

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. J. A. Lisson

**Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in
einer kieferorthopädischen Fachpraxis aus Tönisvorst / Nordrhein**
**Prevalence and Distribution Patterns of KIG Findings U4, S4 and S5
in an Orthodontic Practice in Toenisvorst / North Rhine**

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Zahnheilkunde der Medizinischen Fakultät**
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2025

Vorgelegt von: Melanie Seiffart

Geb. am 24.03.1995 in Bad Langensalza

Tag der Promotion: 22.09.2025

Dekan: Prof. Dr. Matthias Hannig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Gero Kinzinger

2. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Stefan Wagenpfeil

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	1
1.1	Deutsche Zusammenfassung	1
1.2	Abstract.....	2
2	Einleitung.....	5
2.1	Allgemein	5
2.2	Aplasien	8
2.2.1	Ätiologie	8
2.2.2	Prävalenz.....	8
2.2.2.1	Geschlechtsspezifische Prävalenz	9
2.2.3	Diagnostik	9
2.2.3.1	Anamnese.....	9
2.2.3.2	Klinische Diagnostik.....	10
2.2.3.3	Radiologische Diagnostik	10
2.2.4	Therapie.....	11
2.3	Zahndurchbruchsstörungen.....	12
2.3.1	Physiologischer Zahndurchbruch	12
2.3.2	Anomalieformen.....	12
2.3.2.1	Retentionen	13
2.3.2.1.1	Ätiologie	13
2.3.2.1.2	Prävalenz.....	13
2.3.2.1.2.1	Geschlechtsspezifische Prävalenz	14
2.3.2.1.3	Diagnostik	14
2.3.2.1.3.1	Anamnese.....	14
2.3.2.1.3.2	Klinische Diagnostik.....	14
2.3.2.1.3.3	Radiologische Diagnostik	15
2.3.2.1.4	Therapie.....	15
2.3.2.2	Verlagerungen	16
2.3.2.2.1	Ätiologie	16
2.3.2.2.2	Prävalenz.....	17
2.3.2.2.2.1	Geschlechtsspezifische Prävalenz	17
2.3.2.2.3	Diagnostik	17
2.3.2.2.3.1	Anamnese.....	17
2.3.2.2.3.2	Klinische Diagnostik.....	17
2.3.2.2.3.3	Radiologische Diagnostik	18

2.3.2.2.4	Therapie.....	18
2.4	Ziel der vorliegenden Arbeit	18
3	Material.....	20
3.1	Ethikantrag.....	20
3.2	PatientInnen.....	20
3.3	Methoden.....	21
3.3.1	Röntgenbilder	21
3.3.2	Röntgenbildauswertung	21
3.3.3	Diagramme und Tabellen	23
3.3.4	Statistische Analyse	23
3.3.5	Methodenfehler	24
4	Ergebnisse	25
4.1	Allgemein	25
4.2	Ergebnisse Aplasien	25
4.2.1	Verteilungsmuster bei allen PatientInnen, weiblichen und männlichen	25
4.2.2	Aplasien – Einzelzahnbetrachtung	32
4.2.3	Verläufe über Gesamtzeitraum differenziert nach Quadranten.....	35
4.2.4	Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal U4	43
4.3	Ergebnisse Retentionen	44
4.3.1	Verteilungsmuster bei allen PatientInnen, weiblichen und männlichen	44
4.3.2	Retentionen – Einzelzahnbetrachtung	50
4.3.3	Verläufe über Gesamtzeitraum differenziert nach Quadranten.....	53
4.3.4	Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S4	61
4.4	Ergebnisse Verlagerungen	62
4.4.1	Verteilungsmuster bei allen PatientInnen, weiblichen und männlichen	62
4.4.2	Verlagerungen - Einzelzahnbetrachtungen.....	68
4.4.3	Verläufe über Gesamtzeitraum differenziert nach Quadranten.....	71
4.4.4	Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S5	79
5	Diskussion	80
5.1	PatientInnengut, Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Messmethode	80
5.2	Diskussion Aplasien	81

5.2.1	Vergleich der Studienergebnisse mit der bestehenden Literatur	81
5.2.2	Diskussion Aplasien Geschlechtsverteilung	82
5.3	Diskussion Retentionen	84
5.3.1	Vergleich der Studienergebnisse mit der bestehenden Literatur	84
5.3.2	Diskussion Retentionen Geschlechtsverteilung.....	85
5.4	Diskussion Verlagerungen	86
5.4.1	Vergleich der Studienergebnisse mit der bestehenden Literatur	86
5.4.2	Diskussion Verlagerungen Geschlechtsverteilung.....	86
5.5	Zusammenfassung Geschlechtsverteilung aller Anomalien	88
5.6	Rückschlüsse der Studie	89
6	Literaturverzeichnis	90
7	Publikationen/Danksagung	99
7.1	Publikationen	99
7.2	Danksagung.....	100
8	Lebenslauf	101

1 Zusammenfassung

1.1 Deutsche Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel:

Diese retrospektive Studie untersucht die Häufigkeit und geschlechtsspezifische Verteilung von Zahnaplasien, -retentionen und -verlagerungen in einer kieferorthopädischen Praxis aus Tönisvorst, Kreis Viersen, Kammerbezirk Nordrhein. Ziel war es, die Prävalenz der behandlungsbedürftigen Kieferorthopädischen Indikationsgruppen (KIG)-Befunde U4, S4 und S5 über einen langjährigen Zeitraum zu bestimmen sowie die Verteilung in den Kiefern bzw. in den Quadranten und geschlechtsspezifische Besonderheiten zu evaluieren. Zusätzlich sollte ein Fokus auf den jeweiligen Altersgipfel gelegt werden, an dem die PatientInnen zur Erstberatung in die kieferorthopädische Facharztpraxis kamen. Im Vergleich mit der allgemeinen Studienlage soll diskutiert werden, ob die Daten der vorliegenden Studie als repräsentativ gewertet werden können oder spezifische Besonderheiten aufweisen.

Methoden:

In die Studie eingeschlossen wurden 387 gesetzlich versicherte PatientInnen im Alter von 8,34 bis 17,96 Jahren. Diagnostische Grundlage bildeten Orthopantomogramme (OPG), die hinsichtlich der Anomalien überprüft und klassifiziert wurden. Die Daten lagen für U4 über 20 Jahre (Zeitraum 2002-2021) sowie für S4 und S5 über 10 Jahre (Zeitraum 2012-2021) vor und wurden zur Geschlechts- und Altersverteilung statistisch ausgewertet.

Ergebnisse:

KIG U4: Insgesamt wurden bei 181 PatientInnen 225 Aplasien im Oberkiefer und 148 Aplasien im Unterkiefer befundet, wobei bei den meisten ein Zahn (70 PatientInnen) oder zwei Zähne (71 PatientInnen) nicht angelegt waren. Bei den weiblichen Patientinnen war die Anzahl mit einer Nichtanlage gegenüber zwei Nichtanlagen geringfügig größer, bei den männlichen Patienten dagegen etwas geringer. Bei beiden Geschlechtern war die Prävalenz von Aplasien im Oberkiefer größer als im Unterkiefer und isoliert betrachtet im 1. Quadranten größer als im 2. Quadranten, wobei die zahlenmäßigen Unterschiede zwischen den Kiefern bei den weiblichen Patientinnen besonders ausgeprägt sind. Bei den männlichen Patienten hingegen war die Verteilung zwischen den Quadranten ausgewogener. Bei allen PatientInnen und bei beiden Geschlechtern einzeln betrachtet ist die häufigste Aplasie die des seitlichen Schneidezahnes im Oberkiefer, gefolgt von den zweiten Prämolaren des Unterkiefers und den oberen zweiten Prämolaren.

KIG S4 und S5: Über denselben 10-Jahres-Zeitraum war die Prävalenz von Verlagerungen (n=191 bei 130 PatientInnen) deutlich höher als die der Retentionen (bei n=146 bei 76 PatientInnen). Dabei zeigen sich geschlechtsspezifische Unterschiede: Retentionen (S4) traten häufiger bei männlichen Patienten auf (m: 55,26%, w: 44,74%), Verlagerungen (S5) wurden hingegen häufiger bei weiblichen Patientinnen (w: 56,15%, m: 43,85%) diagnostiziert. Bei beiden Formen der Durchbruchsstörungen sind die Eckzähne des Oberkiefers am häufigsten betroffen, gefolgt von den zweiten Prämolaren des Oberkiefers und den zweiten Prämolaren des Unterkiefers. Bei der Häufigkeit pro PatientIn (die überwiegende Mehrzahl haben eine Retention bzw. Verlagerung) und dem Verteilungsmuster (Oberkiefer wesentlich öfter betroffen als Unterkiefer) entsprechen sich die Ergebnisse, wobei Retentionen öfter im 1. Quadranten und Verlagerungen öfter im 2. Quadranten befundet wurden. Auffallend ist der Unterschied beim Auftreten von Retentionen der zweiten Molaren: die weiblichen Patientinnen sind nur einmal betroffen, die männlichen Patienten dagegen 13-mal bei gleichmäßiger Quadrantenverteilung.

Insgesamt betrachtet treten Nichtanlagen, Retentionen und Verlagerungen topographisch in überwiegender Mehrzahl an den Übergängen von der primären zu der sekundären sowie von der sekundären zu der tertiären Zahnleiste auf. Die meisten PatientInnen wurden im Alter zwischen 10 und 13 Jahren und somit rechtzeitig zur Erstberatung in der kieferorthopädischen Praxis vorstellig.

Schlussfolgerung:

Der Vergleich der Ergebnisse dieser Praxisstudie mit den bisher in der Literatur beschriebenen Daten verdeutlicht sowohl Übereinstimmungen als auch interessante Besonderheiten hinsichtlich der lokalen Prävalenz und Geschlechtsverteilung von Aplasien, Retentionen und Verlagerungen. Diese Erkenntnisse unterstützen die Notwendigkeit einer frühzeitigen Diagnostik und differenzierten Therapieplanung.

1.2 Abstract

Background and Objective:

This retrospective study examines the frequency and gender-specific distribution of tooth aplasia, impaction, and displacement in an orthodontic practice in Tönisvorst, Viersen district, within the North Rhine Chamber jurisdiction. The aim was to determine the prevalence of the orthodontic indication groups (KIG) requiring treatment, specifically U4, S4, and S5, over an extended period, to evaluate their distribution in the jaws and quadrants, and to analyze gender-specific characteristics. Additionally, special attention was given to the peak age at which patients presented for their initial consultation at the orthodontic practice. By comparing

the findings with the existing literature, this study aims to assess whether the collected data can be considered representative or if they reveal specific particularities.

Methods:

The study included 387 patients covered by statutory health insurance, aged between 8.34 and 17.96 years. The diagnostic basis consisted of orthopantomograms (OPGs), which were analyzed and classified for anomalies. Data for U4 were collected over a 20-year period (2002–2021), while data for S4 and S5 were available over a 10-year period (2012–2021). The data were statistically evaluated in terms of gender and age distribution.

Results:

KIG U4: A total of 225 cases of aplasia in the maxilla and 148 in the mandible were diagnosed in 181 patients, with most cases involving the absence of either one (70 patients) or two teeth (71 patients). Among female patients, the number of cases with a single missing tooth was slightly higher than those with two missing teeth, whereas among male patients, the opposite trend was observed. In both genders, the prevalence of aplasia was higher in the maxilla than in the mandible, with the first quadrant being more affected than the second quadrant. The numerical differences between the jaws were particularly pronounced in female patients, whereas in male patients, the distribution between quadrants was more balanced. Across all patients and within each gender subgroup, the most common form of aplasia was the absence of the maxillary lateral incisor, followed by the second premolars of the mandible and the second premolars of the maxilla.

KIG S4 and S5: Over the same 10-year period, the prevalence of displacement (n=191 in 130 patients) was significantly higher than that of impaction (n=146 in 76 patients). Gender differences were evident: impactions (S4) were more frequently observed in male patients (m: 55.26%, f: 44.74%), whereas displacements (S5) were more common in female patients (f: 56.15%, m: 43.85%). In both types of eruption disturbances, the maxillary canines were the most frequently affected teeth, followed by the second premolars of the maxilla and the second premolars of the mandible. In terms of frequency per patient (the majority of patients had either an impaction or displacement) and distribution pattern (maxilla significantly more affected than mandible), the findings were consistent. However, impactions were more frequently observed in the first quadrant, whereas displacements were more often found in the second quadrant. A notable difference was observed in the occurrence of impactions of the second molars: female patients were affected only once, while male patients exhibited this anomaly 13 times, with an even distribution across the quadrants.

Overall, agenesis, impactions, and displacements predominantly occurred at the transition zones between the primary and secondary as well as between the secondary and tertiary dental laminae. Most patients presented for their initial orthodontic consultation between the ages of 10 and 13, ensuring timely assessment and intervention.

Conclusion:

The comparison of the results from this practice-based study with previously published data highlights both similarities and noteworthy differences in terms of local prevalence and gender distribution of aplasia, impaction, and displacement. These findings underscore the importance of early diagnosis and individualized treatment planning.

2 Einleitung

2.1 Allgemein

Zahn- und Kieferfehlstellungen zählen neben Karies und Entzündungen des Zahnfleisches zu den häufigsten gesundheitlichen Herausforderungen im Bereich der Mundgesundheit [35]. Während internationale Studien deutliche Unterschiede in der Häufigkeit solcher Anomalien aufzeigen [8], fehlen in Deutschland umfassende, bevölkerungsrepräsentative Daten für Kinder und Jugendliche. Regionale Querschnittsstudien [13,42,45,74,102,124] sowie aktuelle Erhebungen, wie die DMS-6 [25,55,56,68], deuten jedoch darauf hin, dass Zahn- und Kieferfehlstellungen weit verbreitet sind und in vielen Fällen eine kieferorthopädische Behandlung erfordern [55]. Der Anteil der Betroffenen, bei denen ein objektiver medizinischer Behandlungsbedarf festgestellt wird, kann je nach Studie bei bis zu 51,7% liegen [124]. Um Zahn- und Kieferanomalien diagnostisch einzuordnen und den Therapiebedarf zu bewerten, wird in Deutschland seit 2002 das sogenannte Kieferorthopädische Indikationsgruppen (KIG) - System verwendet [101]. Dieses System ermöglicht eine differenzierte Klassifikation in 11 Anomaliegruppen und 5 Schweregrade und ist zudem maßgeblich für die Kostenübernahme durch gesetzliche Krankenkassen: Eine Behandlung wird von den Krankenkassen erst dann übernommen, wenn ein medizinischer Behandlungsbedarf ab einem KIG-Grad ≥ 3 vorliegt [103]. Die vorliegende Arbeit befasst sich speziell mit den KIG-Gruppen U und S. Die Gruppe U beschreibt eine Zahnunterzahl, die entweder auf den Verlust einzelner Zähne, beispielsweise durch Karies oder Traumata, oder auf genetisch bedingte Nichtanlagen bleibender Zahnkeime zurückzuführen ist. Die Gruppe S umfasst Durchbruchsstörungen, die weiter in zwei Untergruppen aufgeteilt werden [61]. Zur Untergruppe S4 zählen retinierte Zähne, die aufgrund von Hindernissen wie ankylosierten Milchzähnen, odontogenen Strukturen oder Platzmangel im Kiefer nicht durchbrechen können. Auch Zähne, deren Durchbruch mehr als zwei Jahre nach dem erwarteten Zeitpunkt erfolgt und deren Wurzelentwicklung bereits abgeschlossen ist, werden dieser Gruppe zugeordnet [97]. Die Untergruppe S5 beschreibt verlagerte Zähne, bei denen die Zahnkeime eine fehlerhafte Position einnehmen, sodass ein spontaner Durchbruch nicht möglich ist [101]. Die Beurteilung solcher Anomalien erfolgt sowohl durch klinische Untersuchungen als auch durch bildgebende Verfahren wie Orthopantomogramme (OPG), da insbesondere bei den Gruppen U und S, eine präzisere Diagnosesicherung erforderlich ist [61]. Zusätzlich werden Messungen zur Beurteilung von Platzmängeln und Engständen durchgeführt, entweder intraoral oder mittels Modellanalysen. Dabei werden Mehrfachnennungen bei der Einstufung vermieden und stets die schwerwiegendste Anomalie gemäß den GKV-Richtlinien erfasst [103]. Die Entscheidung für eine Behandlung hängt jedoch nicht nur von der medizinischen Diagnose ab, sondern ist auch durch die Vorgaben zur Wirtschaftlichkeit beeinflusst. Während Anomalien ab KIG-Grad

3 von den gesetzlichen Krankenkassen übernommen werden, gelten Behandlungen leichter Fehlstellungen (KIG-Grad 1 und 2) als nicht wirtschaftlich, auch wenn diese medizinisch indiziert sein können [103].

Aktuelle Studienlage in Deutschland unter Anwendung des KIG-Systems

In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde die Verbreitung von Zahn- und Kieferfehlstellungen in Deutschland in mehreren Studien evaluiert. Der Schwerpunkt lag dabei häufig auf Querschnittserhebungen, die gezielt PatientInnengruppen analysierten, um prävalente Anomalien und den damit verbundenen kieferorthopädischen Behandlungsbedarf zu erfassen. Eine Untersuchung von Glasl et al. (2004) an 1.251 Schülern im Alter von 9 bis 11 Jahren in Frankfurt am Main dokumentierte das Vorkommen kieferorthopädisch relevanter Befunde. Die Erhebungen erfolgten dabei rein klinisch, wodurch diagnostisch aufwendigere Befunde wie Aplasien oder Verlagerungen aufgrund fehlender Röntgenbilder nicht abschließend bewertet werden konnten. Dennoch zeigte sich, dass 41,4% der Schüler eine Behandlungsindikation aufwiesen, die nach den Kriterien des KIG-Systems ($KIG \geq 3$) eine Kostenübernahme durch die gesetzlichen Krankenkassen rechtfertigen würde. Innerhalb dieser Gruppe wurden 10,6% mit Grad 3, 29,4% mit Grad 4 und 1,4% mit Grad 5 klassifiziert [42].

Ein ähnliches Bild ergab sich in der Dissertation von Assimakopoulou (2004), die anhand von Modellanalysen 526 Kinder im Alter von 9 bis 10 Jahren untersuchte. Dort wurden 46% der Kinder als behandlungsbedürftig eingestuft. Während ein Teil von 18 % bereits mit einer Therapie begonnen hatte, war bei 28% zum Untersuchungszeitpunkt noch kein Behandlungsstart erfolgt [13].

Eine breitere Datenbasis lieferte die Sechste Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS-6), die sich im Modul KFO-6.1 speziell auf die kieferorthopädische Situation bei 8- bis 9-jährigen Kindern konzentrierte. In dieser epidemiologischen Untersuchung wurde festgestellt, dass 40,4% der Kinder einen KIG-Grad zwischen 3 und 5 aufwiesen und somit eine kieferorthopädische Behandlung indiziert war. Dabei entfielen 10% auf Grad 3, 25,5% auf Grad 4 und 5% auf Grad 5. Die Analyse blieb jedoch durch methodische Einschränkungen limitiert, da Röntgenbilder, die für die genaue Einstufung von Anomalien der Gruppen U und S erforderlich sind, nicht erstellt wurden [25,55,56,68].

Anders als diese Querschnittsstudien, die Momentaufnahmen liefern, bieten longitudinale Untersuchungen wie jene von Kinzinger et al. (2023-2025) einen Überblick über die Entwicklung kieferorthopädischer Befunde über längere Zeiträume [63,64,66,67]. Im Gegensatz zur DMS-6 decken diese Studien ein breiteres Altersspektrum von 6 bis 18 Jahren

ab und umfassen auch radiologische Daten, wodurch detailliertere Diagnosen möglich wurden. Insbesondere die Gruppen U4, S4 und S5, die Aplasien, Retentionen und Verlagerungen betreffen, konnten hier systematisch erfasst werden. Über einen Zeitraum von 20 Jahren zwischen 2002 und 2021 wurden 24,98% der 4.940 erfassten PatientInnen der Gruppe D (sagittale Stufe distal) zugeordnet. Die sechs häufigsten Anomalien (D, E, K, S, P, M) machten dabei 86,52% aller Befunde aus, während die fünf seltensten (U, B, T, O, A) lediglich 13,49% ausmachten [66,67]. Besonders häufig trat der KIG-Grad D4 auf, der mit 19,6% als die vorherrschende sagittale Anomalie identifiziert wurde [63].

Beim Vergleich der regionalen Praxisdaten mit den Ergebnissen der DMS-6 und den Abrechnungsdaten der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung (KZBV) aus dem Jahr 2020 bestätigte sich, dass sagittale Fehlstellungen (KIG D und M) mit 47,4% den größten Anteil der therapiebedürftigen Befunde ausmachten. Dabei wurde deutlich, dass die in der regionalen kieferorthopädischen Praxis aus dem Bezirk Viersen Kammerbereich Nordrhein erfassten Daten, die bundesweiten Durchschnittswerte widerspiegeln und somit eine hohe Übereinstimmung der Datengrundlagen besteht [64].

