicherheiten bei der Diagnosestellung und Behandlung von MIH der Studierenden dar. Diese Daten sind mit der aktuellen Studie deckungsgleich. Die Ergebnisse der Untersuchung von

Elhennawy et al. wiesen auf die Notwendigkeit der prä- und postgraduellen Weiterbildung und praxisorientierter Integration hin [133].

Silva et al. [132] untersuchten anhand von 203 beantworteten Fragebögen von Zahnärzt*innen und 149 von Studierenden den Wissensstand über MIH in Saudi-Arabien. In dieser Untersuchung kreuzten sowohl Zahnärzt*innen als auch Zahnmedizinstudierende am häufigsten genetische Faktoren als Ursache an. Die Mehrheit der Zahnärzt*innen wünschte die klinische Schulung von Therapieoptionen, wohingegen Studierende hinsichtlich Diagnosestellung eine Weiterbildung wünschten. Die Therapiewahl der saudi-arabischen Zahnärzt*innen war primär Kompositversorgungen, Stahlkronen und GIZ. Die Wahl der Studierenden traf auf GIZ und Komposite. Die Ergebnisse sind ähnlich und vergleichbar mit den steirischen Zahnmediziner*innen. Deren Auswahl erfolgte in absteigender Häufigkeit: Fluoridbehandlung > flowable Composit > Versiegelungen und prothetische Versorgungen > Hybridcomposite usw.

Insgesamt stoßen Silvia et al. [132] auf dieselben Erkenntnisse wie die eigene Pilotstudie. Zahnärzt*innen wissen aufgrund ihrer praktisch-klinischen Erfahrung mehr über das Handling von MIH als Studierende. Allerdings bestätigen die Daten, dass hinsichtlich des theoretischen Wissensstandes kein signifikanter Unterschied besteht. Saudi-arabische Studierende verfügen in theoretischen Aspekten, wie Ursachenkenntnis, über ausgeprägtes Wissen im Vergleich zu Zahnärzt*innen.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Vergleiche der Studien miteinander bestätigen, dass ein allgemeiner Wissensstand zu MIH sowohl bei Zahnärzt*innen als Studierenden existiert. Studierende sind Großteils mit der Diagnosestellung und den Behandlungsoptionen überfordert. Beide Gruppen wünschen sich primär tiefreichende Schulungen hinsichtlich Therapieoptionen.

Hypothesenbeurteilung

Die aufgestellte Nullhypothese postulierte, dass kein Wissensunterschied über MIH zwischen den beiden Gruppen in der Steiermark besteht. Diese konnte in folgenden Bereichen nicht bestätigt werden: das Bewusstsein einzelner Ursachen, bei der Kriterienkenntnissen, bei Behandlungsschwierigkeiten, den Einflussfaktoren bei

Materialwahl und der Prävalenzeinschätzung. Hierbei trifft die Alternativhypothese, welche behauptet, dass ein signifikanter Unterschied im Wissen besteht, zu.

In den Summenscores (Ursachen, Therapieoptionen, Einflussfaktoren bei Materialwahl) gab es keine signifikanten Unterschiede – hier bleibt die Nullhypothese bestehen.

Insgesamt zeigen Zahnärzt*innen und Zahnmedizinstudierende vergleichbare Wissensstände, wohingegen sich diese in speziellen Themenbereichen, in ihrer Erfahrung und Anwendungstiefe unterscheiden.

Stärken, Schwächen und Limitationen dieser Studie

Eine wesentliche Stärke dieser Pilotstudie ist der methodisch standardisierte Fragebogen, der bereits in ähnlichen Studien eingesetzt wurde. Dieser kam bei 2 Studien [131,133] in Wien und Deutschland zum Einsatz. Es besteht erstmals die Möglichkeit den Wissensstand zwischen Studierenden der Medizinischen Universität Wien und Graz zu vergleichen. Des Weiteren sind die Daten von Deutschland, Österreich und den anderen internationalen Ländern vergleichbar und übertragbar.

Der Neuigkeitswert und eine weitere Stärke der Studie sind, dass sowohl Zahnmedizinstudierende als auch praktizierende Zahnärzt*innen bei der Befragung teilnahmen. Dadurch konnte man die Praxiserfahrung in Bezug auf die Berufserfahrung und die Wissenslücken der jeweiligen Gruppen miteinander vergleichen.

Die Fallzahl ($n = 100$) reduziert und limitiert die Signifikanz dieser Studie. Eine Limitation besteht in der Verbreitung des Fragebogens über per E-Mail versandte Links bzw. QR-Codes. Laut Bundeskriminalamt Österreich steigen die Zahlen der Cyberkriminalität die letzten Jahre stark an. 2023 sprach man von einem Anstieg von 9,4%. Arten der Cyberkriminalitäten seien unter anderem Phishing-E-Mails mittels Link-Versendung und der Download von „Fake-PDFs“ [144]. Diese Tatsache kann die Ursache der geringen Beteiligungsquote der niedergelassenen Zahnärzt*innen sein. Die E-Mail-Versendung des Fragebogens erfolgte mit der universitätsinternen E-Mail-Adresse der Diplomantin. Im Anhang dieser Mail befand sich die Einladung zur Teilnahme als PDF-Version (siehe S. 123).

Diese Erklärung kann jedoch nicht bei den Zahnmediziner*innen der Zahnklinik Graz herangezogen werden, da die Aussendung mithilfe des Studierendensekretariats Zahnmedizin erfolgte. Eine weitere Limitation ist die Annahme, dass die Student*innen gezielt die korrekten und „erwünschten“ Antworten ankreuzten. Da den Teilnehmenden bewusst war, dass die Ergebnisse der Fragebogenstudie ausgewertet und im Rahmen der Diplomprüfung an der Medizinischen Universität Graz präsentiert werden, ist anzunehmen, dass sie bemüht waren, einen positiven Eindruck zu hinterlassen. Dieser Grund könnte auch die geringe Rückantwortquote vonseiten der Student*innen erklären. Die Einschlusskriterien wurden auf Zahnmediziner*innen (Zahnmedizinstudierende und Zahnärzt*innen) in der Steiermark eingegrenzt, um eine einheitliche Studienpopulation zu generieren. Es wurde vermutet, dass die Mehrheit der in der Steiermark praktizierenden Zahnärzt*innen an der Medizinischen Universität Graz ausgebildet wurde bzw. Absolvent*innen der Medizinischen Universität Graz zum Großteil in der Steiermark verbleiben. Für zukünftige ähnliche Studien wäre es für die Erhöhung der Aussagekraft empfehlenswert, die Studienpopulation auf Österreich gesamt auszuweiten. Infolgedessen könnte man den Wissensstand und die Praxiserfahrungen gemessen an den Curricula der österreichischen Universitäten reflektieren und vergleichen. Des Weiteren wäre es empfehlenswert, wenn bei der Befragung der Zahnärzt*innen auf deren Spezialisierung, wie in der Studie von Silva et al. [132], eingegangen wird. Dann könnte das Kenntnisniveau anhand der unterschiedlichen Spezialisierungen (Kieferorthopädie, Oralchirurgie, Kinderzahnheilkunde, restaurative Zahnheilkunde, Parodontologie, Endodontologie usw.) analysiert werden.