Besonderheiten der KIG-Befunde U4 (Aplasie), S4 (Retention) und S5 (Verlagerung)

Die eindeutige Diagnose von Zahnunterzahlen (Aplasien) sowie Durchbruchsstörungen erfordert ergänzende bildgebende Verfahren, neben der klinischen Untersuchung. Bei Verdachtsfällen, wie verzögertem Zahnwechsel, Persistenz von Milchzähnen oder unklaren Durchbruchsstörungen, ist der Einsatz von Röntgenaufnahmen, etwa durch Zahnfilme oder Orthopantomogramme (OPG), zur diagnostischen Absicherung unerlässlich. Besonders die Klassifikationen U4 (Nichtanlage), S4 (Retention) und S5 (Verlagerung) spielen dabei eine zentrale Rolle für überweisende ZahnärztInnen. Diese Befunde können nicht nur erblich bedingt sein, beispielsweise durch familiäre Häufungen, sondern erfordern häufig komplexe, interdisziplinäre Therapieansätze. Solche Behandlungen beinhalten in vielen Fällen eine Kombination aus kieferorthopädischen Maßnahmen sowie prothetischen, implantologischen oder chirurgischen Eingriffen [121].

Vor diesem Hintergrund gewinnt die retrospektive Auswertung von Daten zur Häufigkeit und Verteilung dieser speziellen Anomalien innerhalb eines über mehrere Jahre erfassten PatientInnenkollektivs in Deutschland zunehmend an Bedeutung.

2.2 Aplasien

2.2.1 Ätiologie

Aplasien können sowohl als singuläre als auch multiple Erscheinungen vorkommen und treten entweder unabhängig von Syndromen (non-syndromal) oder abhängig von Syndromen auf [1,33,120]. Darunter zählen die Trisomie 21 [72] sowie die ektodermale Dysplasie [38]. Nach Erkenntnissen von De Coster et al. (2009) beruht das Fehlen von Zahnanlagen in den meisten Fällen auf komplexen Mutationen, die mehrere Gene betreffen [33]. Seit der Entschlüsselung des genetischen Codes wurden zahlreiche molekulare Untersuchungen durchgeführt, um die für Hypodontie verantwortlichen Gene zu identifizieren [127]. Dabei konnten über 100 Gene mit der Zahnentwicklung in Verbindung gebracht werden. Als isoliert auftretende Variante kann sie entweder durch eine Neumutation oder durch Vererbung bedingt sein, wobei die Vererbung autosomal-dominant, autosomal-rezessiv oder x-chromosomal-dominant oder -rezessiv erfolgen kann [14].

Die nicht-syndromale Hypodontie wird durch genetische Untersuchungen und Tierversuche mit Mutationen in den Genen MSX1 und PAX9 in Verbindung gebracht [81]. Die Proteinprodukte dieser Gene fungieren als Transkriptionsfaktoren, die essenziell für die Kommunikation zwischen dentalen Geweben und für das odontogene Potenzial des Mesenchyms sind [90]. Studien an Mäuseembryonen zeigten, dass eine homozygote Deletion von MSX1 und PAX9 die Zahnentwicklung bereits im Knospenstadium stoppt, was die essenzielle Bedeutung dieser Gene für die dentale Entwicklung unterstreicht. Es ist daher denkbar, dass diese Gene auch beim Menschen in einem vergleichbaren Stadium benötigt werden [89,98].

Die syndromale Hypodontie wird in Zusammenhang mit Mutationen in den Genen Shh, Pitx2, Irf6 und p63 gebracht [78].

Darüber hinaus wurde die isoliert auftretende Hypodontie auch mit Mutationen in den Genen AXIN2 und EDA in Verbindung gebracht [14].

Weitere ätiologische Faktoren können Umwelteinflüsse wie Chemotherapie, Bestrahlung [62,88] oder Allergien [136] sein. Diese können besonders während der Odontogenese Störungen der Zahnentwicklung hervorrufen. Aufgrund der multifaktoriellen und komplexen Genese der Zahnunterzahl variieren die Ausprägungen stark.

2.2.2 Prävalenz

Bei der Mehrheit der Aplasie - PatientInnen (83,1%) fehlen lediglich ein oder zwei bleibende Zähne. Abgesehen von den lateralen Schneidezähnen im Oberkiefer tritt eine einseitige

Aplasie (48%) häufiger auf als eine beidseitige symmetrische Aplasie (35,1%) [92]. Unterschiede in der Häufigkeit von Nichtanlagen zwischen Ober- und Unterkiefer wurden nicht festgestellt [92,112]. Die Anfälligkeit der einzelnen Zahntypen für Aplasie variiert jedoch erheblich [92]. Entwicklungsbedingt fehlt meist der distalste Zahn eines Zahntyps, darunter der seitliche Schneidezahn, der zweite Prämolare und der dritte Molar [15,59]. Abgesehen von den dritten Molaren ist der zweite Prämolare im Unterkiefer der am häufigsten nicht-angelegte Zahn, gefolgt von den seitlichen Schneidezähnen und den zweiten Prämolaren im Oberkiefer. Am seltensten von Nichtanlagen betroffen sind die mittleren Schneidezähne im Oberkiefer und die ersten Molaren im Unterkiefer [92]. Im bleibenden Gebiss zeigt die Prävalenz eine starke Variabilität, die von den untersuchten PatientInnengruppen und den angewandten Methoden abhängt. Mattheeuws et al. (2004) untersuchten die Entwicklung der Hypodontieprävalenz bei Kaukasiern im 20. Jahrhundert. Ihren Ergebnissen zufolge nahm die Häufigkeit von Hypodontie innerhalb des Untersuchungszeitraums zu. Ob dieser Anstieg tatsächlich auf eine Zunahme von Nichtanlagen zurückzuführen ist oder vielmehr auf präzisere Untersuchungsmethoden und ein verbessertes Screening, blieb jedoch ungeklärt [79].

2.2.2.1 Geschlechtsspezifische Prävalenz

Eine Metaanalyse von Polder et al. (2004), die 33 Studien aus den Jahren 1936 bis 2001 aus den USA, Europa, Australien und Asien einbezieht, ermittelte für Europäer eine durchschnittliche Prävalenz von 5,5%. Dabei sind weibliche Patientinnen mit einer Häufigkeit von 6,3% deutlich häufiger betroffen als männliche Patienten mit 4,6% [92]. Auch die Untersuchung von Kaukasiern im 20. Jh. von Mattheeuws et al. (2004), beschreibt eine häufigere Prävalenz bei weiblichen gegenüber männlichen PatientInnen [79]. Im Hinblick auf den Geschlechtsdimorphismus in Bezug auf die Häufigkeit einzelner Zahnanomalien war die Aplasie der oberen lateralen Schneidezähne bei männlichen Patienten signifikant niedriger als bei weiblichen Patientinnen [111]. Amini et al. (2012) haben in einer Metaanalyse einige wenige Populationen finden können, in denen das männliche Geschlecht mehr von Aplasien betroffen ist als das weibliche [11].

2.2.3 Diagnostik

2.2.3.1 Anamnese

Anamnestische Parameter spielen eine zentrale Rolle bei der Diagnostik von Hypodontie und liefern erste entscheidende Hinweise. Da Nichtanlagen häufig familiär gehäuft auftreten [14], ist eine gründliche Erhebung der Familienanamnese von besonderer Bedeutung. Zusätzlich können frühzeitige Traumata mit anschließender unabsichtlicher Entfernung eines Zahnkeims bei der Extraktion eines darüberliegenden Milchzahnes mögliche Ursachen für eine

Hypodontie sein. Demnach sollten anamnestisch Fragen nach bereits durchgeführten Extraktionen gestellt werden [115,130].

2.2.3.2 Klinische Diagnostik

Die klinische Untersuchung zur Diagnostik von Aplasien beinhaltet eine gründliche Inspektion und das systematische Zählen der Zähne im Ober- und Unterkiefer. Dabei werden die Vollständigkeit des Gebisses sowie die Zahnabfolge unter Berücksichtigung des Alters und des zu erwartenden Entwicklungsstadiums des Patienten überprüft. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Fehlen einzelner Zähne oder auffälligen Lücken, die auf eine Nichtanlage hinweisen könnten. Als eine typische Eruptionsabfolge der bleibenden Zähne findet sich in der Literatur für den Oberkiefer: 6-1-2-4-3-5-7 (1. Molar – mittlerer Schneidezahn – seitlicher Schneidezahn – 1. Prämolare – Eckzahn – 2. Prämolare – 2. Molar), und für den Unterkiefer: 6-1-2-3-4-5-7 (1. Molar – mittlerer Schneidezahn – seitlicher Schneidezahn – Eckzahn – 1. Prämolare – 2. Prämolare – 2. Molar) [5,70]. Interessant dabei ist die Beobachtung von Kochhar et al. (1998), dass der vorzeitige Verlust von Milchzähnen den Durchbruch der bleibenden Nachfolger verzögert. Eine Ausnahme bilden die oberen Prämolaren, deren Eruption beschleunigt war. Kochhar et al. (1998) zeigten auch, dass die oben genannte Reihenfolge im Oberkiefer nur bei 16% und im Unterkiefer lediglich bei 13% der Personen auftrat [70]. Zudem können die Eruptionszeiten einzelner Zähne um bis zu ± 15 Monate variieren [5]. Angesichts dieser Variabilität ist es ratsam, von einer individuellen Eruptionsabfolge bei jedem/jeder PatientIn auszugehen.

2.2.3.3 Radiologische Diagnostik

Die Nichtanlage eines Zahnes wird häufig im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik entdeckt, da vor der Behandlung eine radiologische Untersuchung entscheidend für die Diagnosestellung ist. Um bei klinisch fehlendem Zahn eine Pseudoanodontie auszuschließen, ist eine Röntgenaufnahme notwendig [104]. Das Orthopantomogramm stellt eine zentrale Methode dar, da es Informationen über die Anzahl und Position von Nichtanlagen, Retentionen und Verlagerungen liefert [100]. Zusätzlich ermöglicht es eine Beurteilung des Entwicklungsstadiums der Zähne im Knochen und gibt Hinweise auf die voraussichtliche Durchbruchsreihenfolge. Bei Unklarheiten oder schwer differenzierbaren Befunden kann es notwendig sein, ergänzend Einzelzahnaufnahmen anzufertigen, um eine präzisere Diagnose zu ermöglichen [47,100].

2.2.4 Therapie

Die Therapie von Zahnaplasien erfordert eine individuelle Planung, die sowohl funktionelle und ästhetische Aspekte als auch die Anzahl der fehlenden Zähne berücksichtigt [24,69]. Fehlende Zähne können nicht nur die Ästhetik und das Kauvermögen beeinträchtigen, sondern auch zu Okklusionsstörungen, Kreuzbissen und einer eingeschränkten Phonetik führen [83]. Zusätzlich besteht ein erhöhtes Risiko für Karies und Parodontitis, insbesondere bei Mikrosymptomen wie Zapfenzähnen [116]. Eine frühzeitige Therapie ist daher entscheidend, um diese Folgen als auch negative psycho-soziale und pädagogische Konsequenzen für Kinder zu vermeiden [49].

Die Wahl der Behandlung hängt maßgeblich von der Anzahl der Aplasien, dem Alter des Patienten und dem Zustand der Restbezaahnung ab [49]. Bei geringer Anzahl fehlender Zähne kommen kieferorthopädische Maßnahmen wie Lückenschluss, Platzhalter oder Autotransplantationen infrage [30,47]. Alternativ können herausnehmbare oder festsitzende prothetische Lösungen eingesetzt werden, wobei letztere meist erst nach Abschluss des Kieferwachstums empfohlen werden, um Wachstumsstörungen zu vermeiden [84]. Bei einer höheren Anzahl von Zahnaplasien sind komplexere Behandlungsansätze erforderlich. In der Wachstumsphase werden häufig Interimslösungen wie Teilprothesen gewählt, die das Wachstum nicht beeinträchtigen [91]. Nach Abschluss des Wachstums bieten festsitzende Prothetik und Implantate stabile Lösungen [117,135]. Im Fall von schwerwiegenden Zahnaplasien, insbesondere bei syndromalen Ursachen, ist eine Überweisung an spezialisierte Ambulanzen ratsam [48]. Das Alter und der Wachstumstyp (horizontal, vertikal, orthognath) beeinflussen die Wahl der Therapie erheblich [27]. Bei Kindern mit unvollständigem Wachstum ist Vorsicht geboten, da Implantate nicht mitwachsen und zu Infraokklusionen führen können [84,86].

Zukunftsperspektiven:

Neben konventionellen Methoden bieten neue biotechnologische Ansätze vielversprechende Perspektiven. Studien deuten darauf hin, dass Stammzelltherapien künftig die Regeneration von Zahngewebe ermöglichen könnten [73,108].

2.3 Zahndurchbruchsstörungen

2.3.1 Physiologischer Zahndurchbruch

Der Zahndurchbruch ist ein komplexer Prozess, bei dem sich ein Zahn von seiner Entwicklungsposition im Kieferknochen zu einer funktionellen Position in der Mundhöhle bewegt [93,94,131,132]. Dies erfordert sowohl intraossäre als auch intraorale Bewegungen und wird maßgeblich durch die Interaktion zwischen Zahnfollikel, Osteoblasten und Osteoklasten gesteuert [131,132]. Ein intakter Zahnfollikel ist essenziell für die Knochenresorption und die Bewegung des Zahnkeims, während Wurzel und parodontales Ligament eine eher untergeordnete Rolle spielen [28,75]. Der Zahndurchbruch beginnt mit der Wurzelbildung, wobei der koronale Bereich des Zahnfollikels die Knochenresorption durch Osteoklasten reguliert und der apikale Bereich die Knochenbildung durch Osteoblasten fördert [76,132]. Gene wie RANKL (Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa-B Ligand) und BMP (Bone Morphogenetic Protein) steuern diese Prozesse und zeigen eine regionale Expressionsverteilung im Zahnfollikel [132]. Es konnte gezeigt werden, dass RANKL vermehrt im koronalen Bereich und BMP häufiger im apikalen Bereich vorkommt. An diesen Stellen beeinflusst RANKL die Knochenresorption und BMP die Knochenbildung [132]. Studien an Hunden und Mäusen bestätigen, dass die Signalisierung des parathyroidhormonverwandten Proteins (PTHrP) über den PTH1R-Rezeptor eine zentrale Rolle im Durchbruchprozess spielt. Diese Signalwege fördern die Aktivierung von RANKL und damit die Aktivierung von Osteoklasten und den Abbau des umgebenden Knochens, um eine Durchbruchsbahn zu schaffen [52,85,96,123]. Fehlfunktionen in diesen Signalwegen können zu Erkrankungen wie Osteopetrose führen, die durch eine übermäßige Knochenmineralisierung und gestörten Zahndurchbruch gekennzeichnet ist [137]. Zusammenfassend zeigt sich, dass der Zahndurchbruch ein hochregulierter Prozess ist, der von genetischen und molekularbiologischen Faktoren gesteuert wird. Trotz umfangreicher Forschungen bleiben viele Mechanismen, insbesondere auf zellulärer und molekularer Ebene, weiterhin unvollständig verstanden [77,133].

2.3.2 Anomalieformen

Die Fachliteratur klassifiziert Störungen des Zahndurchbruchs sowohl nach den auslösenden Ursachen als auch nach dem Retentionsgrad [41]. Eine klassische Retention liegt vor, wenn der Zahn trotz abgeschlossenem Wurzelwachstum das Tegument nicht durchbrochen hat [59]. Ein retinierter Zahn befindet sich in seiner korrekten Achsausrichtung und an der anatomisch vorgesehenen Position, ohne aus der normalen Zahnreihe verschoben zu sein [99]. Von einer Retention spricht man auch dann, wenn der Zahndurchbruch nicht innerhalb des erwarteten Zeitraums abgeschlossen wurde und die Verzögerung mindestens 1,5 Jahre beträgt [59]. Von

der klassischen Retention unterscheidet sich die Teilretention (auch sekundäre Retention), bei der der Zahn zwar die Mukosa durchbricht, jedoch in dieser Position verharrt und die Okklusionsebene nicht erreicht [9,95].

Ein Subtyp der klassischen Retention ist die Verlagerung, bei der sich der Zahn zusätzlich in einer abweichenden Position im Kiefer befindet, die Längsachse von der physiologischen Durchbruchsrichtung abweicht und ein Spontandurchbruch nicht möglich ist [101,129].

2.3.2.1 Retentionen

2.3.2.1.1 Ätiologie

Zahnretentionen können verschiedene Ursachen haben, darunter mechanische Blockaden wie ein Odontom, Ankylosen, Tumore, Zysten oder der frühzeitige Verlust eines Milchzahns, der dazu führt, dass die benachbarten Zähne die Lücke teilweise oder vollständig schließen [9]. Wird ein zurückgehaltener Zahn durch ein Hindernis blockiert oder von umliegenden Strukturen eingengt, spricht man von einer Impaktion [59]. Der Schweregrad der Retentionen in Abhängigkeit von der Anzahl der betroffenen Zähne erfordert eine Differenzierung zwischen singulären und multiplen Retentionen. Während ein primärer Platzmangel als Hauptursache für die Retention einzelner oder weniger Zähne gilt, tritt eine multiple Retention häufig als fakultatives Symptom bei Syndromerkrankungen wie der Dysostosis cleidocranialis auf. Zudem ist sie häufig mit Fehlbildungen und endogenen Dysfunktionen assoziiert [9]. Zu den durch systemische Faktoren bedingten Störungen, zählt auch die Primäre Durchbruchsstörung oder „Primary Failure of Eruption“ (PFE) [4,46].

2.3.2.1.2 Prävalenz

Je nach Quelle variiert die Häufigkeit retinierter Zähne in der deutschen Population zwischen 1,59% [125] und 12,2% [9]. Eine Untersuchung von Tränkmann (1973) an 14.000 PatientInnen aus Universitätskliniken in der damaligen Bundesrepublik Deutschland ergab die oben angegeben Prävalenz von 1,59%, wobei Weisheitszähne ausgeschlossen wurden [125]. Es zeigt sich außerdem eine höhere Prävalenz retinierter Zähne im Oberkiefer im Vergleich zum Unterkiefer (2,23:1). Alt (1991) beschreibt, dass Retentionen in 2/3 bis 3/4 der Fälle im Oberkiefer auftreten, was ebenfalls auf eine höhere Prävalenz gegenüber dem Unterkiefer hinweist [9]. Aktuelle Studien zeigen regionale Unterschiede in der Prävalenz retinierter Zähne. Fardi et al. (2011) fanden in Griechenland bei 13,7% von 1.239 PatientInnen mindestens einen retinierten Zahn [39], während Patil et al. (2014) in Indien eine Prävalenz von 16,8% bei 4.750 PatientInnen beobachteten [87]. Aktan et al. (2010) berichteten in der Türkei von einer Rate von 2,9 % unter 5.000 untersuchten Personen [6]. Trotz dieser Unterschiede weisen alle Studien darauf hin, dass die Eckzähne am häufigsten retiniert sind (nach den

Weisheitszähnen). Sie geben, betrachtet auf die Gesamtzahl der retinierten Zähne, diese Häufigkeit mit 56,7% bis 59,6% an [39,87], wobei eine Retention oft mit einer Verlagerung einhergeht [118]. Gemeinsam ist allen Studien, dass die Mehrheit der Patienten nur einen retinierten Zahn hatte. Alt (1991) hat in einer Metaanalyse mehrere Prävalenzen in Bezug auf die Gesamtzahl retinierter Zähne zusammengefasst. Es finden sich retinierte oberer Eckzähne mit einer Prävalenz zwischen 24,4% bis 61%. Für die Unterkiefer zweiten Prämolaren finden sich Werte zwischen 5%-22,5% sowie für die oberen mittleren Schneidezähne Werte zwischen 4,1%-22,2% [9]. Auch gibt es Hinweise auf Unterschiede zwischen den Seiten: Retentionen treten im linken oberen Kieferquadranten häufiger auf. Zähne, die später innerhalb ihrer Gruppe durchbrechen, zeigen häufiger Retentionen [125].

2.3.2.1.2.1 Geschlechtsspezifische Prävalenz

In der Untersuchung von Tränkmann (1973) finden sich 1/4 mehr Retentionen bei weiblichen Patientinnen gegenüber männlichen Patienten [125]. Die Metaanalyse von Alt (1991) findet ebenfalls in allen untersuchten Studien eine erhöhte Prävalenz von Retentionen bei weiblichen Patientinnen gegenüber männlichen Patienten [9]. Im Hinblick auf vereinzelte Zahntypen stellt Tränkmann (1973) bei den oberen mittleren Schneidezähnen ein Prävalenzverhältnis von 3:1 (m:w) und bei den oberen Eckzähnen von 5:7 (m:w) fest [125].

2.3.2.1.3 Diagnostik

2.3.2.1.3.1 Anamnese

Bei Zahnretentionen spielt, wie bei anderen Anomalien, die Anamnese eine zentrale Rolle. Hier sind ebenfalls Familienanamnese sowie Fragen nach Traumata oder systemischen Erkrankungen aufschlussreich. Des Weiteren dienen Fragen nach frühzeitigem Milchzahnverlust als Anhaltspunkt für eine mögliche Lückeneinengung und folglich Retention [130].

2.3.2.1.3.2 Klinische Diagnostik

Wenn während der Kontrolle des Zahnwechsels durch den/der Zahnarzt/-ärztin oder Kieferorthopäde/-in Abweichungen in der altersgemäßen Zahnentwicklung festgestellt werden, ist eine detailliertere Untersuchung (Inspektion und Palpation) erforderlich [37]. Besonders wird auf persistierende Milchzähne, Platzmangel oder Lückenbildungen (Diastemata) geachtet.

2.3.2.1.3.3 Radiologische Diagnostik

In den meisten Fällen dient die klinische Diagnostik lediglich der Vermutung des Befundes. Daher wird eine Röntgenuntersuchung zur Bestätigung des Verdachtes auf eine Retention notwendig. Gleichmaßen wie bei der Aplasie dient hier ein Orthopantomogramm zum Aufschluss. Palatinal positionierte Zähne erscheinen auf einem OPG vergrößert, während vestibulär gelegene Zähne auf der Aufnahme kleiner dargestellt werden [40,134]. Für eine sichere Diagnosestellung und genaue Lagebestimmung ist jedoch eine zweite radiologische Ebene notwendig. Zur präzisen Lokalisation eines verlagerten Zahns können Aufbissaufnahmen und Zahnfilme in orthoradialer oder exzentrischer Lage hilfreich sein [110]. Gemäß der S2k-Leitlinie "Dentale digitale Volumentomographie" (DVT) (2022), ist oft eine DVT- Aufnahme bei Retentionen notwendig [34]. Jawad et al. (2016) konnten herausfinden, dass im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik bei einer Gesamtzahl von 42 retinierten Eckzähnen in 12 von 19 Fällen erst auf den DVT-Aufnahmen Resorptionen an den Nachbarzähnen vorlagen [54]. Ucar et al. (2017) zeigten ebenfalls detailliert das Ausmaß der Resorption der seitlichen Schneidezähne durch retinierte und verlagerte obere Eckzähne in der DVT auf [126].

2.3.2.1.4 Therapie

Die Indikation für die operative Freilegung eines retinierten Zahns der zweiten Dentition besteht, sofern dessen Position im Kiefer nicht ungewöhnlich ist und der dafür vorgesehene Platz im Zahnbogen weder eingeschränkt noch vollständig verschlossen wurde [105]. Bei retinierten Zähnen ist es in der Regel ausreichend, durch gezielte Schaffung von Platz im Zahnbogen die Bedingungen für einen spontanen Durchbruch zu ermöglichen. Sollte der Raum durch Kippungen oder Wanderungen benachbarter Zähne reduziert sein, ist es im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung erforderlich, die Nachbarzähne entweder nach distal oder mesial zu verschieben [97]. In Ausnahmefällen kann auch die Extraktion eines benachbarten Zahns notwendig werden, insbesondere wenn es bereits zur Wurzelresorption kam [10,26]. Becker et al. (2010) fanden in ihrer Studie heraus, dass es in 32,4% der Fälle zu Ankylosen der retinierten oberen Eckzähne kommt [22]. Daher wird empfohlen, eine vorhandene Zahnreihe nicht zu beeinträchtigen und benachbarte Zähne nicht vorschnell zu entfernen. Entscheidend für diese Abwägung ist die Bedeutung des zu entfernenden Zahns hinsichtlich seiner Anfälligkeit für Karies, seiner Kaufunktion und der Möglichkeit einer späteren prothetischen Versorgung. Die Wahl der geeigneten Therapie für retinierte Zähne hängt im Wesentlichen von der topografischen Lage der Zahnretention ab [97]. Unbehandelte retinierte Zähne können verschiedene Komplikationen verursachen. Dazu zählen neben den Wurzelresorptionen benachbarter Zähne auch Verlagerungen der angrenzenden Zähne durch die Entstehung von Zysten. Zusätzlich können der Verlust der Eckzahnführung und

ästhetische Beeinträchtigungen auftreten [97]. Aus diesen Gründen wird häufig eine kieferorthopädische Einordnung retinierter Zähne angestrebt. Neben der Wiederherstellung der Ästhetik wird auch der parodontale Zustand des eingeordneten Zahns nach Abschluss der Behandlung beurteilt [20]. Studien zeigen, dass in 56%-95% der Fälle zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden [21,31].

2.3.2.2 Verlagerungen

2.3.2.2.1 Ätiologie

Die Ätiologie verlagerter Zähne ist komplex und wird durch eine Kombination genetischer, systemischer und lokaler Faktoren beeinflusst [23,58]. Genetische Ursachen können ein fehlpositionierter Zahnkeim und das Auftreten einer Kieferspalt sein. Als systemische Faktoren werden u.a. endokrine Defizite oder Strahlentherapie gesehen [58]. Ein zu kleiner Kiefer kann dazu führen, dass Zähne nicht genügend Raum für den regulären Durchbruch haben und dadurch verlagert werden [51,60]. Verletzungen im Kieferbereich können die Position von Zahnkeimen beeinflussen und somit zu Verlagerungen führen [58]. Einflussfaktoren können das Vorhandensein zusätzlicher Zähne oder Odontome sein. Diese können den festgelegten Durchbruch anderer Zähne behindern und sie damit verlagern [57,58]. Häufig führt eine Kombination dieser Faktoren zur Verlagerung von Zähnen.

Laut Literatur ist besonders oft der Oberkiefer Eckzahn verlagert [118,129]. Der Durchbruchsweg der Eckzähne ist aufgrund seiner Länge und Komplexität sowohl zeitlich als auch räumlich einzigartig. Die Zahnkeime der Eckzähne entstehen in der Fossa canina, medial des Foramen infraorbitale, und nehmen einen kurvenförmigen Weg von der basalen Kieferregion bis zur Okklusionsebene, um sich in den Zahnbogen einzuordnen [32]. Dabei dient die Wurzel des seitlichen Schneidezahns als Führungsstruktur. Laut der Guidance-Theorie folgt der Eckzahn beim Durchbruch der distalen Fläche der Wurzel des seitlichen Schneidezahns. Fehlt diese Wurzel oder ist sie fehlgebildet (z.B. zapfenförmig), besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass der Eckzahn nicht korrekt durchbricht [19]. Studien zeigen, dass kleine oder fehlgebildete seitliche Schneidezähne mit einem erhöhten Risiko für Eckzahnverlagerungen einhergehen. Becker et al. (1981) konnten nachweisen, dass PatientInnen mit schmaleren oder mit zapfenförmigen Schneidezähnen häufiger eine Verlagerung des Eckzahns aufweisen [18]. Die Verlagerung von Eckzähnen kann in palatinale und bukkale Verlagerungen unterschieden werden. Palatinale Verlagerungen treten meist bei ausreichend oder übermäßigem Platz im Oberkiefer auf, während bukkale Verlagerungen vor allem durch Zahnengstand verursacht werden [51].

2.3.2.2.2 Prävalenz

Unter den verlagerten Zähnen zeigen die bleibenden oberen Eckzähne, ausgenommen die Weisheitszähne, mit einer Häufigkeit von 44,8% [118] bis 61% [129] die größte Prävalenz. Als zweit häufigste verlagerte Zähne (2,5%-15,9%) stellen sich die oberen Schneidezähne heraus [118,129]. Bei vorliegenden überzähligen Zähnen, wie es bei Odontomen der Fall ist, ergab eine Untersuchung von Jung et al. eine ähnliche Prävalenz der Verlagerung der benachbarten bleibenden Schneidezähne um 14,5% [57]. Laut Stahl et al. (2003) folgen dann die oberen zweiten Prämolaren, die unteren zweiten und die oberen ersten Prämolaren [118]. 82,5% aller Verlagerungen finden sich im Oberkiefer [118]. Etwa 8% der PatientInnen mit Durchbruchsstörungen der oberen Eckzähne weisen eine beidseitige Verlagerung auf [129]. Ca. 85% dieser verlagerten Eckzähne befinden sich palatinal und nur 15% bukkal [36,51].

2.3.2.2.2.1 Geschlechtsspezifische Prävalenz

Weibliche Patientinnen sind in mehreren Untersuchungen häufiger von Verlagerungen betroffen als männliche Patienten: Becker et al. (1981) finden palatinal verlagerte Eckzähne einseitig als auch beidseitig mehr beim weiblichen Geschlecht. Sie geben ein Verhältnis 1:2 (m:w) unilateral und 1:3 (m:w) bilateral an [18]. Abdallah et al. (2018) ermittelten in ihrer Studie zu verlagerten Zähnen eine Geschlechtsverteilung von 46,6% männlichen und 53,4% weiblichen PatientInnen [7]. Stahl (2003) gibt wiederum keinen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied an [118].

2.3.2.2.3 Diagnostik

2.3.2.2.3.1 Anamnese

Bereits die Anamnese kann erste Hinweise auf eine Verlagerung geben (Frontzahntrauma im Milchgebiss, frühzeitige Milchzahnextraktionen, genetische Prädisposition).

2.3.2.2.3.2 Klinische Diagnostik

Bei der klinischen Befunderhebung ist neben der Inspektion die Palpation wichtig. Insbesondere die Eckzähne des Oberkiefers lassen sich palatinal oder vestibulär als Auftreibung palpieren. Die Palpation der Umschlagfalte oberhalb des Milcheckzahns kann bereits bei Kindern im Alter von 9 bis 10 Jahren Hinweise auf die Position des bleibenden Oberkiefereckzahns auf seinem Durchbruchsweg liefern. Wird vestibulär keine Auftreibung oder Vorwölbung ertastet, sollte eine Durchbruchsstörung des Eckzahns in Erwägung gezogen und eine radiologische Abklärung durchgeführt werden [37]. Auch die bleibenden seitlichen Schneidezähne im Oberkiefer werden sorgfältig untersucht. Auffälligkeiten in ihrer Position, Form oder Neigung können auf das Vorliegen eines verlagerten Eckzahns hindeuten. Ein

partiell verzögerter Zahnwechsel mit Milchzahnpersistenz, Platzmangel im Zahnbogen, Kippung oder Falschstand der Nachbarzähne können weitere Indizien für Verlagerungen sein [110].

2.3.2.2.3.3 Radiologische Diagnostik

Entsprechend Teil 2.3.2.1.3.3

2.3.2.2.4 Therapie

Eine Einordnung verlagelter Zähne in den Zahnbogen ist in der Regel nur nach chirurgischer Freilegung und durch aktive kieferorthopädische Maßnahmen möglich [99,129]. Nach der Freilegung des Zahns ist eine Anschlingung erforderlich, um gezielte Zugkräfte auf den Zahn auszuüben. Dies ist notwendig, da bei dieser Art der Anomalieform aufgrund des abgeschlossenen Wurzelwachstums kein natürlicher Druck aus dem umliegenden Knochen mehr besteht [105]. Die Zugvorrichtungen zur Behandlung von Retentionen haben sich im Laufe der Zeit erheblich weiterentwickelt. Früher kamen beispielsweise Lassos zum Einsatz, die um den freigelegten Zahnhals gespannt wurden, oder Schrauben und Stifte, die direkt in den Zahnschmelz eingedreht wurden [80,109]. Heute wird überwiegend ein Attachment in Form eines Knöpfchens oder Brackets auf den Zahn aufgebracht [105]. Dabei erfolgt zunächst eine chirurgische Freilegung des Zahns, beispielsweise durch eine lokale Exzision, einen reponierten Mukoperiostlappen oder einen apikalen Verschiebelappen. Die Wahl der jeweiligen chirurgischen Technik ist dabei abhängig von der Lage des verlagerten Zahnes [29,105]. Anschließend wird der Zahn nach der Säure-Ätz-Technik vorbereitet. Danach wird das Attachment mithilfe von Adhäsiv und Komposit befestigt [105]. An diesem Befestigungselement ist eine Metallkette mit mehreren Ösen angebracht, die es dem/der Kieferorthopäden/-in ermöglicht, Zugkräfte auf den Zahn auszuüben. Während der Zahn allmählich aus dem Knochen herausbewegt wird, können die Ösen schrittweise gekürzt werden, um den Fortschritt der Bewegung zu steuern und anzupassen [29,105].

2.4 Ziel der vorliegenden Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, die Prävalenz der behandlungsbedürftigen KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Praxis aus Nordrhein bei gesetzlich versicherten PatientInnen über einen langjährigen Zeitraum zu bestimmen, die Verteilung in den Kiefern bzw. in den Quadranten sowie geschlechtsspezifische Besonderheiten zu evaluieren. Dafür liegen Daten für U4 über 20 Jahre (Zeitraum 2002-2021) sowie für S4 und S5 über 10 Jahre (Zeitraum 2012-2021) vor. Das Alter der Kinder und Jugendlichen hat eine Spanne von 8,34-17,96 Jahren.

Zusätzlich soll ein Fokus auf den jeweiligen Altersgipfel gelegt werden, an dem die meisten PatientInnen zur Erstberatung in die kieferorthopädische Facharztpraxis kamen und die entsprechenden Befunde U4, S4 und S5 erhoben werden konnten.

Im Vergleich mit der allgemeinen Studienlage soll diskutiert werden, ob die Daten der vorliegenden Studie als repräsentativ gewertet werden können oder spezifische Besonderheiten aufweisen.

3 Material

3.1 Ethikantrag

Ein Votum der Ethikkommission war für diese Studie nicht erforderlich, da es sich um eine retrospektive und anonymisierte Studie handelt.

3.2 PatientInnen

In dieser Studie wurden retrospektiv 387 gesetzlich versicherte PatientInnen des weiblichen und männlichen Geschlechts untersucht. Die Daten entstammen einer kieferorthopädischen Praxis aus Tönisvorst (Kreis Viersen, Kammerbereich Nordrhein). Es erfolgte eine Vorauswahl anhand der bereits zu Therapiebeginn zugeordneten KIG-Klassifikation, welche nochmals anhand Röntgenbilddauswertungen auf Richtigkeit untersucht wurden. Die Altersspanne der PatientInnen liegt zwischen 8,76-17,45 Jahren für Nichtanlagen, zwischen 8,34-17,96 für Retentionen und zwischen 9,17-17,02 Jahren für Verlagerungen. Die PatientInnen wurden im Zeitraum von 20 Jahren hinsichtlich Nichtanlagen miteinander verglichen. Über einen Zeitraum von 10 Jahren wurden PatientInnen mit retinierten und verlagerten Zähnen verglichen. PatientInnen mit Mehrfachbefunden wurden, gemäß den geltenden Richtlinien, in die jeweils höhere KIG-Stufe eingeteilt (siehe 2.1). Zu den oben genannten PatientInnengruppen wurden die PatientInnenakten studiert und Orthopantomogramme befundet, welche zur Einstufung in die KIG und damit zum Therapiestart ausschlaggebend waren. Notwendige Informationen aus den PatientInnenakten waren Angaben über Zahnverluste durch Extraktion oder Trauma, um Fehluordnungen auszuschließen. Ausschlusskriterien für diese Studie waren demnach PatientInnen, bei denen Hypodontien aufgrund eines erworbenen Effekts vorlagen. Hinsichtlich Retentionen und Verlagerungen wurden PatientInnen ausgeschlossen, bei denen ausschließlich Weisheitszähne betroffen waren. Anhand der OPGs wurden die einzelnen Fehlstörungen diagnostiziert und der jeweilige Zahn in einer Exceltabelle aufgenommen und den PatientInnen mit Geschlecht und Alter zu Beginn der KIG – Einstufung zugeordnet.

KIG - Stufe	Geschlecht	Anzahl [n]	ø Alter [J]	PatientInnenalter [J] in Bezug zur Anzahl [n]									
				8 J	9 J	10 J	11 J	12 J	13 J	14 J	15 J	16 J	17 J
U4	weiblich	108	11,4	3	15	29	31	11	14	3	1	0	1
	männlich	73	12,18	0	4	16	17	17	7	8	2	1	1
	gesamt	181	11,71	3	19	45	48	28	21	11	3	1	2
S4	weiblich	33	12,4	1	2	7	6	8	1	4	2	0	2
	männlich	43	12,58	0	1	12	4	8	9	6	2	0	1
	gesamt	76	12,5	1	3	19	10	16	10	10	4	0	3
S5	weiblich	73	12,14	0	3	15	19	19	9	4	2	1	1
	männlich	57	12,55	0	3	10	7	19	4	8	3	2	1
	gesamt	130	12,32	0	6	25	26	38	13	12	5	3	2

Tab. 1: Alters- und Geschlechtsverteilung versicherter PatientInnen im Zeitraum von 2002-2021 mit der KIG-Klassifikation U4 und im Zeitraum von 2012-2021 mit den KIG-Klassifikationen S4 und S5

3.3 Methoden

3.3.1 Röntgenbilder

Für die Analyse wurden primär Orthopantomogramme verwendet, die eine zweidimensionale, umfassende Darstellung des Ober- und Unterkiefers bieten. Diese dienten der Beurteilung der Zahnanlagen, Zahnstellungen sowie möglicher Anomalien wie Retentionen, Verlagerungen und Nichtanlagen.

In einigen wenigen Fällen von Retentionen oder Verlagerungen lagen zusätzliche Zahnfilme vor. Diese ermöglichten eine genauere Beurteilung der Achsenstellung, Wurzelmorphologie und des Umgebungsgewebes der betroffenen Zähne.

Alle Röntgenbilder wurden auf eine ausreichende Bildqualität überprüft. Eingeschlossen wurden ausschließlich Aufnahmen, die eine vollständige Darstellung der Kieferstrukturen gewährleisteten. Ausschlusskriterien umfassten unvollständige Aufnahmen, starke Artefakte oder Fehlausrichtungen, die die Diagnostik beeinträchtigen könnten.

3.3.2 Röntgenbildauswertung

Röntgenbilder mit fehlenden Zähnen wurden zunächst anhand der Karteikarte auf mögliche Extraktion oder traumatischen Verlust des Zahnes untersucht. PatientInnen mit diesen

Ursachen für eine Hypodontie wurden in der Studie nicht berücksichtigt. OPGs von PatientInnen mit Retentionen und Verlagerungen wurden nach den Definitionen unter 2.1 untersucht. Es wurde ein Zahn als retiniert eingestuft, wenn dieser aufgrund eines Hindernisses oder auch zu nahe liegender Nachbarzähne nicht durchbrechen kann oder als verlagerter, wenn eine Fehllage eines Zahnkeimes ohne eine Möglichkeit des Spontandurchbruchs vorliegt.



Abb. 1: OPG mit Nichtanlagen 12 und 22 [50]



Abb. 2: OPG mit Retentionen 35 und 45 (Tendenz zur Verlagerung 15) [107]



Abb. 3: OPG mit Verlagerungen 15 und 25 [65]

3.3.3 Diagramme und Tabellen

Zur Visualisierung ausgewählter Parameter wurden unter zu Hilfenahme von Microsoft® Office Excel (Microsoft Ireland Operations Limited, Ireland) Graphiken und Diagramme erstellt. Balken- und Liniendiagramme unterscheiden sich farblich zur Visualisierung der verschiedenen Geschlechter als auch der Gesamtbetrachtung. Zur Darstellung des Verteilungsmusters des Auftretens der jeweiligen Anomalie dient eine Tabelle mit einschließender prozentualer Angabe. Zur vereinfachten Darstellung der Verteilung der Anomalie nach Lage wurden Zahnschemata nach dem FDI-System erstellt. In diesen ist die Verteilung nach allen vier Quadranten über den Gesamtzeitraum dargestellt. Weitere Tabellen zeigen die PatientInnenverläufe über den Gesamtzeitraum differenziert nach den einzelnen Quadranten der Mundhöhle. Weitere Liniendiagramme stellen die Alters- und Geschlechtsverteilung innerhalb der einzelnen KIG-Stufen dar.

3.3.4 Statistische Analyse

Die deskriptiv statistische Analyse dient dazu, die wesentlichen Merkmale des Datensatzes zusammenzufassen und eine erste Orientierung über die Verteilung und Struktur der Daten zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Arbeit wird die deskriptive Statistik verwendet, um die zentralen Tendenzen und die Streuung der untersuchten Variablen zu bestimmen sowie potenzielle Zusammenhänge zwischen verschiedenen Merkmalen zu identifizieren.

3.3.5 Methodenfehler

Fehlinterpretationen wurden nach dem Vier-Augen-Prinzip (Vorselektion durch zwei Fachzahnärzte, Nachselektion durch mich als Doktorandin) vermieden.

4 Ergebnisse

4.1 Allgemein

In folgenden Tabellen und Graphiken sind Aplasien (über einen Zeitraum von 2002 – 2021), Retentionen und Verlagerungen (über einen Zeitraum von 2012 – 2021) unterschiedlich aufgeteilt dargestellt. Es wurde unterteilt nach Verteilungsmuster bei allen PatientInnen sowie den weiblichen Patientinnen und männlichen Patienten. Weiterhin sind Einzelzahn betrachtungen nach dem FDI-Schema dargestellt wurden, ebenfalls unterteilt in alle PatientInnen sowie nach Geschlecht. Andere Tabellen und Graphiken stellen die Verläufe über den Gesamtzeitraum, differenziert nach Quadranten für alle PatientInnen dar. Liniendiagramme stellen die Alters- und Geschlechtsverteilung innerhalb der einzelnen KIG-Stufen dar.

4.2 Ergebnisse Aplasien

4.2.1 Verteilungsmuster bei allen PatientInnen, weiblichen und männlichen PatientInnen (Tab. 2, Abb. 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b)

Insgesamt wurden 181 PatientInnen hinsichtlich des Auftretens von Zahnaplasien untersucht, davon waren 108 weiblich und 73 männlich.

Die Analyse zeigt, dass bei den meisten PatientInnen nur eine oder zwei Aplasien gleichzeitig auftraten. Einzelne Aplasien, also das Fehlen eines einzelnen Zahns, waren bei 70 PatientInnen (38,64%) festzustellen. Der Anteil lag bei den weiblichen Patientinnen bei 41,12% und bei den männlichen bei 35,62%. Besonders häufig betroffen waren in beiden Geschlechtern der Zahn 12 und 35.