5 Schlussfolgerung

Das festgelegte Forschungsziel dieser Studie war es, den Wissensstand und die entsprechende Praxiserfahrung von Zahnmedizinierenden und Zahnärzt*innen in der Steiermark hinsichtlich MIH zu untersuchen. Es wurde versucht die Kenntnisse über diese Erkrankung gemessen an Studierenden und bereits praktizierenden Zahnärzt*innen zu untersuchen, um herauszufinden, ob eine optimale, leitlinien-gerechte Versorgung gewährleistet werden kann. Studierende werden ausgebildet, um in der Peripherie, im niedergelassenen Bereich eine adäquate Patientenversorgung durchführen zu können.

Jeder, der in der allgemeinen Zahnheilkunde tätig ist, wird regelmäßig mit Kindern und somit mit MIH-Fällen im Laufe der Berufsausübung konfrontiert werden [121].

Die Ergebnisse zeigten, dass prä- und postgraduelle Fortbildungen hinsichtlich MIH notwendig sind, um eine optimale Patientenversorgung anbieten zu können. Die Gesamtheit der Zahnmediziner*innen ist an dieser weiterführenden Schulung und Fortbildung, insbesondere an diversen Therapieoptionen zu MIH interessiert. Daraus ergibt sich die Pflicht der jeweiligen Universitäten, die MIH-relevanten Inhalte in deren Studienplänen zu integrieren. Weiters sind zahnmedizinische Fachgesellschaften aufgefordert, evidenzbasierte Informationen zu übermitteln, um die patientengerechte Behandlung zu ermöglichen. Eine Möglichkeit der Wissenserweiterung stellt der AMIT-Kongress [122] dar.

Schlussendlich liegt die Verantwortung bei der*m Zahnmediziner*in selbst, sich das notwendige Wissen anzueignen. Nichtsdestotrotz muss vonseiten der universitären Ausbildung eine tiefreichende Schulung über MIH geboten werden. Diese Meinung teilen sich ebenso die Autor*innen der genannten Studien [131–133]. Die Ergebnisse der Studie im Rahmen dieser Diplomarbeit könnten einen Impuls geben, MIH-Aspekte, vor allem hinsichtlich Diagnosestellung und Therapiemöglichkeiten, in den Lernzielkatalog des Zahnmedizincurriculums zu verankern, wie bei Bekes et al. [131].

Literaturverzeichnis

- [1] Lüllmann-Rauch R, Asan E. Taschenlehrbuch Histologie. 6. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019. <https://doi.org/10.1055/b-006-163361>.
- [2] Moore KL, Torchia MG. Haut und Hautanhangsorgane, Brustdrüsen und Zähne. In: Moore KL, Torchia MG, editors. Embryologie. 6. Auflage 2013, Elsevier GmbH; 2013, p. 533–54. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-3-437-41113-7.00020-5>.
- [3] Radlanski RJ. Orale Struktur- und Entwicklungsbiologie. Berlin: Quintessenz-Verlag-GmbH; 2011.
- [4] Hartmann M, Pabst M-A, Dohr G. Zytologie, Histologie, und Mikroskopische Anatomie. 5. Auflage. facultas.wuv; 2011.
- [5] Hellwig E, Schärfer E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. 7. Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2018.
- [6] Mahoney EK, Farah R. Molar Incisor Hypomineralization: Structure, Composition, and Properties. In: Drummond BK, Kilpatrick N, editors. Planning and Care for Children and Adolescents with Dental Enamel Defects, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015, p. 73–101. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44800-7>.
- [7] Bekes K. Molaren Inzisiven Hypomineralisation. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2021.
- [8] Weerheijm KL, Jälevik B, Alaluusua S. Molar-incisor hypomineralisation. Caries Res 2001;35:390–1. <https://doi.org/10.1159/000047479>.
- [9] Koch G, Hallonsten AL, Ludvigsson N, Hansson BO, Holst A, Ullbro C. Epidemiologic study of idiopathic enamel hypomineralization in permanent teeth of Swedish children. Community Dent Oral Epidemiol 1987;15:279–85. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.1987.tb00538.x>.
- [10] Weerheijm KL, Duggal M, Mejäre I, Papagiannoulis L, Koch G, Martens LC, et al. 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 2003;4:110–3.

- [11] Hernandez M, Boj J, Espasa E. Do We Really Know the Prevalence of MIH? *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2016;40:259–63.
<https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.4.259>.
- [12] Schwendicke F, Elhennawy K, Reda S, Bekes K, Manton DJ, Krois J. Global burden of molar incisor hypomineralization. *J Dent* 2018;68:10–8. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.12.002>.
- [13] Schwendicke F, Elhennawy K, Reda S, Bekes K, Manton DJ, Krois J. Corrigendum to “Global burden of molar incisor hypomineralization” [*J. Dent.* 68C (2018) 10–18]. *J Dent* 2019;80:89–92.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.11.006>.
- [14] Hasenauer L, Vogelsberger M, Bürkle V, Grunert I, Meißner N. Prävalenz und Ausprägung der Molar Incisor Hypomineralisation (MIH) in Salzburg und Tirol und ein Beitrag zur Erforschung der Ursachen. *Stomatologie* 2010;107:43–50.
<https://doi.org/10.1007/s00715-010-0118-5>.
- [15] Buchgraber B, Kqiku L, Ebeleseder KA. Molar incisor hypomineralization: proportion and severity in primary public school children in Graz, Austria. *Clin Oral Investig* 2018;22:757–62.
<https://doi.org/10.1007/s00784-017-2150-y>.
- [16] Dietrich G, Sperling S, Hetzer G. Molar incisor hypomineralisation in a group of children and adolescents living in Dresden (Germany). *Eur J Paediatr Dent* 2003;4:133–7.
- [17] Petrou MA, Giraki M, Bissar A-R, Wempe C, Schäfer M, Schiffner U, et al. Molaren-Inzisiven-Hypo-mineralisation (MIH): Prävalenz und Therapie-bedarf in Deutschland. *Dtsch Zahnärztl Z* 2014;69:647–50.
<https://doi.org/10.3238/dzz.2014.0647-0650>.
- [18] Petrou MA, Giraki M, Bissar AR, Basner R, Wempe C, Altarabulsi MB, et al. Prevalence of Molar-Incisor-Hypomineralisation among school children in four German cities. *Int J Paediatr Dent* 2014;24:434–40.
<https://doi.org/10.1111/ipd.12089>.
- [19] Fresen K-F, Gaballah R, Schill HI, Amend S, Sarpari K, Pitchika V, et al. Prevalence and Association of Caries and Enamel Hypomineralisation/Molar-Incisor Hypomineralisation in 8- to 10-Year-

- Old Children from Bavaria, Germany. *Caries Res* 2024;1–11.
<https://doi.org/10.1159/000541351>.
- [20] Abdelaziz M, Krejci I, Banon J. Prevalence of Molar Incisor Hypomineralization in over 30,000 Schoolchildren in Switzerland. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2022;46:1–5.
<https://doi.org/10.17796/1053-4625-46.1.1>.
- [21] Grieshaber A, Waltimo T, Haschemi AA, Erb J, Steffen R, Bornstein MM, et al. Prevalence of and factors associated with molar-incisor hypomineralisation in schoolchildren in the canton of Basel-Landschaft, Switzerland. *Clin Oral Investig* 2022;27:871–7.
<https://doi.org/10.1007/s00784-022-04648-x>.
- [22] Nisii F, Mazur M, De Nuccio C, Martucci C, Spuntarelli M, Labozzetta S, et al. Prevalence of molar incisor hypomineralization among school children in Rome, Italy. *Sci Rep* 2022;12.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10050-0>.
- [23] Jurlina D, Uzarevic Z, Ivanisevic Z, Matijevic N, Matijevic M. Prevalence of molar–incisor hypomineralization and caries in eight-year-old children in Croatia. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176358>.
- [24] Grošelj M, Jan J. Molar incisor hypomineralisation and dental caries among children in Slovenia. *Eur J Paediatr Dent* 2013;14:241–5.
- [25] Schroeder HE. *Pathobiologie oraler Strukturen: Zähne, Pulpa, Parodont*. 3. Auflage. Basel: S. Karger AG; 1997.
- [26] Silva MJ, Scurrah KJ, Craig JM, Manton DJ, Kilpatrick N. Etiology of molar incisor hypomineralization – A systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol* 2016;44:342–53.
<https://doi.org/10.1111/cdoe.12229>.
- [27] Garot E, Rouas P, Somani C, Taylor GD, Wong F, Lygidakis NA. An update of the aetiological factors involved in molar incisor hypomineralisation (MIH): a systematic review and meta-analysis. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2022;23:23–38.
<https://doi.org/10.1007/s40368-021-00646-x>.
- [28] Weerheijm KL, Elfrink MEC, Kilpatrick N. Molar Incisor Hypomineralization and Hypomineralized Second Primary Molars:

Diagnosis, Prevalence, and Etiology. In: Drummond B, Kilpatrick N, editors. *Planning and Care for Children and Adolescents with Dental Enamel Defects*. 1st ed., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015, p. 31–44.

- [29] Lygidakis NA, Dimou G, Marinou D. Molar-Incisor-Hypomineralisation (MIH). A retrospective clinical study in Greek children. II. Possible medical aetiological factors. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2008;9:207–17. <https://doi.org/10.1007/BF03262637>.
- [30] Bagattoni S, Carli E, Gatto MR, Gasperoni I, Piana G, Lardani L. Predisposing factors involved in the aetiology of Molar Incisor Hypomineralization: a case-control study. *Eur J Paediatr Dent* 2022;23:116–20. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2022.23.02.13>.
- [31] Juárez-López MLA, Salazar-Treto LV, Hernández-Monjaraz B, Molina-Frecheró N. Etiological Factors of Molar Incisor Hypomineralization: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dent J (Basel)* 2023;11:111. <https://doi.org/10.3390/dj11050111>.
- [32] Fatturi AL, Wambier LM, Chibinski AC, Assunção LR da S, Brancher JA, Reis A, et al. A systematic review and meta-analysis of systemic exposure associated with molar incisor hypomineralization. *Community Dent Oral Epidemiol* 2019;47:407–15. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12467>.
- [33] Lee D-W, Kim Y-J, Oh Kim S, Choi SC, Kim J, Lee JH, et al. Factors Associated with Molar-Incisor Hypomineralization: A Population-Based Case-Control Study. *Pediatr Dent* 2020;42:134–40.
- [34] Verma S, Dhinsa K, Tripathi AM, Saha S, Yadav G, Arora D. Molar Incisor Hypomineralization: Prevalence, Associated Risk Factors, Its Relation with Dental Caries and Various Enamel Surface Defects in 8–16-year-old Schoolchildren of Lucknow District. *Int J Clin Pediatr Dent* 2022;15:1–8. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2088>.
- [35] Mishra A, Pandey RK. Molar Incisor Hypomineralization: An Epidemiological Study with Prevalence and Etiological Factors in Indian Pediatric Population. *Int J Clin Pediatr Dent* 2016;9:167–71. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1357>.

- [36] Rai A, Singh A, Menon I, Singh J, Rai V, Aswal GS. Molar Incisor Hypomineralization: Prevalence and Risk Factors Among 7-9 Years Old School Children in Muradnagar, Ghaziabad. *Open Dent J* 2018;12:714–22. <https://doi.org/10.2174/1745017901814010714>.
- [37] Ghanim A, Manton D, Bailey D, Mariño R, Morgan M. Risk factors in the occurrence of molar–incisor hypomineralization amongst a group of Iraqi children. *Int J Paediatr Dent* 2013;23:197–206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2012.01244.x>.
- [38] Dulay AT. Präeklampsie und Eklampsie. Heidelberg: MSD Manual, Ausgabe für Patienten 2024. <https://www.msmanuals.com/de/heim/gesundheitsprobleme-von-frauen/schwangerschaftskomplikationen/präeklampsie-und-eklampsie> (accessed June 16, 2025).
- [39] Pitiphat W, Luangchaichaweng S, Pungchanchaikul P, Angwaravong O, Chansamak N. Factors associated with molar incisor hypomineralization in Thai children. *Eur J Oral Sci* 2014;122:265–70. <https://doi.org/10.1111/eos.12136>.
- [40] Jälevik B, Norén JG, Klingberg G, Barregård L. Etiologic factors influencing the prevalence of demarcated opacities in permanent first molars in a group of Swedish children. *Eur J Oral Sci* 2001;109:230–4. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2001.00047.x>.
- [41] Sönmez H, Yıldırım G, Bezgin T. Putative factors associated with molar incisor hypomineralisation: an epidemiological study. *Eur Arch Paediatr Dent* 2013;14:375–80. <https://doi.org/10.1007/s40368-013-0012-0>.
- [42] Fagrell TG, Ludvigsson J, Ullbro C, Lundin S-Å, Koch G. Aetiology of severe demarcated ena- mel opacities– an evaluation based on prospective medical and social data from 17,000 children. *Swed Dent J* 2011:57–67.
- [43] Allazzam SM, Alaki SM, El Meligy OAS. Molar Incisor Hypomineralization, Prevalence, and Etiology. *Int J Dent* 2014;2014:1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/234508>.
- [44] Souza JF, Costa-Silva CM, Jeremias F, Santos-Pinto L, Zuanon ACC, Cordeiro RCL. Molar Incisor Hypomineralisation: Possible aetiological

- factors in children from urban and rural areas. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2012;13:164–70.
<https://doi.org/10.1007/BF03262865>.
- [45] Whatling R, Fearne JM. Molar incisor hypomineralization: a study of aetiological factors in a group of UK children. *Int J Paediatr Dent* 2008;18:155–62. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2007.00901.x>.
- [46] Ilczuk-Rypuła D, Zalewska M, Pietraszewska D, Dybek A, Nitecka-Buchta A, Postek-Stefańska L. Prevalence and Possible Etiological Factors of Molar-Incisor Hypomineralization (MIH) in Population of Silesian Children in Poland: A Pilot Retrospective Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19:8697.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19148697>.
- [47] Mariam S, Goyal A, Dhareula A, Gauba K, Bhatia SK, Kapur A. A case–controlled investigation of risk factors associated with molar incisor hypomineralization (MIH) in 8–12 year-old children living in Chandigarh, India. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2022;23:97–107. <https://doi.org/10.1007/s40368-021-00665-8>.
- [48] Wu X, Wang J, Li Y, Yang Z, Zhou Z. Association of molar incisor hypomineralization with premature birth or low birth weight: systematic review and meta-analysis. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine* 2020;33:1700–8.
<https://doi.org/10.1080/14767058.2018.1527310>.
- [49] Arrow P. Risk factors in the occurrence of enamel defects of the first permanent molars among schoolchildren in Western Australia. *Community Dent Oral Epidemiol* 2009;37:405–15.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2009.00480.x>.
- [50] Durmus B, Abbasoglu Z, Peker S, Kargul B. Possible Medical Aetiological Factors and Characteristics of Molar Incisor Hypomineralisation in a Group of Turkish Children. *Acta Stomatol Croat* 2013;47:297–305. <https://doi.org/10.15644/asc47/4/1>.
- [51] Beentjes VE, Weerheijm KL, Groen HJ. Factors involved in the aetiology of molar-incisor hypomineralisation (MIH). *Eur J Paediatr Dent* 2002;3:9–13.