Bei zwei gleichzeitig auftretenden Aplasien lag die Anzahl der betroffenen PatientInnen bei 71 (39,21%), was ebenfalls eine große Gruppe ausmacht. Dieser Anteil verteilt sich auf 38,32% bei weiblichen und 41,10% bei männlichen PatientInnen. Häufige Kombinationen betroffener Zähne in dieser Gruppe waren in beiden Geschlechtern die Zahnpaare 12,22 und 35,45.

Somit war bei den weiblichen Patientinnen die Anzahl mit einer Nichtanlage gegenüber mit zwei Nichtanlagen geringfügig größer (n=44 vs. n=41), bei den männlichen Patienten dagegen etwas geringer (n=26 vs. n=30).

Drei Aplasien traten bei insgesamt 18 PatientInnen (9,92%) auf, wobei sich dieser Anteil auf 9,35% der weiblichen und 10,96% der männlichen PatientInnen verteilt. Häufig betroffene Kombinationen waren hier die Zähne 15,25,45 und 15,35,45.

Höhere Anzahlen gleichzeitig auftretender Aplasien, von vier bis zehn Zähnen, waren deutlich seltener. Vier Aplasien fanden sich bei 15 PatientInnen (8,26%), fünf bei zwei PatientInnen (1,10%) und sechs bei drei PatientInnen (1,65%). Vier gleichzeitig auftretende Aplasien waren besonders in der Kombination 15,25,35,45 gleichermaßen bei männlichen als auch weiblichen PatientInnen vertreten.

Die höchste Anzahl gleichzeitig fehlender Zähne, nämlich zehn, trat nur bei einer Patientin auf, was 0,55% der untersuchten Fälle entspricht. Diese seltenen Fälle von vier und mehr Aplasien verteilen sich weitgehend gleichmäßig auf weibliche und männliche PatientInnen, wobei die spezifischen Zahnkombinationen geringfügige Unterschiede aufwiesen.

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass die meisten PatientInnen nur eine oder zwei Aplasien aufweisen. Höhere Zahlen an gleichzeitig fehlenden Zähnen waren selten und traten in beiden Geschlechtern relativ gleichmäßig auf. Weibliche Patientinnen haben die höhere Quote bei einer Aplasie, männliche Patienten hingegen haben einen höheren Anteil bei zwei und mehreren Aplasien.

PatientInnen							
Aplasien		Alle		Weibliche		Männliche	
n	Beschreibung	n	%	n	%	n	%
1	12	25	13,81	15	14,02	10	13,70
1	14	1	0,55	1	0,93	0	0,00
1	15	3	1,66	2	1,87	1	1,37
1	22	10	5,52	6	5,61	4	5,48
1	23	1	0,55	1	0,93	0	0,00
1	24	1	0,55	1	0,93	0	0,00
1	25	2	1,10	1	0,93	1	1,37
1	32	1	0,55	0	0,00	1	1,37
1	35	13	7,18	8	7,48	5	6,85
1	41	2	1,10	2	1,87	0	0,00
1	42	1	0,55	1	0,93	0	0,00
1	44	2	1,10	1	0,93	1	1,37
1	45	8	4,42	5	4,67	3	4,11
	Summe / Prozentualer Anteil:	70	38,64	44	41,12	26	35,62
2	12,22	33	18,23	20	18,69	13	17,81
2	12,35	1	0,55	1	0,93	0	0,00
2	13,23	2	1,10	0	0,00	2	2,74
2	15,25	3	1,66	3	2,80	0	0,00
2	15,35	2	1,10	2	1,87	0	0,00
2	25,35	3	1,66	3	2,80	0	0,00
2	25,45	1	0,55	0	0,00	1	1,37
2	31,41	3	1,66	1	0,93	2	2,74
2	35,45	22	12,15	11	10,28	11	15,07
2	41,45	1	0,55	0	0,00	1	1,37
	Summe / Prozentualer Anteil:	71	39,21	41	38,32	30	41,10
3	12,31,41	1	0,55	0	0,00	1	1,37
3	12,22,25	2	1,10	2	1,87	0	0,00
3	12,22,35	1	0,55	0	0,00	1	1,37
3	13,12,23	1	0,55	0	0,00	1	1,37
3	14,15,25	2	1,10	1	0,93	1	1,37
3	15,25,45	3	1,66	3	2,80	0	0,00
3	15,35,45	3	1,66	1	0,93	2	2,74
3	15,37,47	1	0,55	1	0,93	0	0,00

3	22,35,45	1	0,55	0	0,00	1	1,37
3	32,42,22	1	0,55	1	0,93	0	0,00
3	35,31,41	1	0,55	1	0,93	0	0,00
3	42,41,32	1	0,55	0	0,00	1	1,37
	Summe / Prozentualer Anteil:	18	9,92	10	9,35	8	10,96
4	12,22,15,23	1	0,55	1	0,93	0	0,00
4	12,22,35,45	2	1,10	1	0,93	1	1,37
4	12,22,34,44	1	0,55	0	0,00	1	1,37
4	12,22,33,43	1	0,55	0	0,00	1	1,37
4	12,22,37,47	1	0,55	1	0,93	0	0,00
4	14,24,35,45	1	0,55	0	0,00	1	1,37
4	15,12,22,25	1	0,55	1	0,93	0	0,00
4	15,25,35,45	6	3,31	3	2,80	3	4,11
4	15,24,25,45	1	0,55	1	0,93	0	0,00
	Summe/Prozentualer Anteil	15	8,26	8	7,48	7	9,59
5	12,22,15,25,45	1	0,55	1	0,93	0	0,00
5	15,24,25,35,45	1	0,55	1	0,93	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	2	1,10	2	1,87	0	0,00
6	12,22,15,25,17,27	1	0,55	1	0,93	0	0,00
6	12,22,15,25,35,45	1	0,55	0	0,00	1	1,37
6	15,14,24,25,35,45	1	0,55	0	0,00	1	1,37
	Summe / Prozentualer Anteil:	3	1,65	1	0,93	2	2,74
9	17,15,13,12,22,23,24,35,45	1	0,55	1	0,93	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	1	0,55	1	0,93	0	0,00
10	14,15,22,23,24,25,34,35,44,45	1	0,55	1	0,93	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	1	0,55	1	0,93	0	0,00
	PatientInnen gesamt:	181	100	108	100	73	100

Tab. 2: Verteilungsmuster der Aplasien bei allen PatientInnen (n=181), bei weiblichen Patientinnen (n=108) und bei männlichen Patienten (n=73)

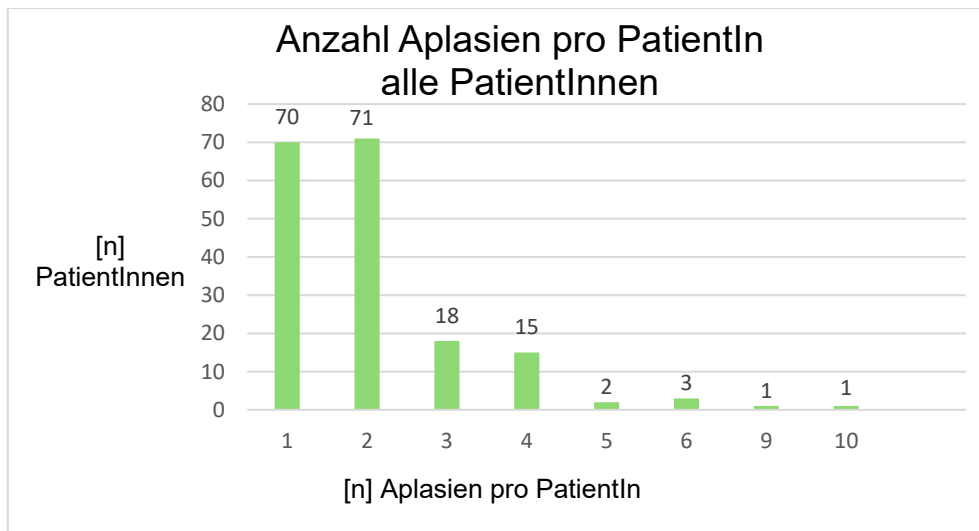


Abb. 4a: Verteilung der Aplasien permanenter Zähne bei allen PatientInnen

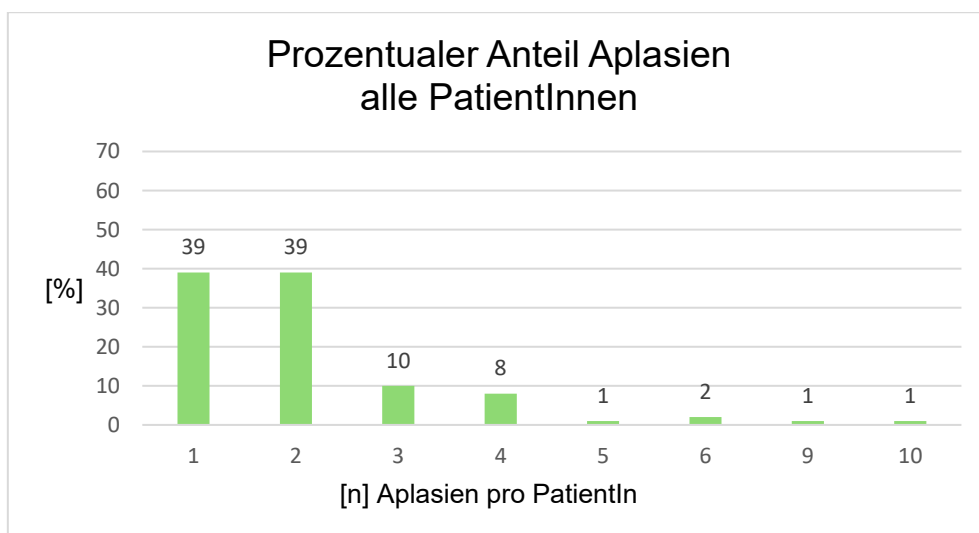


Abb. 4b: Verteilung der Aplasien permanenter Zähne bei allen PatientInnen
in Prozent

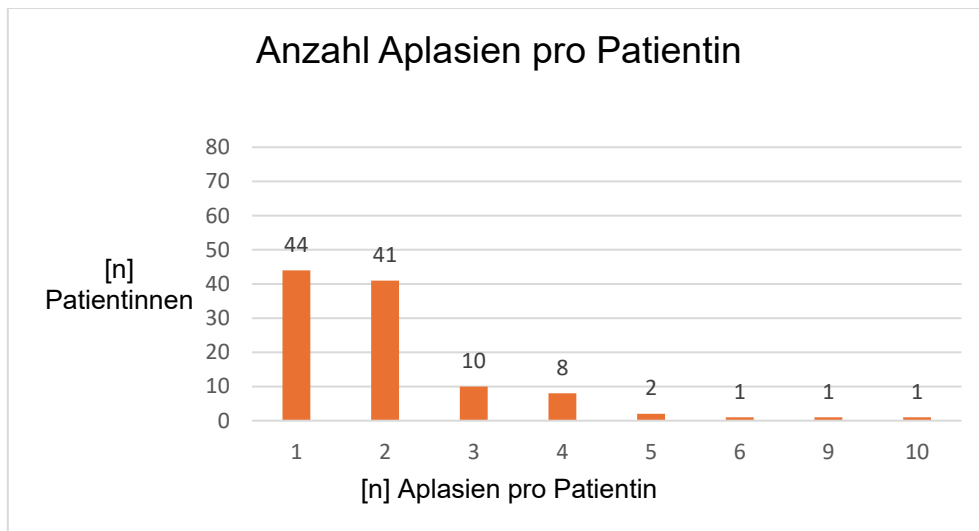


Abb. 5a: Verteilung der Aplasien permanenter Zähne bei weiblichen Patientinnen

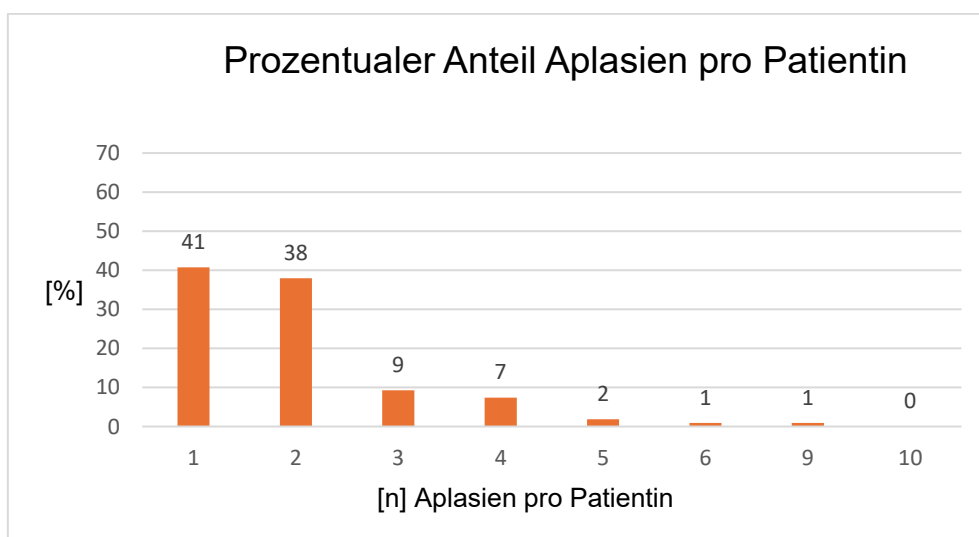


Abb. 5b: Verteilung der Aplasien permanenter Zähne bei weiblichen Patientinnen in Prozent

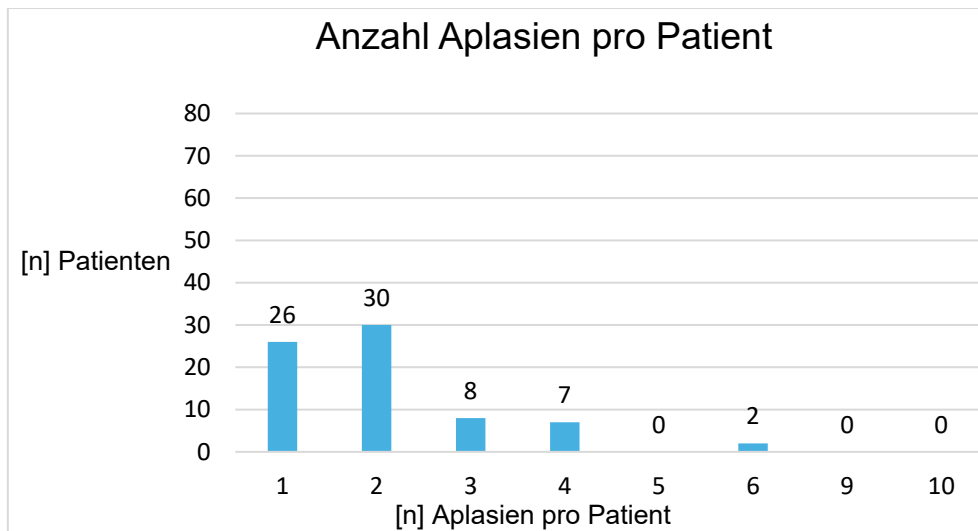


Abb. 6a: Verteilung der Aplasien permanenter Zähne bei männlichen Patienten

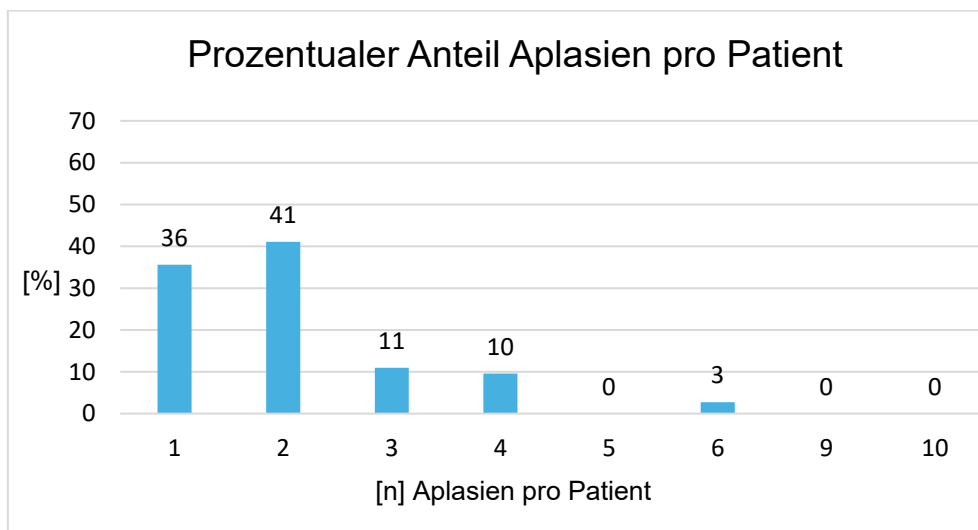


Abb. 6b: Verteilung der Aplasien permanenter Zähne bei männlichen Patienten in Prozent

4.2.2 Aplasien – Einzelzahn Betrachtung

Die Abbildung 7a gibt an, wie viele Aplasien in den jeweiligen Kiefern bzw. Quadranten bei allen PatientInnen auftreten.

Insgesamt wurden 225 Aplasien im Oberkiefer und 148 Aplasien im Unterkiefer befundet.

Es fällt auf, dass der 1. Quadrant die höchste Anzahl an Aplasien ($n=120$) aufweist, gefolgt vom 2. Quadranten ($n=105$). Die Aplasien sind in den 3. und 4. Quadranten mit $n=74$ gleichmäßig verteilt. Der am häufigsten nicht-angelegte Zahn im 1. Quadrant ist der Zahn 12 ($n=75$) gefolgt vom Zahn 15 ($n=33$). Gleichermaßen verhält es sich im 2. Quadranten, in welchem die Zähne 22 ($n=60$) und 25 ($n=30$) die häufigste Aplasie darstellen. Im Unterkiefer weisen jeweils die zweiten Prämolaren (35: $n=61$, 45: $n=55$) die häufigsten Aplasien auf.

Abbildung 7b zeigt, dass der 1. Quadrant bei weiblichen Patientinnen die höchste Anzahl an Aplasien ($n=75$) aufweist. Der 2. Quadrant weist ebenfalls mehr Aplasien ($n=69$) als der 3. und 4. Quadrant auf, welche wiederum mit $n=39$ und $n=40$ Aplasien in etwa gleichmäßig verteilt sind. Das Verteilungsmuster fällt im 1. Quadranten und 2. Quadranten auf die seitlichen Schneidezähne (12: $n=45$, 22: $n=37$) gefolgt von den zweiten Prämolaren (15: $n=24$, 25: $n=22$). Im Unterkiefer fallen die Zähne 35 mit $n=34$ fehlenden Anlagen und 45 mit $n=29$ fehlenden Anlagen auf.

Bei den männlichen Patienten zeigt Abbildung 7c ein etwas ausgewogeneres Bild zwischen den Quadranten. Der Unterschied zwischen dem 1.- ($n=45$) und 2. Quadranten ($n=36$) ist kleiner und der Unterschied zum Unterkiefer ($n_{\text{ges}}=69$) ebenfalls. Die Verteilungsmuster in Bezug auf den Zahntyp entsprechen denen der weiblichen Patientinnen, hinsichtlich der Anzahl fallen sie geringer aus. Im Oberkiefer liegen für den Zahn 12 $n=30$, Zahn 15 $n=9$, Zahn 22 $n=23$ und Zahn 25 $n=8$ Aplasien vor. Im Unterkiefer beträgt die Anzahl der Aplasien für den Zahn 35 $n=27$ und für den Zahn 45 $n=26$.

Bei beiden Geschlechtern ist somit die Prävalenz von Aplasien im Oberkiefer größer als im Unterkiefer und isoliert betrachtet im 1. Quadranten größer als im 2. Quadranten, wobei die zahlenmäßigen Unterschiede zwischen den Kiefern bei den weiblichen Patientinnen besonders ausgeprägt sind.

Bei allen PatientInnen und bei beiden Geschlechtern einzeln betrachtet ist die häufigste Aplasie die des seitlichen Schneidezahnes im Oberkiefer, gefolgt von den zweiten Prämolaren des Unterkiefers und den oberen zweiten Prämolaren.

	n_{ges} 1. Quadrant = 120								n_{ges} 2. Quadrant = 105							
[n]	2	0	33	6	4	75	0		0	60	7	7	30	0	1	
Aplasie																
Zahn	17	16	15	14	13	12	11		21	22	23	24	25	26	27	
	47	46	45	44	43	42	41		31	32	33	34	35	36	37	
[n]	2	0	55	4	1	3	9		5	3	1	2	61	0	2	
Aplasie																
	n_{ges} 4. Quadrant = 74								n_{ges} 3. Quadrant = 74							

Abb. 7a: Verteilung der Aplasien bei allen PatientInnen im Gesamtzeitraum (2002-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahn-Schemas

	n_{ges} 1. Quadrant = 75								n_{ges} 2. Quadrant = 69							
[n]	2	0	24	3	1	45	0		0	37	4	5	22	0	1	
Aplasie																
Zahn	17	16	15	14	13	12	11		21	22	23	24	25	26	27	
	47	46	45	44	43	42	41		31	32	33	34	35	36	37	
[n]	2	0	29	2	0	2	4		2	1	0	1	34	0	2	
Aplasie																
	n_{ges} 4. Quadrant = 39								n_{ges} 3. Quadrant = 40							

Abb. 7b: Verteilung der Aplasien bei weiblichen Patientinnen im Gesamtzeitraum (2002-2021) bezogen auf vier Quadranten des FDI-Zahn-schemas

n_{ges} 1. Quadrant = 45								n_{ges} 2. Quadrant = 36							
[n]															
Aplasie	0	0	9	3	3	30	0	0	23	3	2	8	0	0	
Zahn	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	
[n]															
Aplasie	0	0	26	2	1	1	5	3	2	1	1	27	0	0	
	n_{ges} 4. Quadrant = 35							n_{ges} 3. Quadrant = 34							

Abb. 7c: Verteilung der Aplasien bei männlichen Patienten im Gesamtzeitraum (2002-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahnschemas

4.2.3 Verläufe über Gesamtzeitraum differenziert nach Quadranten

Nachfolgende Analysen stellen die Häufigkeit von Zahnaplasien in den einzelnen Quadranten im Zeitraum von 2002 bis 2021 für alle PatientInnen dar. Die Daten geben Aufschluss über das Auftreten von Zahnaplasien an den untersuchten Zähnen in den jeweiligen Jahren. Die Häufigkeit dieser Zahnaplasien wird für jedes Jahr und für jeden Zahn dokumentiert, wobei spezifische Veränderungen und Trends über die Jahre hinweg analysiert werden.