- [52] Sönmez H, Yıldırım G, Bezgin T. Putative factors associated with molar incisor hypomineralisation: an epidemiological study. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2013;14:375–80. <https://doi.org/10.1007/s40368-013-0012-0>.
- [53] Stahlmann R, Lode H, Barth H, Käser L-M. Antiinfektive Therapie. In: Aktories K, Flockerzi V, Förstermann U, Hofmann F, editors. *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*, 2022, p. 765–895. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-3-437-42622-3.00033-5>.
- [54] Laisi S, Ess A, Sahlberg C, Arvio P, Lukinmaa PL, Alaluusua S. Amoxicillin may cause molar incisor hypomineralization. *J Dent Res* 2009;88:132–6. <https://doi.org/10.1177/0022034508328334>.
- [55] Wogelius P, Haubek D, Nechifor A, Nørgaard M, Tvedebrink T, Poulsen S. Association between use of asthma drugs and prevalence of demarcated opacities in permanent first molars in 6-to-8-year-old Danish children. *Community Dent Oral Epidemiol* 2010;38:145–51. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2009.00510.x>.
- [56] Loli D, Costacurta M, Maturo P, Docimo R. Correlation between aerosol therapy in early childhood and Molar Incisor Hypomineralisation. *Eur J Paediatr Dent* 2015;16:73–7.
- [57] Wogelius P, Viuff JH, Haubek D. Use of asthma drugs and prevalence of molar incisor hypomineralization. *Int J Paediatr Dent* 2020;30:734–40. <https://doi.org/10.1111/ipd.12655>.
- [58] Muñoz J, Alvarado-Lorenzo A, Criado-Pérez L, Antonio-Zancajo L, Curto D, Gómez-Polo C, et al. Influence of maternal health status during pregnancy and the child's medical history on molar-incisor hypomineralization in a group of Spanish children (aged 6–14 years): a retrospective case-control study. *BMC Oral Health* 2024;24:1252. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-05065-0>.
- [59] Knutsen HK, Alexander J, Barregård L, Bignami M, Brüscheweiler B, Ceccatelli S, et al. Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal* 2018;16. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>.

- [60] Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, et al. The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. *Toxicological Sciences* 2006;93:223–41. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055>.
- [61] Alaluusua S, Lukinmaa P, Koskimies M, Pirinen S, Hölttä P, Kallio M, et al. Developmental dental defects associated with long breast feeding. *Eur J Oral Sci* 1996;104:493–7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1996.tb00131.x>.
- [62] World Health Organization, United Nations Children’s Fund (UNICEF). Innocenti Declaration on the Protection, Promotion and Support of Breastfeeding. World Health Organization and United Nations Children’s Fund 1990. <https://worldbreastfeedingweek.org/2018/wp-content/uploads/2018/07/1990-Innocenti-Declaration.pdf> (accessed June 17, 2025).
- [63] World Health Organization. Infant and young child feeding. World Health Organization 2023. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding> (accessed June 17, 2025).
- [64] Partanen AM, Alaluusua S, Miettinen PJ, Thesleff I, Tuomisto J, Pohjanvirta R, et al. Epidermal growth factor receptor as a mediator of developmental toxicity of dioxin in mouse embryonic teeth. *Lab Invest* 1998;78:1473–81.
- [65] Jan J, Vrbič V. Polychlorinated Biphenyls Cause Developmental Enamel Defects in Children. *Caries Res* 2000;34:469–73. <https://doi.org/10.1159/000016625>.
- [66] Laisi S, Kiviranta H, Lukinmaa PL, Vartiainen T, Alaluusua S. Molar-Incisor-Hypomineralisation and Dioxins: New Findings. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2008;9:224–7. <https://doi.org/10.1007/BF03262639>.
- [67] Lambré C, Barat Baviera JM, Bolognesi C, Chesson A, Cocconcelli PS, Crebelli R, et al. Re-evaluation of the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. *EFSA Journal* 2023;21. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.6857>.

- [68] Jedeon K, De la Dure-Molla M, Brookes SJ, Liodice S, Marciano C, Kirkham J, et al. Enamel Defects Reflect Perinatal Exposure to Bisphenol A. *Am J Pathol* 2013;183:108–18.
<https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2013.04.004>.
- [69] Jedeon K, Liodice S, Marciano C, Vinel A, Canivenc Lavier M-C, Berdal A, et al. Estrogen and Bisphenol A Affect Male Rat Enamel Formation and Promote Ameloblast Proliferation. *Endocrinology* 2014;155:3365–75. <https://doi.org/10.1210/en.2013-2161>.
- [70] Rubin BS. Bisphenol A: an endocrine disruptor with widespread exposure and multiple effects. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2011;127:27–34. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2011.05.002>.
- [71] Beronius A, Rudén C, Håkansson H, Hanberg A. Risk to all or none? A comparative analysis of controversies in the health risk assessment of Bisphenol A. *Reproductive Toxicology* 2010;29:132–46.
<https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2009.11.007>.
- [72] Richter CA, Birnbaum LS, Farabollini F, Newbold RR, Rubin BS, Talsness CE, et al. In vivo effects of bisphenol A in laboratory rodent studies. *Reproductive Toxicology* 2007;24:199–224.
<https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2007.06.004>.
- [73] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Zusammenhang zwischen “Kreidezähnen” bei Kindern (Molar-Incisor-Hypomineralisation, MIH) und der Aufnahme von Bisphenol A ist nach derzeitigem Stand des Wissens unwahrscheinlich. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) 2018:1–7. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/zusammenhang-zwischen-kreidezahnen-bei-kindern-und-der-aufnahme-von-bisphenol-a-ist-nach-derzeitigem-stand-des-wissens-unwahrscheinlich.pdf> (accessed July 23, 2024).
- [74] Hossein-nezhad A, Holick MF. Vitamin D for Health: A Global Perspective. *Mayo Clin Proc* 2013;88:720–55.
<https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.05.011>.
- [75] Abou Neel E, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young A, et al. Demineralization - remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine* 2016;Volume 11:4743–63.
<https://doi.org/10.2147/IJN.S107624>.

- [76] Dhamo B, Miliku K, Voortman T, Tiemeier H, Jaddoe VW, Wolvius EB, et al. The Associations of Maternal and Neonatal Vitamin D with Dental Development in Childhood. *Curr Dev Nutr* 2019;3:nzy100. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzy100>.
- [77] Limeback H, Schlumbohm C, Sen A, Nikiforuk G. The Effects of Hypocalcemia/Hypophosphatemia on Porcine Bone and Dental Hard Tissues in an Inherited Form of Type 1 Pseudo-Vitamin D Deficiency Rickets. *J Dent Res* 1992;71:346–52. <https://doi.org/10.1177/00220345920710020101>.
- [78] Berdal A, Balmain N, Cuisinier-Gleizes P, Mathieu H. Histology and microradiography of earlypost-natal molar tooth development in vitamin-D deficient rats. *Arch Oral Biol* 1987;32:493–8. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(87\)80010-9](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(87)80010-9).
- [79] Zhang X, Rahemtulla FG, MacDougall MJ, Thomas HF. Vitamin D receptor deficiency affects dentin maturation in mice. *Arch Oral Biol* 2007;52:1172–9. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2007.06.010>.
- [80] van der Tas JT, Elfrink MEC, Heijboer AC, Rivadeneira F, Jaddoe VWV, Tiemeier H, et al. Foetal, neonatal and child vitamin D status and enamel hypomineralization. *Community Dent Oral Epidemiol* 2018;46:343–51. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12372>.
- [81] Kühnisch J, Thiering E, Kratzsch J, Heinrich-Weltzien R, Hickel R, Heinrich J, et al. Elevated Serum 25(OH)-Vitamin D Levels Are Negatively Correlated with Molar-Incisor Hypomineralization. *J Dent Res* 2015;94:381–7. <https://doi.org/10.1177/0022034514561657>.
- [82] van der Tas JT, Elfrink MEC, Heijboer AC, Rivadeneira F, Jaddoe VWV, Tiemeier H, et al. Foetal, neonatal and child vitamin D status and enamel hypomineralization. *Community Dent Oral Epidemiol* 2018;46:343–51. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12372>.
- [83] Nørrisgaard PE, Haubek D, Kühnisch J, Chawes BL, Stokholm J, Bønnelykke K, et al. Association of High-Dose Vitamin D Supplementation During Pregnancy With the Risk of Enamel Defects in Offspring. *JAMA Pediatr* 2019;173:924. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.2545>.

- [84] Leppäniemi A, Lukinmaa PL, Alaluusua S. Nonfluoride hypomineralizations in the permanent first molars and their impact on the treatment need. *Caries Res* 2001;35:36–40.
<https://doi.org/10.1159/000047428>.
- [85] Dulla JA, Meyer-Lückel H. Molar-incisor hypomineralisation: narrative review on etiology, epidemiology, diagnostics and treatment decision. *SWISS DENTAL JOURNAL SSO – Science and Clinical Topics* 2021;131:886–95. <https://doi.org/10.61872/sdj-2021-11-763>.
- [86] Weerheijm KL. Molar Incisor Hypomineralization (MIH): Clinical Presentation, Aetiology and Management. *Dent Update* 2004;31:9–12.
<https://doi.org/10.12968/denu.2004.31.1.9>.
- [87] Jälevik B, Norén JG. Enamel hypomineralization of permanent first molars: a morphological study and survey of possible aetiological factors. *Int J Paediatr Dent* 2000;10:278–89.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-263x.2000.00210.x>.
- [88] Crombie FA, Manton DJ, Palamara JEA, Zalizniak I, Cochrane NJ, Reynolds EC. Characterisation of developmentally hypomineralised human enamel. *J Dent* 2013;41:611–8.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.05.002>.
- [89] Fagrell TG, Salmon P, Melin L, Norén JG. Onset of molar incisor hypomineralization (MIH). *Swed Dent J* 2013;37:61–70.
- [90] Jorge RC, Reis PPG dos, Soviero VM. Understanding the Enamel Disintegration and Posteruptive Breakdown of Demarcated Opacities on Molar Incisor Hypomineralisation, 2024, p. 88–99.
<https://doi.org/10.1159/000538871>.
- [91] Jälevik B, Dietz W, Norén JG. Scanning electron micrograph analysis of hypomineralized enamel in permanent first molars. *Int J Paediatr Dent* 2005;15:233–40. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2005.00644.x>.
- [92] Elhennawy K, Manton DJ, Crombie F, Zaslansky P, Radlanski RJ, Jost-Brinkmann PG, et al. Structural, mechanical and chemical evaluation of molar-incisor hypomineralization-affected enamel: A systematic review. *Arch Oral Biol* 2017;83:272–81.
<https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.08.008>.

- [93] Xie Z, Kilpatrick NM, Swain M V., Munroe PR, Hoffman M. Transmission electron microscope characterisation of molar-incisor-hypomineralisation. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19:3187–92. <https://doi.org/10.1007/s10856-008-3441-2>.
- [94] Chan YL, Ngan AHW, King NM. Degraded prism sheaths in the transition region of hypomineralized teeth. *J Dent* 2010;38:237–44. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.11.003>.
- [95] Fagrell TG, Dietz W, Jälevik B, Norén JG. Chemical, mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars. *Acta Odontol Scand* 2010;68:215–22. <https://doi.org/10.3109/00016351003752395>.
- [96] Bozal CB, Kaplan A, Ortolani A, Cortese SG, Biondi AM. Ultrastructure of the surface of dental enamel with molar incisor hypomineralization (MIH) with and without acid etching. *Acta Odontol Latinoam* 2015;28:192–8. <https://doi.org/10.1590/S1852-48342015000200016>.
- [97] Mahoney EK, Rohanizadeh R, Ismail FSM, Kilpatrick NM, Swain MV. Mechanical properties and microstructure of hypomineralised enamel of permanent teeth. *Biomaterials* 2004;25:5091–100. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2004.02.044>.
- [98] Farah R, Drummond B, Swain M, Williams S. Linking the clinical presentation of molar-incisor hypomineralisation to its mineral density. *Int J Paediatr Dent* 2010;20:353–60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2010.01061.x>.
- [99] Farah RA, Monk BC, Swain M V., Drummond BK. Protein content of molar–incisor hypomineralisation enamel. *J Dent* 2010;38:591–6. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.04.012>.
- [100] Mangum JE, Crombie FA, Kilpatrick N, Manton DJ, Hubbard MJ. Surface Integrity Governs the Proteome of Hypomineralized Enamel. *J Dent Res* 2010;89:1160–5. <https://doi.org/10.1177/0022034510375824>.
- [101] Malmberg P, Norén JG, Bernin D. Molecular insights into hypomineralized enamel. *Eur J Oral Sci* 2019;127:340–6. <https://doi.org/10.1111/eos.12619>.

- [102] Mahoney E, Ismail FSM, Kilpatrick N, Swain M. Mechanical properties across hypomineralized/hypoplastic enamel of first permanent molar teeth. *Eur J Oral Sci* 2004;112:497–502.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00162.x>.
- [103] Gonçalves J de L, Carvalho FK de, Queiroz AM de, Paula-Silva FWG de. Implications of Histological and Ultrastructural Characteristics on the Chemical and Mechanical Properties of Hypomineralised Enamel and Clinical Consequences, 2024, p. 43–55.
<https://doi.org/10.1159/000538865>.
- [104] Martinovic B, Ivanovic M, Milojkovic Z, Mladenovic R. Analysis of the mineral composition of hypomineralized first permanent molars. *Vojnosanit Pregl* 2015;72:864–9.
<https://doi.org/10.2298/VSP140310071M>.
- [105] Jälevik B, Odellius H, Dietz W, Norén J. Secondary ion mass spectrometry and X-ray microanalysis of hypomineralized enamel in human permanent first molars. *Arch Oral Biol* 2001;46:239–47.
[https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(00\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(00)00113-8).
- [106] Krämer N, Stachniss V, Heidmann I, Frankenberger R. Therapie der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH) in einem schwierigen Umfeld. Hat adhäsive Zahnheilkunde an MIH-Zähnen eine Perspektive? *Quintessenz Zahnmedizin* 2011;62:1601–12.
- [107] Americano GCA, Jacobsen PE, Soviero VM, Haubek D. A systematic review on the association between molar incisor hypomineralization and dental caries. *Int J Paediatr Dent* 2017;27:11–21.
<https://doi.org/10.1111/ipd.12233>.
- [108] Oreano MD, Santos PS, Borgatto AF, Bolan M, Cardoso M. Association between dental caries and molar-incisor hypomineralisation in first permanent molars: A hierarchical model. *Community Dent Oral Epidemiol* 2023;51:436–42.
<https://doi.org/10.1111/cdoe.12778>.
- [109] Grossi J de A, Cabral RN, Leal SC. Caries Experience in Children with and without Molar-Incisor Hypomineralisation: A Case-Control Study. *Caries Res* 2017;51:419–24. <https://doi.org/10.1159/000477099>.