1. Quadrant (Tab. 3, Abb. 8)

Zahn 11 und 16 (Oberkiefer, rechter mittlerer Schneidezahn und rechter erster Molar)

Für diese Zähne sind in den Jahren 2002 bis 2021 keine Zahnaplasien dokumentiert.

Zahn 12 (Oberkiefer, rechter seitlicher Schneidezahn)

Zahn 12 weist besonders in den Jahren 2006 und 2007, mit jeweils 9 bzw. 7 dokumentierten Fällen, eine erhöhte Anzahl an Zahnaplasien auf. In den anderen Jahren variiert die Häufigkeit, wobei es zwischen 0 und 6 Zahnaplasien pro Jahr gibt.

Zahn 13, 14 und 17 (Oberkiefer, rechter Eckzahn, rechter erster Prämolare und rechter zweiter Molar)

Die Häufigkeit von Zahnaplasien an Zahn 13, 14 und 17 ist ebenfalls gering, wobei in den meisten Jahren keine Zahnaplasien festgestellt wurden.

Zahn 15 (Oberkiefer, rechter zweiter Prämolare)

Der Zahn 15 zeigt neben dem Zahn 12 die höchste Tendenz zur Aplasie. Die meisten Häufungen finden sich in den Jahren 2002-2007 und 2012-2016.

Trends und Beobachtungen

Die Daten zeigen, dass Zahnaplasien im 1. Quadranten in den Jahren 2006 und 2007 für mehrere Zähne eine erhöhte Häufigkeit aufwiesen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Häufigkeit der Zahnaplasien zwischen den Jahren variiert, wobei es in den ersten Jahren des untersuchten Zeitraums (2002–2007) eine gewisse Häufung zu geben scheint. Ab den Jahren 2008 sind Zahnaplasien im 1. Quadranten nur noch vereinzelt dokumentiert.

	Zahn 11	Zahn 12	Zahn 13	Zahn 14	Zahn 15	Zahn 16	Zahn 17
2002	0	2	0	1	3	0	0
2003	0	6	1	1	2	0	0
2004	0	4	0	0	2	0	0
2005	0	2	0	0	3	0	0
2006	0	9	0	1	3	0	0
2007	0	7	1	1	4	0	1
2008	0	1	0	0	0	0	0
2009	0	6	0	0	1	0	0
2010	0	2	0	0	1	0	0
2011	0	2	1	0	1	0	0
2012	0	4	1	0	3	0	0
2013	0	3	0	0	1	0	0
2014	0	1	0	0	2	0	0
2015	0	4	0	1	2	0	0
2016	0	6	0	0	3	0	1
2017	0	4	0	0	0	0	0
2018	0	1	0	0	0	0	0
2019	0	5	0	1	1	0	0
2020	0	1	0	0	0	0	0
2021	0	5	0	0	1	0	0

Tab. 3: Verläufe über Gesamtzeitraum von Aplasien aller PatientInnen;
1. Quadrant

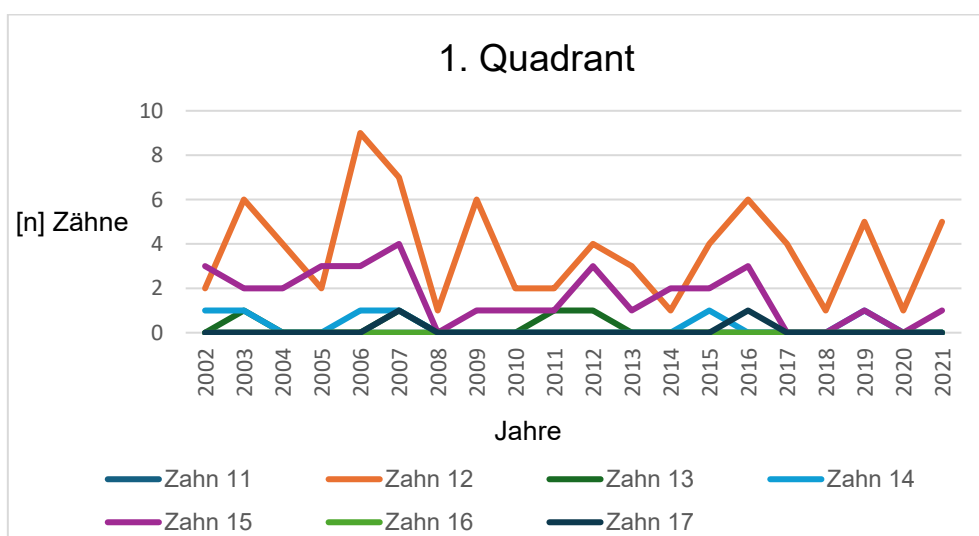


Abb. 8: Verteilung von Aplasien im 1. Quadranten (2002–2021)

2. Quadrant (Tab. 4, Abb. 9)

Zahn 21 (Oberkiefer, linker mittlerer Schneidezahn)

Für Zahn 21 sind in den Jahren 2002 bis 2021 keine Zahnaplasien dokumentiert.

Zahn 22 (Oberkiefer, linker seitlicher Schneidezahn)

Zahn 22 weist besonders in den Jahren 2006 und 2016 mit jeweils 7 dokumentierten Fällen eine erhöhte Anzahl an Zahnaplasien auf. In den anderen Jahren variiert die Häufigkeit, wobei es zwischen 0 und 5 Zahnaplasien pro Jahr gibt.

Zahn 23 (Oberkiefer, linker Eckzahn)

Die Häufigkeit von Zahnaplasien an Zahn 23 ist ebenfalls gering, wobei in den meisten Jahren keine Zahnaplasien festgestellt wurden. Einzelfälle sind in den Jahren 2003, 2005, 2006, 2007, 2011, 2012 und 2019 dokumentiert. Die Daten legen nahe, dass Zahnaplasien an diesem Zahn insgesamt selten vorkommen.

Zähne 24, 26 und 27 (Oberkiefer, linker erster Prämolare sowie erster und zweiter Molar)

Diese Zähne zeigen ähnliche Trends wie die Zähne 21 und 23. Zahn 27 weist nur einen einzigen Fall im gesamten Zeitraum auf (2016). Die restlichen Zähne in dieser Gruppe zeigen eine niedrige Häufigkeit von Zahnaplasien, die sich über die Jahre hinweg weitgehend konstant hält.

Zahn 25 (Oberkiefer, linker zweiter Prämolare)

Neben Zahn 22 treten erhöhte Zahnaplasien an Zahn 25 auf, mit Spitzen in den Jahren 2002 und 2019 (3 Fälle) sowie 2016 (4 Fälle).

Trends und Beobachtungen

Die Daten zeigen, dass Zahnaplasien im 2. Quadranten, insbesondere für die Zähne 22 und 25, eine erhöhte Häufigkeit aufweisen, mit besonders hohen Fallzahlen in den Jahren 2006 und 2016.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Häufigkeit der Zahnaplasien variiert, mit einer gewissen Häufung in den Jahren 2006 und 2016. In den meisten Jahren bleibt die Anzahl an Zahnaplasien jedoch niedrig.

	Zahn 21	Zahn 22	Zahn 23	Zahn 24	Zahn 25	Zahn 26	Zahn 27
2002	0	3	0	0	3	0	0
2003	0	4	1	1	1	0	0
2004	0	3	0	1	2	0	0
2005	0	5	1	0	2	0	0
2006	0	7	1	1	2	0	0
2007	0	5	1	1	2	0	0
2008	0	2	0	0	1	0	0
2009	0	3	0	0	2	0	0
2010	0	1	0	0	0	0	0
2011	0	0	1	0	1	0	0
2012	0	4	1	0	1	0	0
2013	0	3	0	1	2	0	0
2014	0	0	0	0	2	0	0
2015	0	1	0	1	1	0	0
2016	0	7	0	0	4	0	1
2017	0	3	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	5	1	1	3	0	0
2020	0	1	0	0	0	0	0
2021	0	3	0	0	1	0	0

Tab. 4: Verläufe über Gesamtzeitraum von Aplasien aller PatientInnen,
2. Quadrant

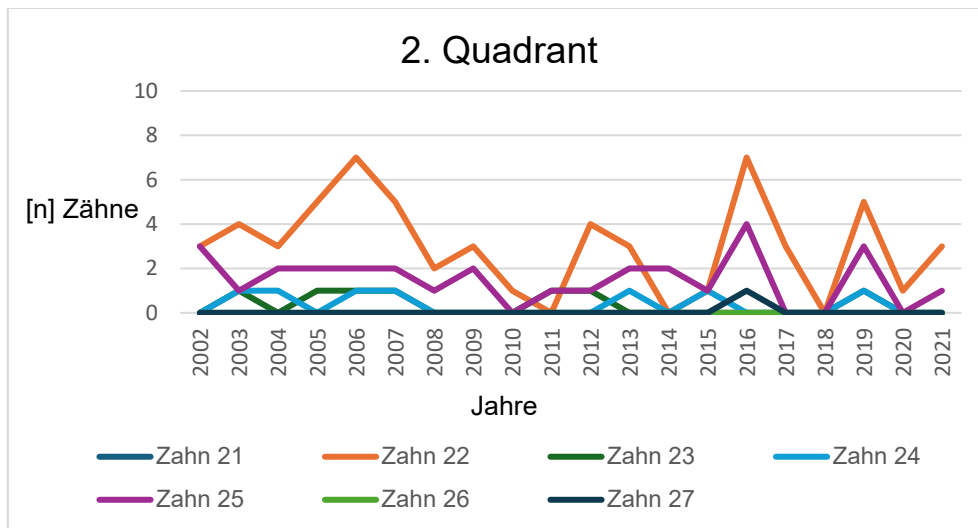


Abb. 9: Verteilung von Aplasien im 2. Quadranten (2002–2021)

3. Quadrant (Tab. 5, Abb. 10)

Zahn 31 (Unterkiefer, linker mittlerer Schneidezahn)

Die Häufigkeit von Zahnaplasien am Zahn 31 zeigt im Jahr 2003 mit 3 Fällen die höchste Zahl. Ansonsten traten an Zahn 31 über den gesamten Zeitraum hinweg selten Entwicklungsstörungen auf.

Zähne 32, 33, 34, 36, 37 (Unterkiefer, linker seitlicher Schneidezahn, linker Eckzahn, linker erster Prämolare sowie linker erster und zweiter Molar)

Zahn 32 weist eine sehr geringe Anzahl an Zahnaplasien auf mit vereinzelt Fällen in den Jahren 2005, 2009 und 2012 (jeweils ein Fall). Ähnliche seltene Aplasien liegen für die Zähne 33, 34, 36 und 37 vor.

Zahn 35 (Unterkiefer, linker zweiter Prämolare)

Zahn 35 zeigt die höchste Anzahl an Zahnaplasien und ist der am häufigsten betroffene Zahn im Unterkiefer links. Besonders auffällig ist die Häufung im Jahr 2003 mit 9 dokumentierten Fällen. Auch in den Jahren 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013 und 2016 treten wiederholt Aplasien auf, wobei die Häufigkeit in diesen Jahren zwischen 2 und 6 Fällen variiert.

Trends und Beobachtungen

Die Daten zeigen, dass Zahnaplasien im 3. Quadranten für die meisten Zähne selten auftreten. Eine Ausnahme stellt Zahn 35 dar, der überdurchschnittlich oft betroffen ist. Besonders im Jahr 2003 zeigt sich eine Häufung der Aplasien an Zahn 35.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Zahnaplasien bei den untersuchten Zähnen im linken Unterkiefer weitgehend stabil und selten auftreten, mit einer auffälligen Prävalenz bei Zahn 35.

	Zahn 31	Zahn 32	Zahn 33	Zahn 34	Zahn 35	Zahn 36	Zahn 37
2002	0	0	0	0	2	0	0
2003	3	0	1	1	9	0	1
2004	1	0	0	0	4	0	0
2005	0	1	0	0	6	0	0
2006	1	0	0	0	2	0	0
2007	0	0	0	0	6	0	0
2008	0	0	0	0	4	0	0
2009	0	1	0	0	4	0	0
2010	0	0	0	0	5	0	0
2011	0	0	0	0	1	0	0
2012	0	1	0	0	4	0	1
2013	0	0	0	0	4	0	0
2014	0	0	0	0	2	0	0
2015	0	0	0	0	2	0	0
2016	0	0	0	0	4	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	1	1	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	1	0	0

Tab.5: Verläufe über Gesamtzeitraum von Aplasien aller PatientInnen,
3. Quadrant

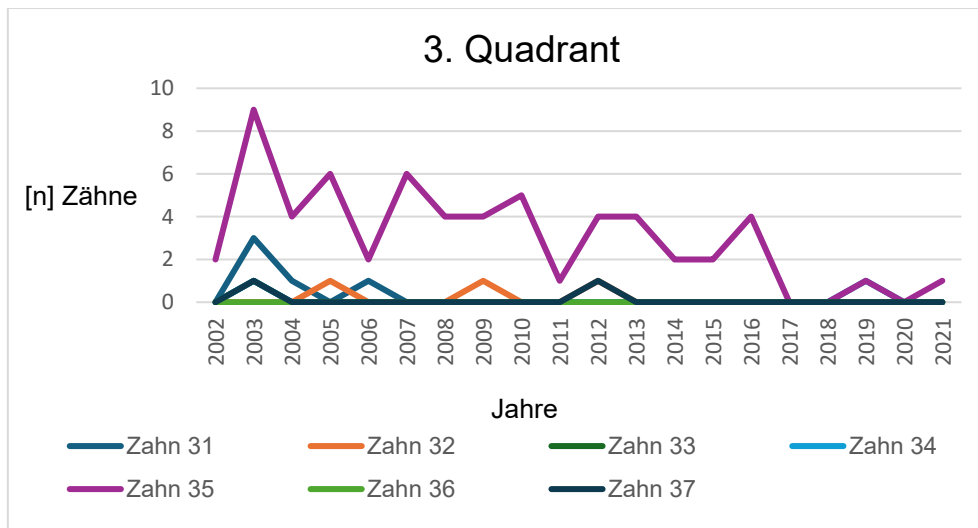


Abb. 10: Verteilung von Aplasien im 3. Quadranten (2002–2021)

4. Quadrant (Tab. 6, Abb. 11)

Zahn 41 (Unterkiefer, rechter mittlerer Schneidezahn)

Die Häufigkeit von Zahnaplasien am Zahn 41 zeigt über den Untersuchungszeitraum sporadische Fälle. In den Jahren 2002, 2003, 2004, 2006, 2011 und 2012 wurden jeweils vereinzelte Zahnaplasien dokumentiert. Zahn 41 weist somit nur in Ausnahmefällen Entwicklungsstörungen auf.

Zähne 42, 43, 44, 46, 47 (Unterkiefer, rechter seitlicher Schneidezahn, rechter Eckzahn, rechter erster Prämolare sowie rechter erster und zweiter Molar)

Diese Zähne weisen eine sehr geringe Anzahl an Zahnaplasien auf. Sie sind nur sporadisch von Aplasien betroffen.

Zahn 45 (Unterkiefer, rechter zweiter Prämolare)

Zahn 45 weist im Vergleich zu den anderen Zähnen in dieser Gruppe eine deutlich höhere Anzahl an Zahnaplasien auf. Besonders in den Jahren 2002, 2003, 2004, 2007 und 2012 treten gehäufte Fälle von $n=5$ auf.

Trends und Beobachtungen

Die Daten zeigen, dass Zahnaplasien im rechten Unterkiefer bei den meisten Zähnen selten auftreten, mit Ausnahme von Zahn 45, der im Verlauf mehrerer Jahre wiederholt Aplasien aufweist.

	Zahn 41	Zahn 42	Zahn 43	Zahn 44	Zahn 45	Zahn 46	Zahn 47
2002	1	0	0	0	5	0	0
2003	3	0	1	2	5	0	1
2004	1	0	0	1	5	0	0
2005	0	1	0	0	4	0	0
2006	2	0	0	0	4	0	0
2007	0	0	0	0	5	0	0
2008	0	1	0	0	3	0	0
2009	0	0	0	0	4	0	0
2010	0	0	0	0	2	0	0
2011	1	0	0	0	1	0	0
2012	1	1	0	0	5	0	1
2013	0	0	0	0	4	0	0
2014	0	0	0	0	1	0	0
2015	0	0	0	0	2	0	0
2016	0	0	0	0	3	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	1	1	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	1	0	0

Tab. 6: Verläufe über Gesamtzeitraum von Aplasien aller PatientInnen
4. Quadrant

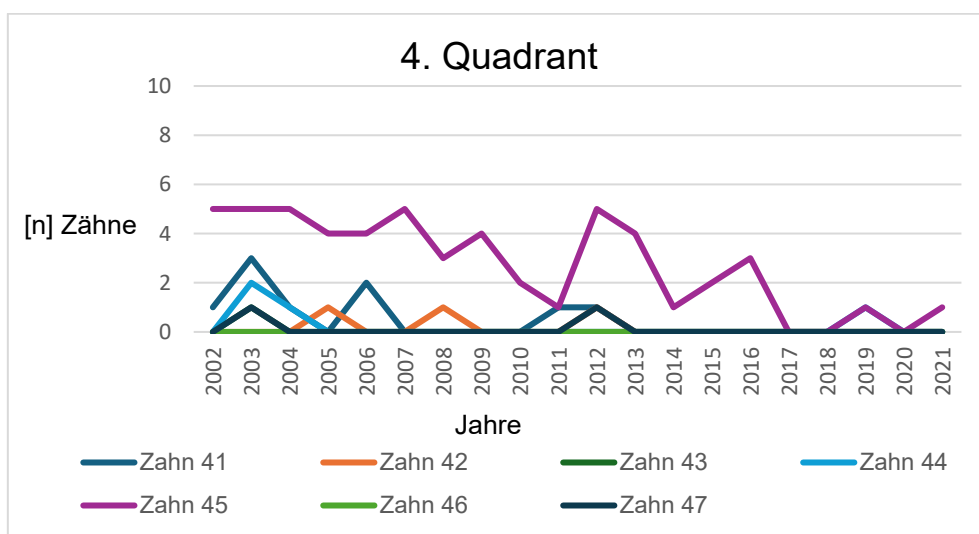


Abb. 11: Verteilung von Aplasien im 4. Quadranten (2002–2021)

4.2.4 Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal U4

Das folgende Liniendiagramm (Abb. 12) zeigt die Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal U4, die im Rahmen der Erstdiagnostik in der kieferorthopädischen Facharztpraxis befundet wurden.

Dargestellt ist die Verteilung von weiblichen PatientInnen (orange), männlichen Patienten (blau) sowie die Gesamtzahl der PatientInnen (grün).

Die höchste Anzahl von PatientInnen mit Aplasien wurde im Alter von 10 und 11 Jahren befundet, wobei insgesamt mehr weibliche Patientinnen als männliche Patienten betroffen waren. Mit zunehmendem Alter nimmt die Anzahl der PatientInnen in beiden Gruppen kontinuierlich ab.

Dies spricht dafür, dass die PatientInnen zum überwiegenden Teil rechtzeitig, sei es durch Überweisung von dem/der Hauszahnarzt/-ärztin, Schulzahnarzt/-ärztin oder aus anderen Gründen zur Erstberatung in der kieferorthopädischen Praxis vorstellig wurden.

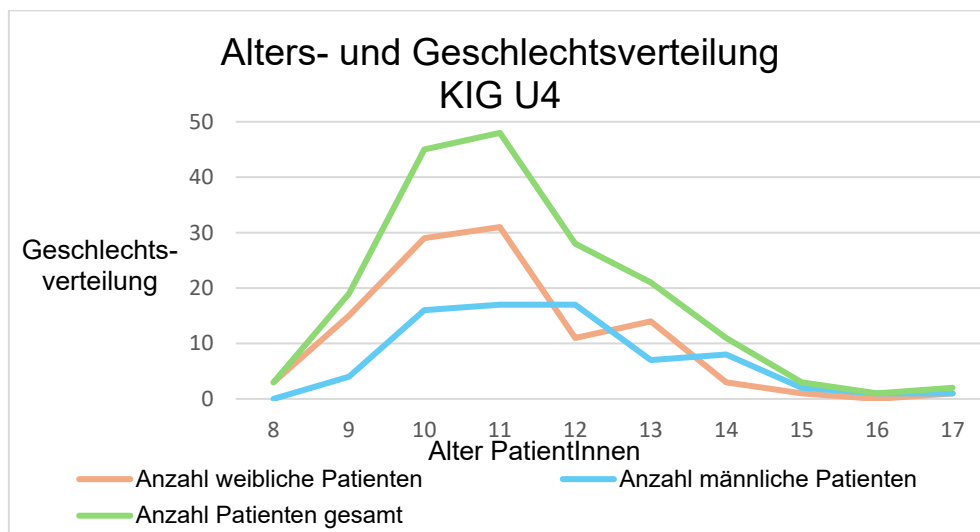


Abb. 12: Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal U4

4.3 Ergebnisse Retentionen

4.3.1 Verteilungsmuster bei allen PatientInnen, weiblichen und männlichen PatientInnen (Tab. 7, Abb. 13a, 13b, 14a, 14b, 15a, 15b)

Insgesamt wurden 76 PatientInnen hinsichtlich des Auftretens von Retentionen untersucht, davon waren 34 weiblich und 42 männlich.