- [110] Feierabend S, Halbleib K, Hellwig E. Spätfolgen der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation. Möglichkeiten der prophetischen Langzeittherapie. *Quintessenz Zahnmedizin* 2011;62:1637–43.
- [111] William V, Burrow MF, Palamara JEA, Messer LB. Microshear bond strength of resin composite to teeth affected by molar hypomineralization using 2 adhesive systems. *Pediatr Dent* 2006;28:233–41.
- [112] Leal SC, Fragelli C, Noal F, Takeshita EM. Challenges of Using Scoring Systems for the Assessment of Molar Incisor Hypomineralisation, 2024, p. 56–67.
<https://doi.org/10.1159/000538867>.
- [113] Clarkson J, O’Mullane D. A Modified DDE Index for Use in Epidemiological Studies of Enamel Defects. *J Dent Res* 1989;68:445–50. <https://doi.org/10.1177/00220345890680030201>.
- [114] A review of the developmental defects of enamel index (DDE Index). Commission on Oral Health, Research & Epidemiology. Report of an FDI Working Group. *Int Dent J* 1992;42:411–26.
- [115] Lygidakis NA, Garot E, Somani C, Taylor GD, Rouas P, Wong FSL. Best clinical practice guidance for clinicians dealing with children presenting with molar-incisor-hypomineralisation (MIH): an updated European Academy of Paediatric Dentistry policy document. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2022;23:3–21.
<https://doi.org/10.1007/s40368-021-00668-5>.
- [116] Lygidakis NA, Wong F, Jälevik B, Vierrou AM, Alaluusua S, Espelid I. Best Clinical Practice Guidance for clinicians dealing with children presenting with Molar-Incisor-Hypomineralisation (MIH). *European Archives of Paediatric Dentistry* 2010;11:75–81.
<https://doi.org/10.1007/BF03262716>.
- [117] Bekes K, Krämer N, Van Waes H, Steffen R. Das Würzburger MIH-Konzept: Teil 2. Der Therapieplan. *Oralprophylaxe Und Kinderzahnheilkunde (Springer Nature)* 2016;38:171–5.
<https://doi.org/10.3238/OPKZH.2016.0171-0175>.
- [118] Bekes K, Steffen R. Das Würzburger MIH-Konzept: Teil 1. Der MIH-Treatment Need Index (MIH-TNI). *Oralprophylaxe Und*

- Kinderzahnheilkunde (Springer Nature) 2016;38:165–70.
<https://doi.org/10.3238/OPKZH.2016.0165-0170>.
- [119] Bekes K, Steffen R, Krämer N. Update of the molar incisor hypomineralization: Würzburg concept. *European Archives of Paediatric Dentistry* (Springer Nature 2023;24:807–13.
<https://doi.org/10.1007/s40368-023-00848-5>.
- [120] Schröder A, Dinkloh B. AMIT-Weltkongress soll MIH-Ursachen entschlüsseln helfen. *DZW - Der ZahnarztWoche* 2022.
<https://dzw.de/amt-weltkongress-soll-mih-ursachen-entschluesseln-helfen> (accessed May 19, 2025).
- [121] Roof B (Red.). „Jeder, der Kinder behandelt, muss damit rechnen, dass er MIH-Fälle hat!“. *Zahnärztliche Mitteilungen (zm)* 2024;114:72–3. https://zm.epaper-archiv.de/fileadmin/user_upload/epaper/2024/23/72/ (accessed May 19, 2025).
- [122] AMIT – Alliance of Molar Incisor Hypomineralization Thematic Network. The 3rd Alliance of Molar Incisor Hypomineralization (MIH) Investigation and Treatment (AMIT) - 2026 n.d. <https://amt-mih.org> (accessed May 20, 2025).
- [123] Bekes K, Heinzelmann K, Lettner S, Schaller HG. Efficacy of desensitizing products containing 8% arginine and calcium carbonate for hypersensitivity relief in MIH-affected molars: an 8-week clinical study. *Clin Oral Investig* 2017;21:2311–7.
<https://doi.org/10.1007/s00784-016-2024-8>.
- [124] Steffen R. Therapie der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation in einem schwierigen Umfeld. *Praktische Konzepte für den Behandlungsalltag. Quintessenz Zahnmedizin* 2011;62:1613–23.
- [125] Steffen R, van Waes H. Die Behandlung von Kindern mit Molaren-Inzisiven Hypomineralisation. Eine Herausforderung bei der Schmerzkontrolle und Verhaltenssteuerung. *Quintessenz Zahnmedizin* 2011;62:1585–92.
- [126] Dixit U, Joshi A. Efficacy of intraosseous local anesthesia for restorative procedures in molar incisor hypomineralization-affected

teeth in children. *Contemp Clin Dent* 2018;9:272.

https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_252_18.

- [127] Remmers T, Glickman G, Spears R, He J. The Efficacy of IntraFlow Intraosseous Injection as a Primary Anesthesia Technique. *J Endod* 2008;34:280–3. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.12.005>.
- [128] Tam CP, Manton DJ. Aesthetic management of incisors affected with molar incisor hypomineralisation. *Clinical Dentistry Reviewed* 2021;5:6. <https://doi.org/10.1007/s41894-021-00095-1>.
- [129] Bulanda S, Ilczuk-Rypuła D, Dybek A, Pietraszewska D, Skuchanowak M, Postek-Stefańska L. Management of Teeth Affected by Molar Incisor Hypomineralization Using a Resin Infiltration Technique—A Systematic Review. *Coatings* 2022;12:964. <https://doi.org/10.3390/coatings12070964>.
- [130] Hasmun N, Vettore M V., Lawson JA, Elcock C, Zaitoun H, Rodd HD. Determinants of children’s oral health-related quality of life following aesthetic treatment of enamel opacities. *J Dent* 2020;98:103372. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103372>.
- [131] Bekes K, Melichar K, Stamm T, Elhennawy K. Dental students’ knowledge, attitudes and beliefs regarding molar incisor hypomineralization (Mih): A survey in vienna, austria. *J Multidiscip Healthc* 2021;14:2881–9. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S326846>.
- [132] Silva MJ, Alhowaish L, Ghanim A, Manton DJ. Knowledge and attitudes regarding molar incisor hypomineralisation amongst Saudi Arabian dental practitioners and dental students. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2016;17:215–22. <https://doi.org/10.1007/s40368-016-0230-3>.
- [133] Elhennawy K, Anang M, Splieth C, Bekes K, Manton DJ, Hedar Z, et al. Knowledge, attitudes, and beliefs regarding molar incisor hypomineralization (MIH) amongst German dental students. *Int J Paediatr Dent* 2021;31:486–95. <https://doi.org/10.1111/ipd.12715>.
- [134] Medizinische Universität Graz. Curriculum Diplomstudium Zahnmedizin (UO203). Curriculum Zahnmedizin Graz: Med Uni Graz 2024:1–55. https://www.medunigraz.at/frontend/user_upload/themen-

studium/curricula/curriculum-zahnmedizin.pdf (accessed May 10, 2025).

- [135] Wall A, Leith R. A questionnaire study on perception and clinical management of molar incisor hypomineralisation (MIH) by Irish dentists. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2020;21:703–10. <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00519-9>.
- [136] Serna-Muñoz C, Martínez-Beneyto Y, Pérez-Silva A, Poza-Pascual A, Ibáñez-López FJ, Ortiz-Ruiz AJ. Perception, knowledge, and attitudes towards molar incisor hypomineralization among Spanish dentists: a cross-sectional study. *BMC Oral Health* 2020;20:260. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01249-6>.
- [137] Gambetta-Tessini K, Mariño R, Ghanim A, Calache H, Manton DJ. Knowledge, experience and perceptions regarding Molar-Incisor Hypomineralisation (MIH) amongst Australian and Chilean public oral health care practitioners. *BMC Oral Health* 2016;16:75. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0279-8>.
- [138] Gamboa GCS, Lee GHM, Ekambaram M, Yiu CKY. Knowledge, perceptions, and clinical experiences on molar incisor hypomineralization among dental care providers in Hong Kong. *BMC Oral Health* 2018;18:217. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0678-0>.
- [139] Alanzi A, Faridoun A, Kavvadia K, Ghanim A. Dentists' perception, knowledge, and clinical management of molar-incisor-hypomineralisation in Kuwait: a cross-sectional study. *BMC Oral Health* 2018;18:34. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0498-2>.
- [140] Tagelsir A, Dean JA, Eckert GJ, Martinez-Mier EA. U.S. Pediatric Dentists' Perception of Molar Incisor Hypomineralization. *Pediatr Dent* 2018;40:272–8.
- [141] Hussein AS, Ghanim AM, Abu-Hassan MI, Manton DJ. Knowledge, management and perceived barriers to treatment of molar-incisor hypomineralisation in general dental practitioners and dental nurses in Malaysia. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2014;15:301–7. <https://doi.org/10.1007/s40368-014-0115-2>.
- [142] Kalkani M, Balmer RC, Homer RM, Day PF, Duggal MS. Molar incisor hypomineralisation: experience and perceived challenges among

dentists specialising in paediatric dentistry and a group of general dental practitioners in the UK. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2016;17:81–8. <https://doi.org/10.1007/s40368-015-0209-5>.

- [143] Statistik Austria. Bevölkerung zu Jahres-/ Quartalsanfang. Wien: Statistik Austria 2025. <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/bevoelkerung-zu-jahres-/-quartalsanfang> (accessed June 13, 2025).
- [144] Tofan R. Cybercrime-Report 2023. Wien: Bundesministerium für Inneres, Bundeskriminalamt 2023:6–10. https://www.bmi.gv.at/magazinfiles/2024/07_08/01_cybercrime_report.pdf (accessed May 21, 2025).

Anhang A: Ethikvotum



Medizinische Universität Graz
Ethikkommission

Neue Stiftingtalstr. 6 - West, P/08, A-8010 Graz
ethikkommission@medunigraz.at
Tel.: +43 / 316 / 385-71400

FOLGEVOTUM gültig bis 12.04.2026

EK-Nummer: 36-245 ex 23/24

Studientitel: Wissenstand und Praxiserfahrung über Molaren- Incisivi- Hypomineralisation (MIH) von ZahnmedizinerInnen in der Steiermark

Prüfer: Dr. Katharina Hanscho
Med.Uni Graz, Univ.Klinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit

Sponsor: Med.Uni Graz, Univ.Klinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit
Ansprechpartner: Dr. Katharina Hanscho, 8010 Graz, Billrothgasse 4

CRO: -
Ansprechpartner: -

Antragsteller: Med.Uni Graz
Ansprechpartner: Marie Parth

Die o.a. Studie wurde von der Ethikkommission erstmals im 'expedited Review' am 11.03.2024 behandelt. Die Ethikkommission ist zu folgendem Schluss gekommen:

Es besteht kein Einwand gegen die Durchführung der Studie in der vorliegenden Form.

Kommissionsmitglieder, die für diesen Tagesordnungspunkt als befangen anzusehen waren und daher gemäß Geschäftsordnung an der Entscheidungsfindung und Abstimmung nicht teilgenommen haben: keine

Zur Beurteilung vorliegende Dokumente:

Dokumente eingegangen am 15.02.2024, begutachtet im 'expedited Review' am 11.03.2024

✓ Antragsformular signiert	15.02.2024
✓ Originalprotokoll 1.0	15.02.2024
Informed Consent Form inkl. Fragebogen (MIH) undatiert	

Dokumente eingegangen am 22.03.2024, begutachtet im 'expedited Review' am 12.04.2024

✓ Informed Consent Form inkl. Fragebogen (MIH) 1.1	17.03.2024
✓ Letter of Authorization Med.Uni Graz, ohne Auflage	22.03.2024

Dokumente eingegangen am 31.03.2025, begutachtet im 'expedited Review' am 16.05.2025

✓ Zwischenbericht	31.03.2025
-------------------	------------

Datum Erstvotum: 12.04.2024

Die Ethikkommission geht - rechtlich unverbindlich - davon aus, dass es sich um keine klinische Prüfung nach AMG bzw. MPG handelt.

Es handelt sich um eine Studie im Rahmen einer Diplomarbeit.

Das Votum der Ethikkommission berührt in keiner Weise die alleinige Verantwortung der Prüferin / des Prüfers / der Prüfer für die ordnungsgemäße Durchführung der Studie unter Einhaltung aller einschlägiger gesetzlicher Bestimmungen und Richtlinien.

Weiters machen wir darauf aufmerksam, dass der Kommission unverzüglich zu melden sind:

EK-Nummer: 36-245 ex 23/24

Votum (16.05.2025)

Seite 1 von 2

- Abweichungen vom Protokoll aus Sicherheitsgründen oder Protokolländerungen
- Änderungen, die das Risiko der Teilnehmer/-innen erhöhen oder die Durchführung der Studie wesentlich beeinflussen
- Mutmaßliche unerwartete schwerwiegende Nebenwirkungen - SUSARs (AMG-Studien ab 1.5.2004; Directive 2001/20 EC), SADEs (Verordnung 74/2017 und 746/2107) oder schwerwiegende unerwünschte Ereignisse - SAEs (andere Studien)
- Jegliche Information über sonstige Umstände, die die Sicherheit der Teilnehmer/-innen oder die Durchführung der Studie beeinträchtigen können

Graz, 16. Mai 2025



Univ. Prof. Dr. Hans-Peter Dimai
Vorsitzender



Univ. Prof. Dr. Thomas Griesbacher
1. Stv. Vorsitzender

Achtung: Bitte bei allen das Projekt betreffende Schreiben oder telefonischen Anfragen die EK-Nummer angeben!

Anhang B: Fragebogen

* Gibt eine erforderliche Frage an

Demographische Informationen:

1. Ihr Alter *

2. Ihr Geschlecht *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Männlich
 Weiblich
 Divers

3. **Berufsstatus: Zahnmedizin-Studierende/r:**
Bitte geben Sie das exakte Semester an

4. **Berufsstatus: Zahnärztin/Zahnarzt**
Seit wann üben Sie den Beruf aus?

Markieren Sie nur ein Oval.