Die Mehrheit der PatientInnen, insgesamt 37 (48,68%), wiesen eine einzelne Retention auf. Dieser Anteil verteilt sich auf 58,82% der weiblichen und 40,48% der männlichen PatientInnen. Besonders häufig betroffen war Zahn 13, vor allem bei weiblichen Patientinnen, sowie die Zähne 15 und 23, die sowohl bei weiblichen als auch bei männlichen PatientInnen dominierten.

Bei zwei gleichzeitig auftretenden Retentionen lag die Anzahl der betroffenen PatientInnen bei 19 (25%), wobei der Anteil bei den weiblichen Patientinnen bei 20,59% und bei den männlichen Patienten bei 28,57% lag. Häufige Kombinationen betroffener Zähne in dieser Gruppe waren 13,23 und 13,15, wobei 13,23 häufiger auftrat und bei beiden Geschlechtern nahezu gleichmäßig auftrat.

Drei Retentionen wurden bei insgesamt 12 PatientInnen (15,79%) festgestellt, wobei der Anteil bei den weiblichen Patientinnen 14,7% und bei den männlichen Patienten 16,67% betrug. Besonders auffällige Kombinationen in dieser Gruppe waren die Zähne 13,23,15 und 13,23,43 sowie 15,25,35, wobei die beiden ersteren Kombinationen eher bei männlichen Patienten auftraten.

Vier gleichzeitig auftretende Retentionen waren selten und wurden nur bei sieben PatientInnen (9,21%) festgestellt, was bei den weiblichen Patientinnen einem Anteil von 5,88% und bei den männlichen Patienten einem Anteil von 11,90% entspricht. Die Kombination 13,23,33,43 war die häufigste Konstellation in dieser Gruppe, welche öfter bei weiblichen Patientinnen vorkam.

Die höchste Anzahl von gleichzeitig auftretenden Retentionen lag bei sieben, was nur bei einem männlichen Patienten (1,32%) auftrat.

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass bei den meisten PatientInnen nur eine oder zwei Retentionen auftraten. Weibliche Patientinnen hatten einen höheren Anteil bei den einzelnen Retentionen, während männliche Patienten häufiger von den mehrzählig bzw. kombiniert auftretenden Retentionen betroffen waren.

PatientInnen							
Retentionen		Alle		Weibliche		Männliche	
n	Beschreibung	n	%	n	%	n	%
1	13	9	11,84	6	17,65	3	7,14
1	15	7	9,21	3	8,82	4	9,52
1	17	1	1,32	1	2,94	0	0,00
1	23	7	9,21	4	11,76	3	7,14
1	25	2	2,63	0	0,00	2	4,76
1	27	1	1,32	0	0,00	1	2,38
1	33	1	1,32	0	0,00	1	2,38
1	35	5	6,58	4	11,76	1	2,38
1	37	1	1,32	0	0,00	1	2,38
1	45	3	3,95	2	5,88	1	2,38
	Summe / Prozentualer Anteil:	37	48,68	20	58,82	17	40,48
2	13,15	2	2,63	0	0,00	2	4,76
2	13,23	13	17,11	7	20,59	6	14,29
2	15,35	1	1,32	0	0,00	1	2,38
2	17,27	1	1,32	0	0,00	1	2,38
2	35,45	1	1,32	0	0,00	1	2,38
2	37,47	1	1,32	0	0,00	1	2,38
	Summe / Prozentualer Anteil:	19	25,00	7	20,59	12	28,57
3	13,23,15	2	2,63	0	0,00	2	4,76
3	13,23,25	1	1,32	1	2,94	0	0,00
3	13,23,35	1	1,32	0	0,00	1	2,38
3	13,23,43	2	2,63	0	0,00	2	4,76
3	13,23,44	1	1,32	0	0,00	1	2,38
3	13,15,25	1	1,32	0	0,00	1	2,38
3	15,25,35	2	2,63	2	5,88	0	0,00
3	15,35,45	1	1,32	1	2,94	0	0,00
3	17,27,47	1	1,32	1	2,94	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	12	15,79	5	14,71	7	16,67
4	13,15,35,45	1	1,32	0	0,00	1	2,38
4	13,23,25,44	1	1,32	0	0,00	1	2,38
4	13,23,33,43	3	3,95	2	5,88	1	2,38
4	15,25,35,45	1	1,32	0	0,00	1	2,38
4	23,25,44,45	1	1,32	0	0,00	1	2,38

	Summe/Prozentualer Anteil	7	9,21	2	5,88	5	11,90
7	16,13,23,17,27,37,47	1	1,32	0	0,00	1	2,38
	Summe / Prozentualer Anteil:	1	1,32	0	0,00	1	2,38
	PatientInnen gesamt:	76	100,00	34	100,00	42	100,00

Tab. 7: Verteilungsmuster der Retentionen bei allen PatientInnen (n=76), bei weiblichen Patientinnen (n=34) und bei männlichen Patienten (n=42)

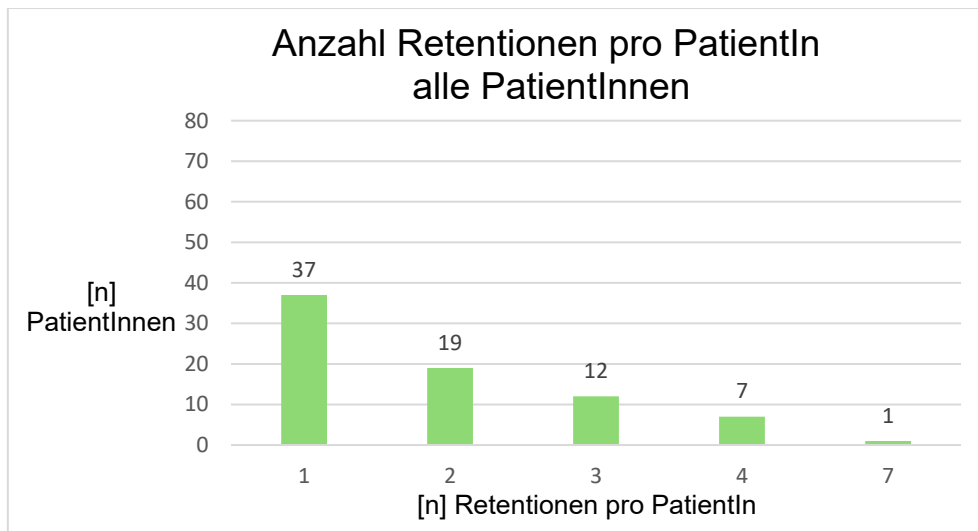


Abb. 13a: Verteilung der Retentionen permanenter Zähne bei allen PatientInnen

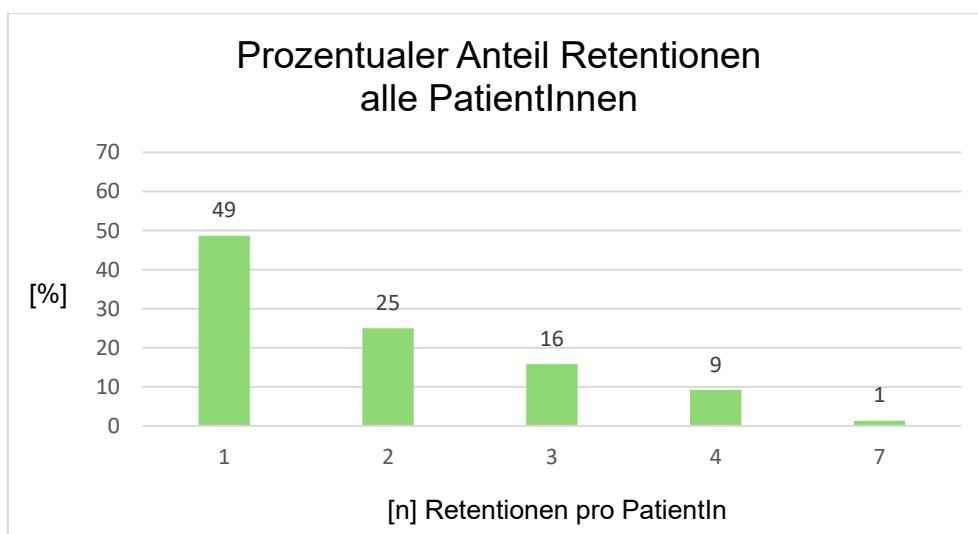


Abb. 13b: Verteilung der Retentionen permanenter Zähne bei allen PatientInnen in Prozent

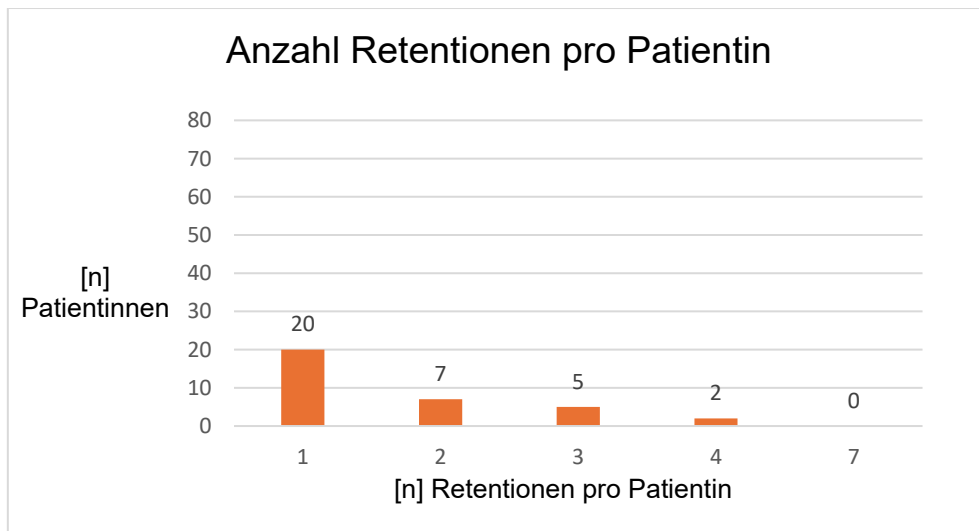


Abb. 14a: Verteilung der Retentionen permanenter Zähne bei weiblichen Patientinnen

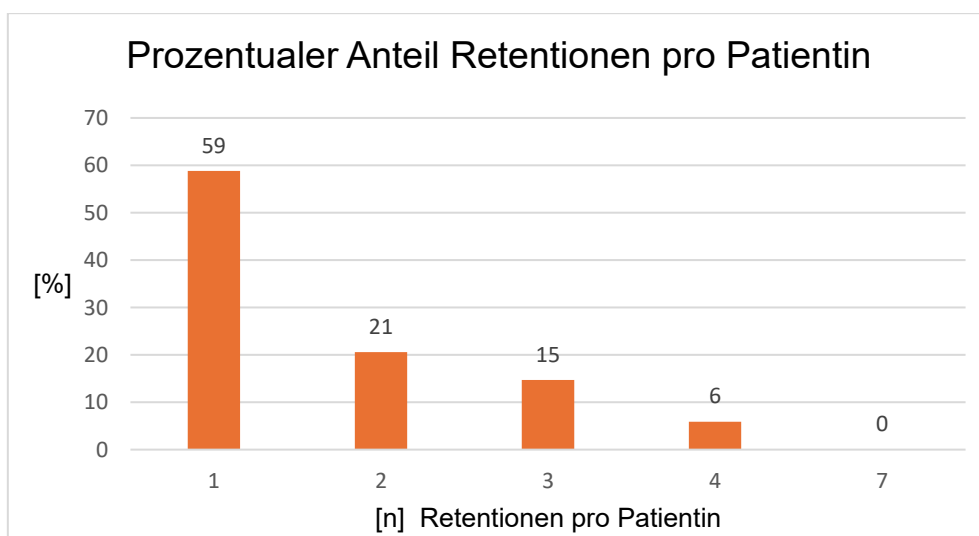


Abb. 14b: Verteilung der Retentionen permanenter Zähne bei weiblichen Patientinnen in Prozent

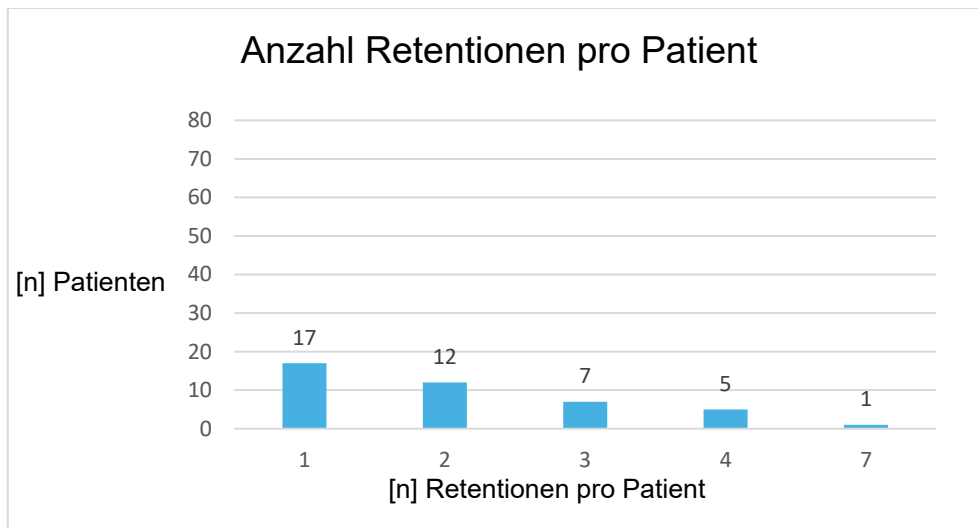


Abb. 15a: Verteilung der Retentionen permanenter Zähne bei männlichen Patienten

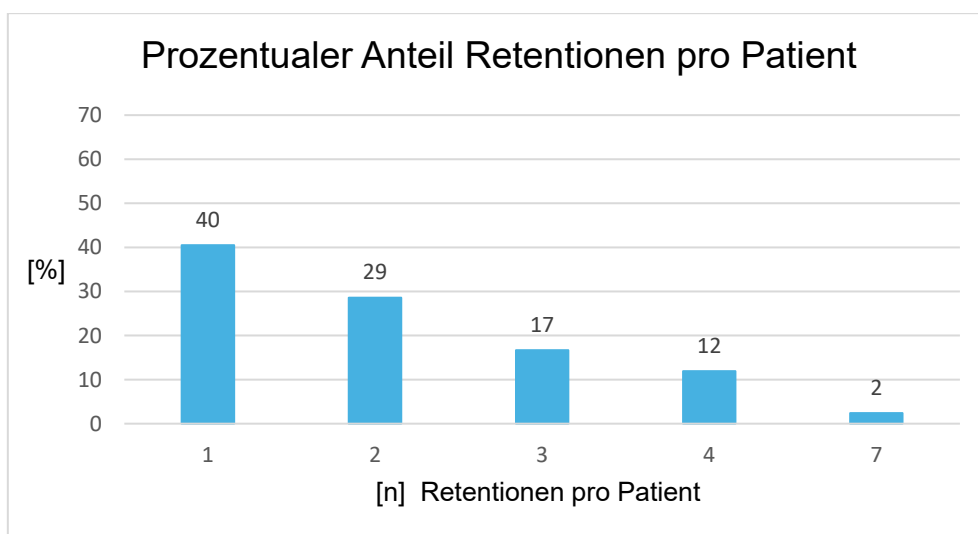


Abb. 15b: Verteilung der Retentionen permanenter Zähne bei männlichen Patienten in Prozent

4.3.2 Retentionen – Einzelzahnbetrachtung

Die Abbildungen 16a-c zur Verteilung der Retentionen gibt Auskunft über das Auftreten von Retentionen in den jeweiligen Zahnquadranten bei allen PatientInnen sowie getrennt nach Geschlecht.

In Abbildung 16a wird ersichtlich, dass der 1. Quadrant bei allen PatientInnen die höchste Anzahl an Retentionen ($n=61$) aufweist. Der am häufigsten retinierte Zahn in diesem Quadranten ist Zahn 13 ($n=38$). Im 2. Quadranten, der insgesamt 46 Retentionen verzeichnet, ist Zahn 23 ($n=33$) am auffälligsten betroffen. Die Retentionen im 3. und 4. Quadranten sind nahezu gleichmäßig verteilt ($n=20$ und $n=19$). Im 3. Quadranten weist Zahn 35 ($n=13$) die höchste Zahl auf, während im 4. Quadranten Zahn 45 ($n=8$) am häufigsten betroffen ist. Diese Verteilung zeigt, dass die meisten Retentionen im Oberkiefer auftreten.

Abbildung 16b zeigt die Verteilung bei weiblichen Patientinnen. Auch hier weist der 1. Quadrant die meisten Retentionen auf ($n=23$), wobei Zahn 13 ($n=16$) am häufigsten betroffen ist. Im 2. Quadranten, der insgesamt $n=17$ Retentionen verzeichnet, tritt Zahn 23 mit $n=14$ Retentionen besonders hervor. Die Anzahl der Retentionen im 3. und 4. Quadranten ist hier deutlich niedriger und beträgt $n=9$ bzw. $n=5$. Im 3. Quadranten ist Zahn 35 ($n=7$) am auffälligsten, während im 4. Quadranten Zahn 45 ($n=3$) am häufigsten betroffen ist. Dies zeigt eine Konzentration der Retentionen im Oberkiefer, ähnlich der Gesamtgruppe, jedoch mit einem noch stärkeren Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer.

Bei den männlichen Patienten (Abbildung 16c) zeigt sich ebenfalls, dass die meisten Retentionen im 1. Quadranten ($n=38$) auftreten. Auch hier ist Zahn 13 ($n=22$) am häufigsten betroffen. Im 2. Quadranten, der insgesamt $n=29$ Retentionen aufweist, ist Zahn 23 ($n=19$) besonders auffällig. Der 3. und 4. Quadrant weisen geringere Zahlen auf ($n=11$ bzw. $n=14$). Im 3. Quadranten ist Zahn 35 ($n=6$) am häufigsten betroffen, während im 4. Quadranten Zahn 45 ($n=5$) hervorsticht. Bei den männlichen Patienten ist der Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer etwas weniger ausgeprägt als bei den weiblichen Patientinnen, jedoch sind die meisten Retentionen auch hier im Oberkiefer lokalisiert.

Auffallend ist der Unterschied beim Auftreten von Retentionen der zweiten Molaren: die weiblichen Patientinnen sind nur einmal betroffen ($17\ n=1$), die männlichen Patienten dagegen 13-mal bei gleichmäßiger Verteilung ($17\ n=3$, $27\ n=4$, $37\ n=3$, $47\ n=3$).

Insgesamt zeigen die Daten, dass Retentionen bei allen PatientInnen sowie nach Geschlecht einzeln betrachtet bei weiblichen und männlichen PatientInnen häufiger im Oberkiefer (1. und 2. Quadrant) auftreten als im Unterkiefer (3. und 4. Quadrant). Insbesondere der 1. Quadrant weist in allen Gruppen die höchste Anzahl an Retentionen auf, wobei Zahn 13 in diesem Quadranten in jeder Gruppe der auffälligste Zahn ist. Diese Ergebnisse legen nahe, dass eine

Tendenz zur häufigeren Retention im Oberkiefer besteht, mit einer besonders starken Beteiligung von Zahn 13 und Zahn 23.

n_{ges} 1. Quadrant = 61								n_{ges} 2. Quadrant = 46							
[n]	4	1	18	0	38	0	0	0	0	33	0	9	0	4	
Retention															
Zahn	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	
[n]	3	0	8	3	5	0	0	0	0	4	0	13	0	3	
Retention															
n_{ges} 4. Quadrant = 19								n_{ges} 3. Quadrant = 20							

Abb. 16a: Verteilung der Retentionen bei allen PatientInnen im Gesamtzeitraum (2012-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI Zahnschemas

n_{ges} 1. Quadrant = 23								n_{ges} 2. Quadrant = 17							
[n]	1	0	6	0	16	0	0	0	0	14	0	3	0	0	
Retention															
Zahn	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	
[n]	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	7	0	0	
Retention															
n_{ges} 4. Quadrant = 5								n_{ges} 3. Quadrant = 9							

Abb. 16b: Verteilung der Retentionen bei weiblichen Patientinnen im Gesamtzeitraum (2012-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahnschemas

	n_{ges} 1. Quadrant = 38							n_{ges} 2. Quadrant = 29						
[n]	3	1	12	0	22	0	0	0	0	19	0	6	0	4
Retention														
Zahn	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
[n]	3	0	5	3	3	0	0	0	0	2	0	6	0	3
Retention														
	n_{ges} 4. Quadrant = 14							n_{ges} 3. Quadrant = 11						

Abb. 16c: Verteilung der Retentionen bei männlichen Patienten im Gesamtzeitraum (2012-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahnschemas

4.3.3 Verläufe über Gesamtzeitraum differenziert nach Quadranten

Nachfolgende Daten veranschaulichen die Verteilung von Retentionen im Zeitraum von 2012 bis 2021 in allen Quadranten. Die Analyse liefert detaillierte Informationen zur jährlichen Auftretenshäufigkeit und ermöglicht eine präzise Erfassung von Veränderungen und Trends im zeitlichen Verlauf.