- weniger als 1 Jahr
 1 - 5 Jahre
 6 -10 Jahre
 10 - 20 Jahre
 > 20 Jahre

5. **Berufsausübung? ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- In eigener Praxis
 In einer Zahnklinik / in einem Zahnambulatorium
 In einer Universitätsklinik für Zahnmedizin
 Im Rahmen meines zahnmedizinisches Praktikums während meines Studiums
 Keine
 Sonstiges: _____

6. **Ihr aktueller Beschäftigungsstatus: ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- Aktiv praktizierend
 Teilzeitpraxis
 Zahnmedizin-Studierende/r
 Sonstiges: _____

7. **An welcher (zahn)medizinischen Universität haben Sie ihr Studium absolviert bzw. studieren Sie? ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- Medizinische Universität Wien
 Medizinische Universität Graz
 Medizinische Universität Innsbruck
 Sonstiges: _____

Wissen über MIH

8. **Haben Sie zuvor von dem Begriff „Molaren-Incisivi-Hypomineralisation (MIH) gehört? ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
 Nein

9. **Wie gut fühlen Sie sich über MIH informiert? ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- Sehr gut informiert
 Gut informiert
 Wenig informiert
 Nicht informiert

10. **Wie haben Sie ihr Wissen über MIH erlangt? ***

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Zahnmedizinische Journals
 Lehrveranstaltungen an der Universität
 Broschüren
 Internet
 Zahnklinik
 Von Kollegen und Kolleginnen
 Fortbildungen und Kongresse
 Sonstiges: _____

11. **Welche Ursachen von MIH sind Ihnen bekannt? ***

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Genetische Faktoren
 Umweltfaktoren
 Chronische medizinische Erkrankungen, die die Mutter während der Schwangerschaft betreffen
 Chronische medizinische Erkrankungen, die das beteiligte Kind betreffen
 Antibiotika/Medikamente, die die Mutter während der Schwangerschaft eingenommen hat
 Antibiotika/Medikamente, die das Kind eingenommen hat
 Akute medizinische Erkrankungen, die die Mutter während der Schwangerschaft betreffen
 Akute medizinische Erkrankungen, die das beteiligte Kind eingenommen hat
 Fluoridexposition
 Entwicklungsstörungen
 Keine
 Sonstiges: _____

Diagnose, Ausprägungsgrade, Therapiemöglichkeiten von MIH:

12. **Haben Sie im Laufe ihres Zahnmedizinstudiums Patienten mit MIH gesehen und behandelt? ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
 Nein
 Gesehen Ja, aber nicht behandelt

13. **Wissen Sie, dass es klinische Kriterien zur Befundung von MIH gibt? ***

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja, und ich weiß wie ich diese anwenden kann
 Ja, aber ich weiß nicht, wie ich diese anwenden kann
 Nein

14. **Wie häufig sehen Sie durchschnittlich Patienten und Patientinnen mit MIH in Ihrer Praxis pro Monat?** *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Keine
 Weniger als 5
 5-10
 11-20
 >20

15. **Welche der folgenden Merkmale bemerken Sie am häufigsten in Bezug auf die Schwere des Defekts?** *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Weiße Abgrenzungen
 Gelbliche/bräunliche Abgrenzungen
 Post-eruptiver Zahnschmelzabbau
 Die Frage kann ich nicht beantworten

16. **Wie würden Sie den Schweregrad von MIH in Ihrer Patientenpopulation beschreiben?** *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Leicht
 Mäßig
 Schwer
 Der Schweregrad ist mir nicht bekannt
 Die Frage kann ich nicht beantworten

17. **Im klinischen Bereich sind Ihnen abgegrenzte hypomineralisierte Defekte in bleibenden Zähnen außer den ersten bleibenden Molaren und den Schneidezähnen begegnet, wenn ja in welchen?** *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Prämolaren
 Eckzähne
 2. bleibende Molaren
 3. bleibende Molaren
 Nein

18. **Welche Therapieansätze setzen Sie bei Patienten und Patientinnen mit MIH ein, bzw. würden Sie einsetzen?** *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Fluoridbehandlungen
 Versiegelungen der Zähne
 Amalgam
 Hybridcomposit
 Flowable Composit
 Compomer
 Glasionomerzement
 Kronen
 Sonstiges: _____

19. **Welche Faktoren beeinflussen ihre Wahl des Restaurationsmaterials?** *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Adhäsion
 Ästhetik
 Präferenz der Eltern und Patienten
 Haltbarkeit
 Potential der Remineralisation
 Sensibilität
 Persönliche Erfahrung
 Forschungsergebnisse
 Sonstiges: _____

20. Halten Sie MIH für ein klinisches Problem? Wenn ja, mit welchen Schwierigkeiten haben Sie Erfahrungen gemacht? *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Diagnose
- Ästhetik
- Erreichen der restaurativen Ränder des betroffenen Zahnschmelzes
- Bereitstellung angemessener Restaurationen
- Langzeiterfolg der restaurativen Arbeiten
- Erreichen von Patientenkomfort (für Funktion, Mundhygiene)
- Keine
- Sonstiges: _____

Forschungsinteresse und Weiterbildung von MIH

21. Hätten Sie sich während Ihres Zahnmedizinstudiums eine umfangreichere klinische Schulung von MIH zu folgenden Aspekten gewünscht? *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Diagnose
- Ätiologie
- Behandlungsmöglichkeiten
- Nein

22. Wie hoch ist Ihr Interesse an der weiteren Forschung zu MIH? *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Sehr Interessiert
- Interessiert
- Wenig interessiert
- Nicht interessiert

23. Glauben Sie, es wäre sinnvoll, die Prävalenz in Österreich zu untersuchen? *

Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja
- Nein

24. Wie hoch schätzen Sie die Prävalenz in Österreich ein? (bitte Angabe in Prozent) *

25. Welche Informationsquellen nutzen Sie, um Ihr Wissen über MIH zu erweitern? (mehrere Antworten möglich) *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Fachliteratur
- Fortbildungen / Kongresse
- Online -Ressourcen
- Kollegen und Kolleginnen
- Zahnmedizinische Journals
- Keine
- Sonstiges: _____

26. Gibt es weitere Aspekte von MIH, die Sie gerne teilen möchten?

Anhang C: Einladung zur Fragebogenstudie



Titel

Wissenstand und Praxiserfahrung über Molaren-Incisivi - Hypomineralisation (MIH) von ZahnmedizinerInnen in der Steiermark.

Sehr geschätzte Kolleginnen und Kollegen,

Ich lade Sie herzlich ein, an einer **anonymen** Studie zur Molaren-Incisivi-Hypomineralisation (MIH) teilzunehmen. Den Online-Fragebogen können Sie über den folgenden Link oder QR-Code aufrufen:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd868f5HjzqglcM5aZWp5T9j_Mn7e2i6Jkx_ODyao7dCcR5mg/viewform?usp=sf_link



Das Ausfüllen des Fragebogens dauert etwa **3-5 Minuten** und erfolgt im Rahmen meiner Diplomarbeit an der Medizinischen Universität Graz, die von Frau Univ. ZÄ Priv.-Doz. Dr.ⁱⁿ med.dent Kqiku-Biblekaj und Frau Univ. ZÄ Dr.ⁱⁿ med.dent. Hanscho betreut wird.

Die Umfrage ist vollständig **anonym**. Zu keinem Zeitpunkt werden Namen der Teilnehmenden erfasst. Weder der Studienleiter noch andere involvierte Personen haben Zugriff auf Ihre Geräte oder die IP-Adressen. Rückschlüsse auf einzelne Teilnehmende sind daher ausgeschlossen!

Diese Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz im Rahmen eines Ethikvotums genehmigt! Alle weiteren Teilnehmerinformationen und die Einwilligungserklärung finden Sie auf der ersten Seite der Umfrage. Scrollen Sie bis zum Ende der Seite und klicken Sie auf „Weiter“, um die Umfrage zu beginnen.

Vielen Dank für Ihre wertvolle Zeit und Teilnahme!

Mit freundlichen Grüßen,

Marie Parth
Zahnmedizinstudentin der Medizinischen Universität Graz