1. Quadrant (Tab. 8, Abb. 17)

Zahn 11, 12 und 14 (Oberkiefer, rechter mittlerer und seitlicher Schneidezahn sowie rechter erster Prämolare)

Die Häufigkeit von Retentionen an den Zähnen 11, 12 und 14 zeigt im gesamten Untersuchungszeitraum keine dokumentierten Fälle.

Zahn 13 (Oberkiefer, rechter Eckzahn)

Der Zahn 13 zeigt im Vergleich zu den anderen Zähnen eine höhere Prävalenz von Retentionen. Besonders in den Jahren 2012 bis 2014 treten gehäufte Fälle auf, mit Spitzen von sieben und fünf dokumentierten Retentionen. In den weiteren Jahren variiert die Häufigkeit zwischen null und vier Fällen.

Zahn 15 (Oberkiefer, rechter zweiter Prämolare)

Der Zahn 15 zeigt ebenfalls eine Tendenz zu Retentionen, wenn auch weniger ausgeprägt als Zahn 13. Insbesondere im Jahr 2014 erreicht die Häufigkeit mit vier dokumentierten Fällen einen Höchstwert. In den übrigen Jahren bleibt die Anzahl der Fälle geringer.

Zähne 16 und 17 (Oberkiefer, rechter erster und zweiter Molare)

Für die Zähne 16 und 17 ist die Häufigkeit von Retentionen insgesamt sehr gering. Vereinzelt Fälle wurden in den Jahren 2013, 2014, 2017 und 2021 für Zahn 17 dokumentiert. Diese Daten zeigen, dass Retentionen an den Molaren selten auftreten.

Trends und Beobachtungen

Die Analyse zeigt, dass Retentionen bei den untersuchten Zähnen im 1. Quadranten insgesamt selten auftreten. Dennoch lassen sich Unterschiede in der Häufigkeit zwischen den Zähnen feststellen. Besonders die Zähne 13 und 15 zeigen eine höhere Anfälligkeit für Retentionen, während die anderen Zähne nur vereinzelt oder gar nicht betroffen sind.

Die Daten deuten darauf hin, dass die Häufigkeit von Retentionen in den Jahren 2012 bis 2015 tendenziell höher ist und danach abnimmt. Insgesamt lassen sich Zahn 13 und 15 als besonders anfällig für Retentionen identifizieren.

	Zahn 11	Zahn 12	Zahn 13	Zahn 14	Zahn 15	Zahn 16	Zahn 17
2012	0	0	5	0	2	0	0
2013	0	0	5	0	1	0	1
2014	0	0	7	0	4	1	1
2015	0	0	4	0	0	0	0
2016	0	0	3	0	3	0	0
2017	0	0	3	0	2	0	1
2018	0	0	1	0	1	0	0
2019	0	0	3	0	1	0	0
2020	0	0	3	0	1	0	0
2021	0	0	4	0	3	0	1

Tab. 8: Verläufe über Gesamtzeitraum von Retentionen aller PatientInnen,
1. Quadrant

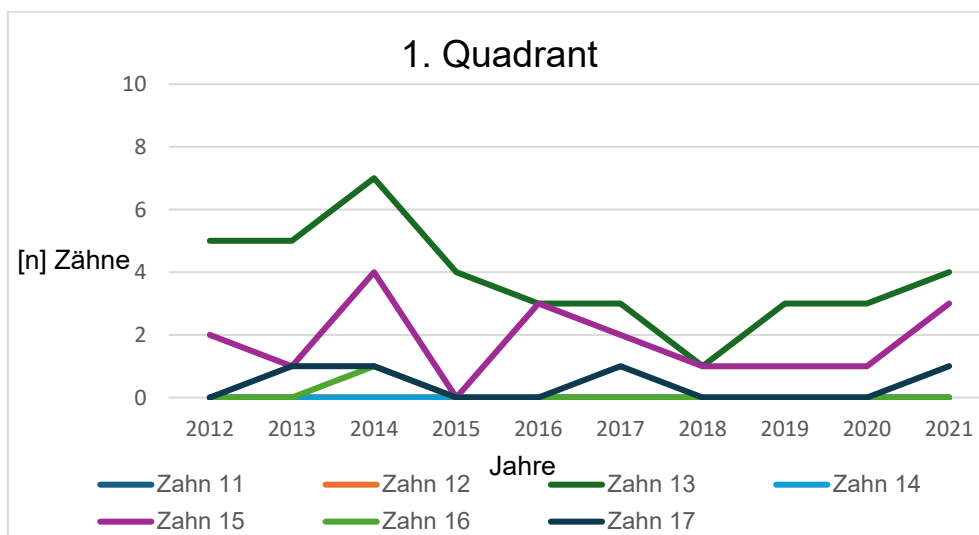


Abb. 17: Verteilung von Retentionen im 1. Quadranten (2012–2021)

2. Quadrant (Tab. 9, Abb. 18)

Zahn 21 und 22 (Oberkiefer, linker mittlerer und seitlicher Schneidezahn)

Die Zähne 21 und 22 weisen im gesamten Untersuchungszeitraum keine dokumentierten Retentionen auf.

Zahn 23 (Oberkiefer, linker Eckzahn)

Der Zahn 23 zeigt im Vergleich zu den anderen Zähnen eine deutlich höhere Anzahl von Retentionen. Besonders in den Jahren 2012, 2014 und 2021 sind fünf und sechs Fälle von Retentionen dokumentiert. In den übrigen Jahren variiert die Häufigkeit zwischen null und vier Fällen. Diese Daten weisen darauf hin, dass Zahn 23 eine erhöhte Anfälligkeit für Retentionen aufweist.

Zahn 24 (Oberkiefer, linker erster Prämolare)

Für Zahn 24 sind für den gesamten Zeitraum keine Retentionen dokumentiert.

Zahn 25 (Oberkiefer, linker zweiter Prämolare)

Zahn 25 zeigt in einzelnen Jahren dokumentierte Retentionen, wobei besonders die Jahre 2012, 2014 und 2020 mit drei bzw. zwei Fällen auffällig sind. Gesamtzahlen bleiben im Vergleich zu Zahn 23 deutlich niedriger.

Zahn 26 und 27 (Oberkiefer, linker erster und zweiter Molare)

Für Zahn 26 sind im gesamten Beobachtungszeitraum keine Retentionen dokumentiert. Zahn 27 zeigt eine sehr geringe Häufigkeit von Retentionen, mit nur vereinzelten Fällen in den Jahren 2014, 2017 und 2021, jeweils mit einer oder zwei dokumentierten Retentionen.

Trends und Beobachtungen

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Retentionen bei den Zähnen 21 bis 27 relativ selten auftreten. Eine Ausnahme bildet der Zahn 23, der im Verlauf des Untersuchungszeitraums eine höhere Anzahl an Retentionen aufweist. Die Häufigkeit von Retentionen variiert leicht zwischen den Jahren, wobei bestimmte Spitzen im Zeitraum 2012-2014 und vereinzelt in den späteren Jahren auftreten.

	Zahn 21	Zahn 22	Zahn 23	Zahn 24	Zahn 25	Zahn 26	Zahn 27
2012	0	0	5	0	2	0	0
2013	0	0	3	0	0	0	0
2014	0	0	6	0	3	0	1
2015	0	0	3	0	0	0	0
2016	0	0	1	0	1	0	0
2017	0	0	1	0	1	0	1
2018	0	0	2	0	0	0	0
2019	0	0	4	0	0	0	0
2020	0	0	3	0	2	0	0
2021	0	0	5	0	0	0	2

Tab. 9: Verläufe über Gesamtzeitraum von Retentionen aller PatientInnen,
2. Quadrant

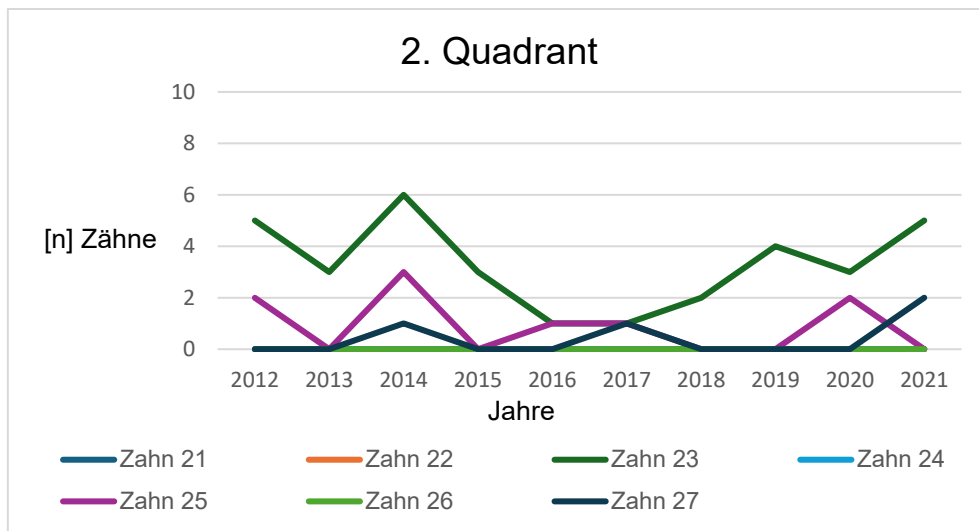


Abb. 18: Verteilung von Retentionen im 2. Quadranten (2012–2021)

3. Quadrant (Tab. 10, Abb.19)

Zähne 31, 32, 34, 36 (Unterkiefer, linker mittlerer und seitlicher Schneidezahn sowie linker erster Prämolare und linker erster Molar)

Diese Zähne zeigen im gesamten Untersuchungszeitraum keine dokumentierten Retentionen.

Zahn 33 (Unterkiefer, linker Eckzahn)

Der Zahn 33 weist eine geringe, aber konstante Anzahl von Retentionen auf. In den Jahren 2012, 2013 und 2014 wurden jeweils ein bis zwei Fälle dokumentiert.

Zahn 35 (Unterkiefer, linker zweiter Prämolare)

Der Zahn 35 weist im Vergleich zu den anderen Zähnen eine höhere Anzahl von Retentionen auf. Besonders in den Jahren 2013, 2016, 2017, 2018 und 2020 wurden jeweils zwei Fälle dokumentiert. Dies deutet darauf hin, dass Zahn 35 eine erhöhte Anfälligkeit für Retentionen aufweist.

Zahn 37 (Unterkiefer, linker zweiter Molar)

Zahn 37 zeigt im Untersuchungszeitraum nur in den Jahren 2014 und 2017 vereinzelte Retentionen.

Trends und Beobachtungen

Die Analyse zeigt, dass Retentionen bei den Zähnen 31 bis 37 insgesamt selten auftreten. Eine Ausnahme bildet Zahn 35, der im Verlauf des Untersuchungszeitraums eine erhöhte Anzahl an Retentionen aufweist. Die Häufigkeit der Retentionen variiert leicht zwischen den Jahren, wobei bestimmte Spitzen, insbesondere bei Zahn 35, in einzelnen Jahren verzeichnet werden.

	Zahn 31	Zahn 32	Zahn 33	Zahn 34	Zahn 35	Zahn 36	Zahn 37
2012	0	0	2	0	1	0	0
2013	0	0	1	0	2	0	0
2014	0	0	1	0	1	0	2
2015	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	2	0	0
2017	0	0	0	0	2	0	1
2018	0	0	0	0	2	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	2	0	0
2021	0	0	0	0	1	0	0

Tab. 10: Verläufe über Gesamtzeitraum von Retentionen aller PatientInnen,
3. Quadrant

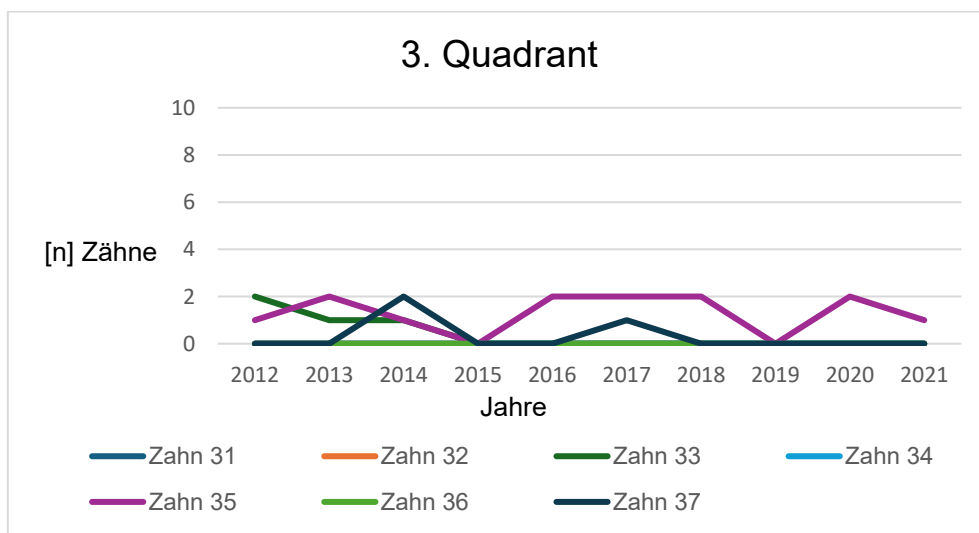


Abb. 19: Verteilung von Retentionen im 3. Quadranten (2012–2021)

4. Quadrant (Tab. 11, Abb. 20)

Zahn 41, 42 und 46 (Unterkiefer, rechter mittlerer und seitlicher Schneidezahn sowie rechter erster Molar)

Diese Zähne zeigen im gesamten Untersuchungszeitraum keine dokumentierten Retentionen.

Zahn 43 (Unterkiefer, rechter Eckzahn)

Der Zahn 43 weist eine geringe, aber konstante Anzahl von Retentionen auf. In den Jahren 2012, 2013, 2014 und 2015 wurden jeweils ein bis zwei Fälle dokumentiert.

Zahn 44 (Unterkiefer, rechter erster Prämolare)

Zahn 44 zeigt eine ähnliche Tendenz wie Zahn 43, mit dokumentierten Retentionen in den Jahren 2012, 2014 und 2017. Die Häufigkeit bleibt gering, variiert jedoch leicht über die Jahre.

Zahn 45 (Unterkiefer, rechter zweiter Prämolare)

Der Zahn 45 weist im Vergleich zu den anderen Zähnen eine erhöhte Anzahl von Retentionen auf. Besonders in den Jahren 2012, 2013 und 2021 wurden jeweils zwei Fälle dokumentiert.

Zahn 47 (Unterkiefer, rechter zweiter Molar)

Zahn 47 zeigt nur in den Jahren 2014, 2017 und 2021 jeweils einen dokumentierten Fall.

Trends und Beobachtungen

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Retentionen bei den Zähnen 41 bis 47 selten auftreten. Eine Ausnahme bildet Zahn 45, der im Vergleich zu den anderen Zähnen eine etwas höhere Anfälligkeit für Retentionen zeigt. Die Häufigkeit der Retentionen variiert zwischen den Jahren, mit gelegentlichen Spitzen in den frühen Jahren des Untersuchungszeitraums sowie im Jahr 2021.

	Zahn 41	Zahn 42	Zahn 43	Zahn 44	Zahn 45	Zahn 46	Zahn 47
2012	0	0	1	1	2	0	0
2013	0	0	1	0	2	0	0
2014	0	0	2	1	1	0	1
2015	0	0	1	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	1	1	0	1
2018	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	2	0	1

Tab. 11: Verläufe über Gesamtzeitraum von Retentionen aller PatientInnen,
4. Quadrant

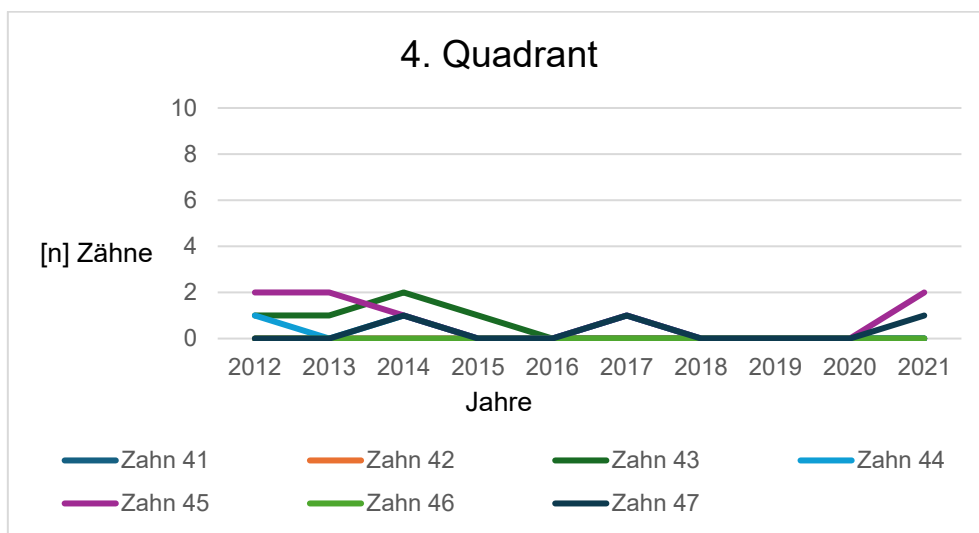


Abb. 20: Verteilung von Retentionen im 4. Quadranten (2012–2021)

4.3.4 Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S4

Folgendes Liniendiagramm (Abb. 21) zeigt die Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S4. Die Verteilung der PatientInnen ist nach Geschlecht differenziert, wobei die Anzahl weiblicher Patientinnen in orange und die Anzahl männlicher Patienten in blau dargestellt wird. Die grüne Linie zeigt die Gesamtzahl der PatientInnen. Die meisten PatientInnen kamen im Alter von 10 bis 13 Jahren zur Erstbefundung in die kieferorthopädische Praxis. Auffällig ist, dass insgesamt mehr männliche als weibliche PatientInnen betroffen sind. Mit zunehmendem Alter nimmt die Anzahl der Erstberatungen in beiden Gruppen kontinuierlich ab.

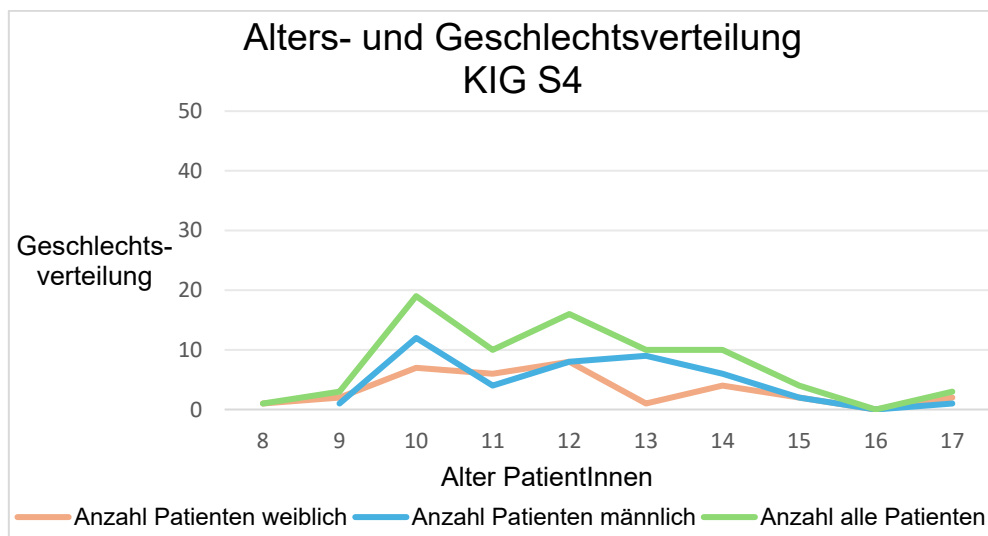


Abb. 21: Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S4

4.4 Ergebnisse Verlagerungen

4.4.1 Verteilungsmuster bei allen PatientInnen, weiblichen und männlichen PatientInnen (Tab. 12, Abb. 22a, 22b, 23a, 23b, 24a, 24b)

Insgesamt wurden 130 PatientInnen hinsichtlich des Auftretens von Zahnverlagerungen untersucht, davon waren 73 weiblich und 57 männlich.

Die Mehrheit der PatientInnen, insgesamt 77 (59,23%), wies eine einzelne Zahnverlagerung auf. Dieser Anteil verteilt sich auf 53,42% der weiblichen und 66,67% der männlichen PatientInnen. Besonders häufig betroffen war Zahn 23 (n=22), was 16,92% aller Verlagerungen entspricht. Bei weiblichen Patientinnen dominiert Zahn 13 mit n=12 dokumentierten Verlagerungen (16,44%), während Zahn 23 bei den männlichen Patienten mit n=15 Verlagerungen (26,32%) am häufigsten betroffen ist. Weitere häufig verlagerte Zähne waren Zahn 13 (n=21, 16,15%) und Zahn 25 (n=10, 7,69%).

Bei zwei gleichzeitig auftretenden Verlagerungen lag die Anzahl der betroffenen PatientInnen bei n=46 (35,38%), wobei der Anteil bei den weiblichen Patientinnen 38,36% und bei den männlichen Patienten 31,58% betrug. Häufige Kombinationen betroffener Zähne in dieser Gruppe waren 13,23 mit n=24 dokumentierten Fällen, was 18,46% aller Verlagerungen ausmacht, und 15,25 mit n=11 dokumentierten Fällen (8,46%). Die Kombination 13,23 trat sowohl bei weiblichen (17,81%) als auch bei männlichen PatientInnen (19,30%) vergleichsweise häufig auf.

Drei Verlagerungen wurden bei insgesamt 6 PatientInnen (4,62%) festgestellt, wobei der Anteil bei den weiblichen Patientinnen 6,85% und bei den männlichen Patienten 1,75% betrug. Besonders auffällig war die Kombination 13,23,43, die bei zwei weiblichen Patientinnen (2,74%) auftrat. Andere Kombinationen wie 13,23,35 und 15,23,25 traten in jeweils einem Einzelfall auf.

Vier gleichzeitig auftretende Verlagerungen waren selten und wurden nur bei einer Patientin (0,77%) dokumentiert. Dieser Fall betraf die Zähne 13,23,35 und 45.

Zusammenfassend zeigt die Untersuchung, dass die meisten PatientInnen nur eine oder zwei Zahnverlagerungen aufwiesen. Weibliche Patientinnen hatten einen höheren Anteil an Einzelfällen und traten häufiger mit der Kombination 13,23 auf. Bei den männlichen Patienten war die Häufigkeit mehrerer Verlagerungen geringer, doch dominierte hier ebenfalls die Verlagerung der Zähne 13 und 23 sowie deren kombiniertes Auftreten.

PatientInnen							
Verlagerungen		Alle		Weibliche		Männliche	
n	Beschreibung	n	%	n	%	n	%
1	11	1	0,77	1	1,37	0	0,00
1	12	1	0,77	1	1,37	0	0,00
1	13	21	16,15	12	16,44	9	15,79
1	15	6	4,62	5	6,85	1	1,75
1	21	1	0,77	0	0,00	1	1,75
1	22	1	0,77	1	1,37	0	0,00
1	23	22	16,92	7	9,59	15	26,32
1	25	10	7,69	6	8,22	4	7,02
1	33	3	2,31	1	1,37	2	3,51
1	35	6	4,62	3	4,11	3	5,26
1	43	1	0,77	0	0,00	1	1,75
1	45	4	3,08	2	2,74	2	3,51
	Summe / Prozentualer Anteil:	77	59,23	39	53,42	38	66,67
2	11,13	1	0,77	1	1,37	0	0,00
2	13,15	1	0,77	1	1,37	0	0,00
2	13,23	24	18,46	13	17,81	11	19,30
2	13,24	1	0,77	1	1,37	0	0,00
2	14,24	1	0,77	0	0,00	1	1,75
2	15,25	11	8,46	9	12,33	2	3,51
2	23,33	1	0,77	0	0,00	1	1,75
2	23,35	1	0,77	0	0,00	1	1,75
2	23,43	1	0,77	0	0,00	1	1,75
2	35,45	3	2,31	2	2,74	1	1,75
2	43,44	1	0,77	1	1,37	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	46	35,38	28	38,36	18	31,58
3	13,23,24	1	0,77	1	1,37	0	0,00
3	13,23,35	1	0,77	0	0,00	1	1,75
3	13,23,43	2	1,54	2	2,74	0	0,00
3	15,23,25	1	0,77	1	1,37	0	0,00
3	23,25,33	1	0,77	1	1,37	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	6	4,62	5	6,85	1	1,75
4	13,23,35,45	1	0,77	1	1,37	0	0,00
	Summe / Prozentualer Anteil:	1	0,77	1	1,37	0	0,00

	PatientInnen gesamt:	130	100,00	73	100,00	57	100,00
--	-----------------------------	------------	---------------	-----------	---------------	-----------	---------------

Tab. 12: Verteilungsmuster der Verlagerungen bei allen PatientInnen (n=130),
bei weiblichen Patientinnen (n=73) und bei männlichen Patienten
(n=57)

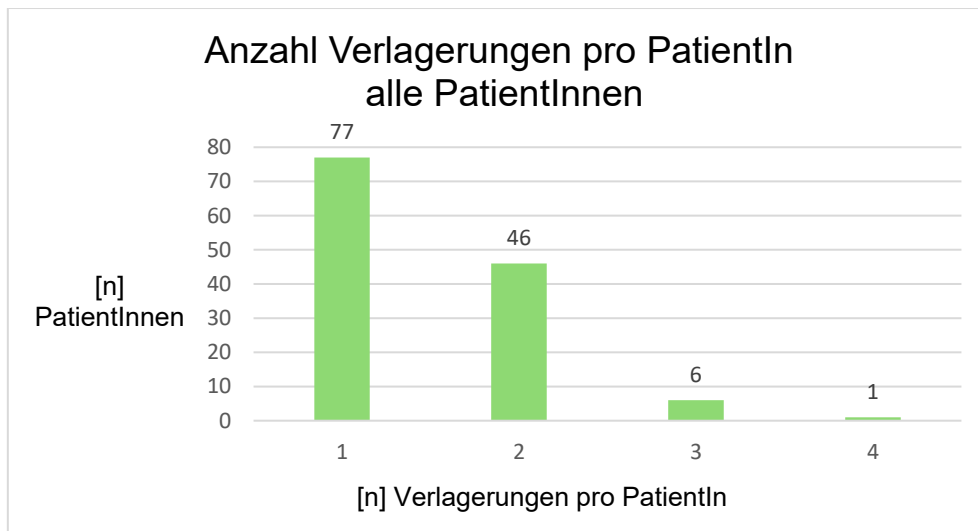


Abb. 22a: Verteilung der Verlagerungen permanenter Zähne bei allen PatientInnen

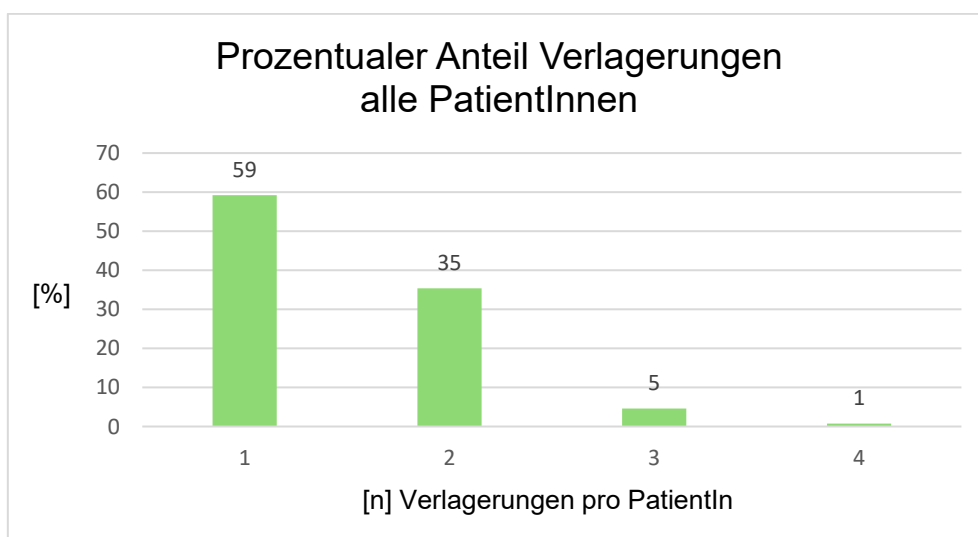


Abb. 22b: Verteilung der Verlagerungen permanenter Zähne bei allen PatientInnen in Prozent

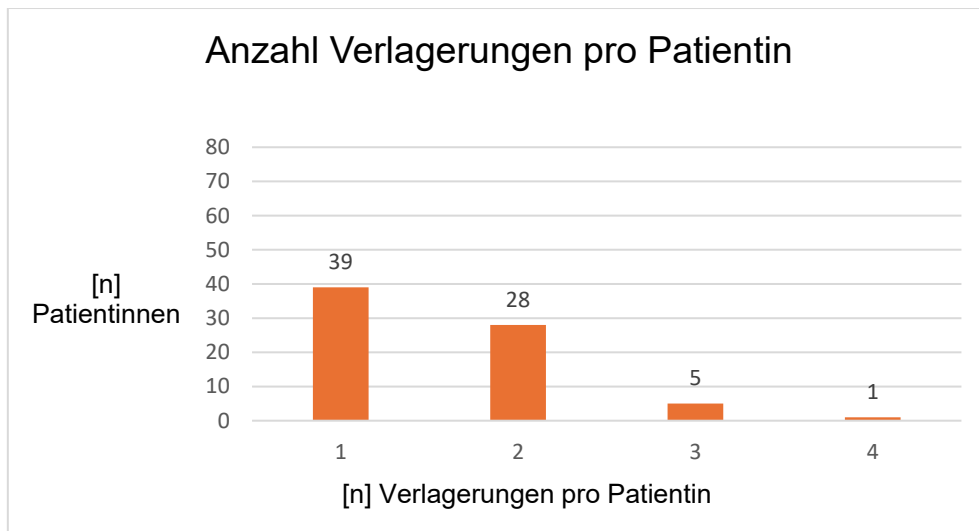


Abb. 23a: Verteilung der Verlagerungen permanenter Zähne bei weiblichen Patientinnen

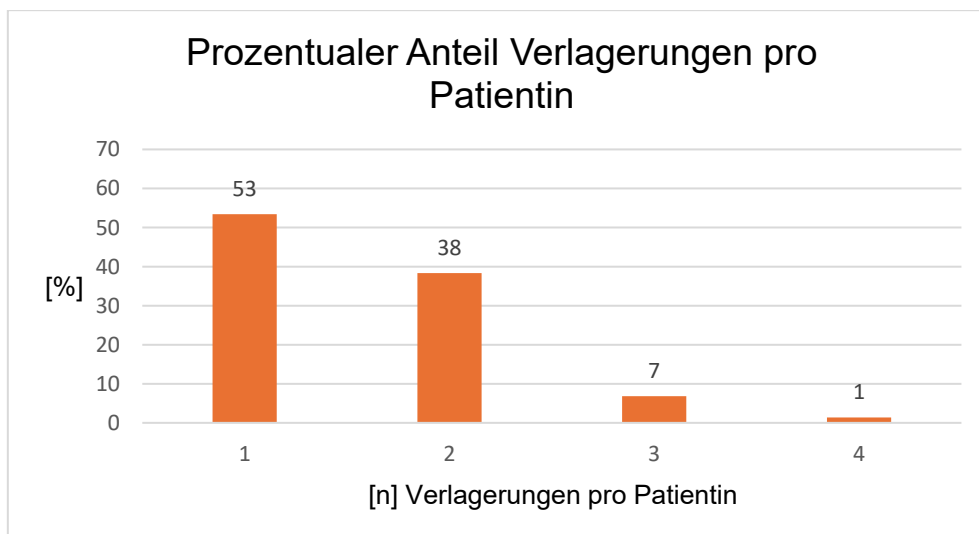


Abb. 23b: Verteilung der Verlagerungen permanenter Zähne bei weiblichen Patientinnen in Prozent

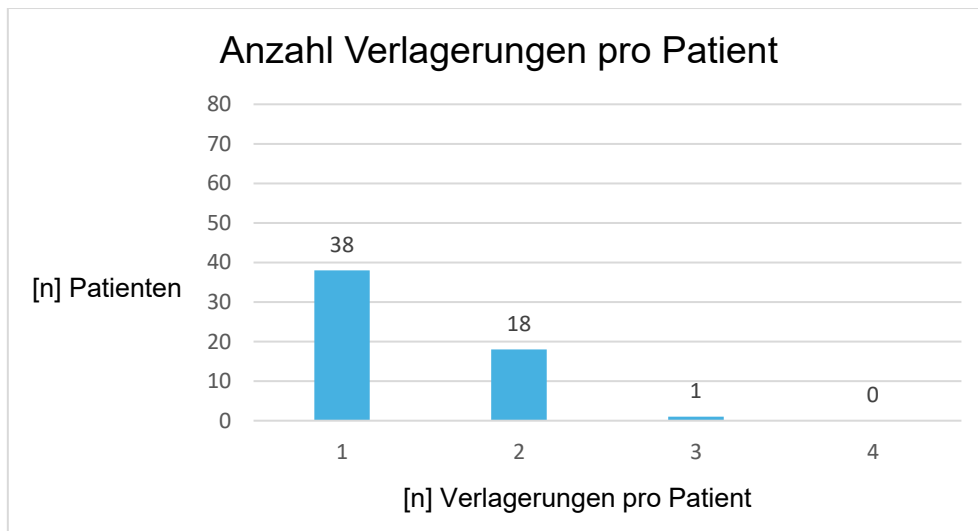


Abb. 24a: Verteilung der Verlagerungen permanenter Zähne bei männlichen Patienten

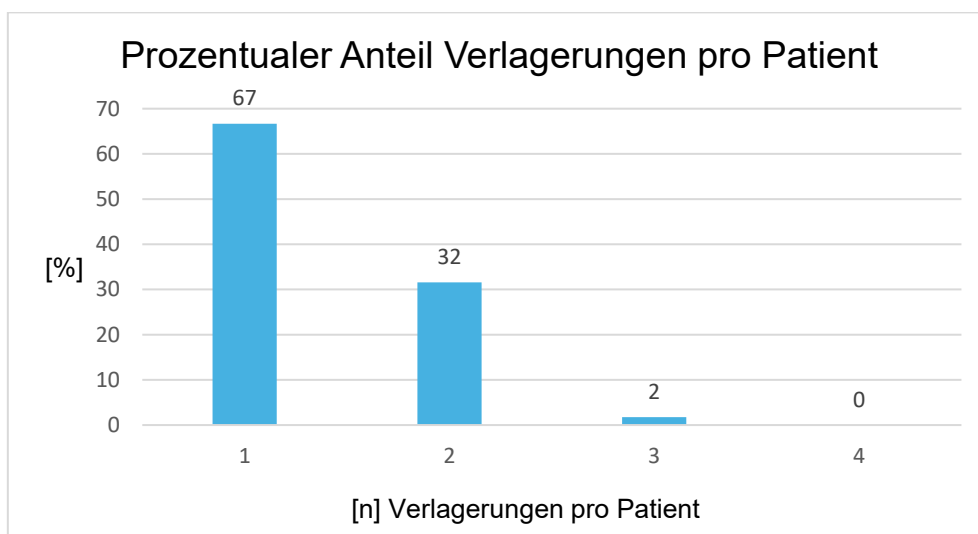


Abb. 24b: Verteilung der Verlagerungen permanenter Zähne bei männlichen Patienten in Prozent

4.4.2 Verlagerungen - Einzelzahn Betrachtungen

Abbildung 25a visualisiert, dass der 2. Quadrant bei allen PatientInnen die höchste Anzahl an Verlagerungen ($n=84$) aufweist, gefolgt vom 1. Quadranten ($n=76$). Der am häufigsten verlagerte Zahn im 1. Quadranten ist Zahn 13 ($n=53$). Im 2. Quadranten ist Zahn 23 ($n=56$) am auffälligsten betroffen. Die Verlagerungen im 3. und 4. Quadranten sind mit $n=17$ und $n=14$ deutlich seltener. Im 3. Quadranten weist Zahn 35 ($n=12$) die höchste Zahl auf, während im 4. Quadranten Zahn 45 ($n=8$) am häufigsten betroffen ist. Diese Verteilung zeigt, dass in der vorliegenden Studie Verlagerungen bei allen PatientInnen insgesamt häufiger im Oberkiefer auftreten.

Abbildung 25b zeigt die Verteilung bei weiblichen Patientinnen. Auch hier weist der 1. Quadrant die meisten Verlagerungen auf ($n=51$), wobei Zahn 13 mit $n=32$ dokumentierten Verlagerungen am häufigsten betroffen ist. Im 2. Quadranten, der insgesamt $n=46$ Verlagerungen verzeichnet, tritt Zahn 23 ($n=26$) besonders hervor. Die Anzahl der Verlagerungen im 3. und 4. Quadranten ist niedriger und beträgt $n=8$ bzw. $n=9$. Im 3. Quadranten ist Zahn 35 ($n=6$) am auffälligsten, während im 4. Quadranten Zahn 45 ($n=5$) am häufigsten betroffen ist. Diese Zahlen zeigen eine Konzentration der Verlagerungen im Oberkiefer, ähnlich der Gesamtgruppe, jedoch mit einem stärkeren Unterschied zum Unterkiefer.

Bei den männlichen Patienten (Abbildung 25c) zeigt sich ebenfalls, dass, gemäß der Gesamtverteilung, die meisten Verlagerungen im 2. Quadranten ($n=39$) auftreten. Hier ist Zahn 23 ($n=30$) am häufigsten betroffen. Im 1. Quadranten, der insgesamt $n=25$ Verlagerungen aufweist, ist Zahn 13 ($n=21$) besonders auffällig. Der 3. und 4. Quadrant weisen geringere Zahlen auf, mit $n=9$ bzw. $n=5$ Verlagerungen. Im 3. Quadranten ist Zahn 35 ($n=6$) am häufigsten betroffen, während im 4. Quadranten Zahn 45 ($n=3$) hervorsticht. Bei den männlichen Patienten ist der Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer etwas weniger stark ausgeprägt als bei den weiblichen Patientinnen, jedoch sind auch hier Verlagerungen im Oberkiefer lokalisiert.

Insgesamt zeigen die Daten, dass Verlagerungen bei allen PatientInnen sowie nach Geschlechtern getrennt bei den weiblichen und männlichen PatientInnen häufiger im Oberkiefer (1. und 2. Quadrant) auftreten als im Unterkiefer (3. und 4. Quadrant). Bei den weiblichen Patientinnen ist die Prävalenz im 1. Quadranten vergleichsweise größer als im 2. Quadranten, bei den männlichen Patienten ist dies umgekehrt. Der 2. Quadrant weist dadurch insgesamt eine höhere Anzahl an Verlagerungen auf, wobei Zahn 23 in diesem Quadranten in jeder Gruppe der auffälligste Zahn ist. Diese Ergebnisse zeigen eine besonders starke Beteiligung von Zahn 13 und Zahn 23.

		n_{ges} 1. Quadrant = 76							n_{ges} 2. Quadrant = 84						
[n]		0	0	19	1	53	1	2	1	1	56	3	23	0	0
Verlagerung															
Zahn		17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
		47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
[n]		0	0	8	1	5	0	0	0	0	5	0	12	0	0
Verlagerung															
		n_{ges} 4. Quadrant = 14							n_{ges} 3. Quadrant = 17						

Abb. 25a: Verteilung der Verlagerungen bei allen PatientInnen im Gesamtzeitraum (2012-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahnschemas

		n_{ges} 1. Quadrant = 51							n_{ges} 2. Quadrant = 46						
[n]		0	0	16	0	32	1	2	0	1	26	2	17	0	0
Verlagerung															
Zahn		17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
		47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
[n]		0	0	5	1	3	0	0	0	0	2	0	6	0	0
Verlagerung															
		n_{ges} 4. Quadrant = 9							n_{ges} 3. Quadrant = 8						

Abb. 25b: Verteilung der Verlagerungen bei weiblichen Patientinnen im Gesamtzeitraum (2012-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahnschemas

	n_{ges} 1. Quadrant = 25							n_{ges} 2. Quadrant = 39						
[n]	0	0	3	1	21	0	0	1	0	30	1	6	0	0
Verlagerung														
Zahn	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
[n]	0	0	3	0	2	0	0	0	0	3	0	6	0	0
Verlagerung														
	n_{ges} 4. Quadrant = 5							n_{ges} 3. Quadrant = 9						

Abb. 25c: Verteilung der Verlagerungen bei männlichen Patienten im Gesamtzeitraum (2012-2021) bezogen auf die vier Quadranten des FDI-Zahnschemas

4.4.3 Verläufe über Gesamtzeitraum differenziert nach Quadranten

Die nachfolgende Analyse untersucht die Häufigkeit von Verlagerungen in allen Quadranten im Zeitraum von 2012 bis 2021. Die Daten dokumentieren die Anzahl und Verteilung der Verlagerungen für jedes Jahr und jeden Zahn und geben Aufschluss über spezifische Trends und Schwankungen über die Jahre hinweg.

1. Quadrant (Tab. 13, Abb. 26)

Zahn 13 (Oberkiefer, rechter Eckzahn)

Zahn 13 zeigt über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg die höchste Anzahl an Verlagerungen. Besonders in den Jahren 2012 bis 2014 fällt Zahn 13 mit hohen Verlagerungszahlen auf, wobei eine Spitze von 11 dokumentierten Fällen im Jahr 2012 erreicht wird.

Zahn 15 (Oberkiefer, rechter zweiter Prämolare)

Zahn 15 zeigt ebenfalls eine auffällige Häufung, insbesondere im Jahr 2013 mit 8 dokumentierten Verlagerungen. Auch in den Jahren 2016 und 2020 wurden mehrere Fälle beobachtet. Dies deutet auf eine gewisse Anfälligkeit dieses Zahns für Verlagerungen hin, wenngleich die Zahlen insgesamt niedriger sind als bei Zahn 13.

Zähne 11, 12, 14, 16 und 17 (Oberkiefer rechter mittlerer und seitlicher Schneidezahn, rechter erster Prämolare sowie rechter erster und zweiter Molare)

Die übrigen Zähne im 1. Quadranten sind weniger häufig von Verlagerungen betroffen. Zahn 11 zeigt nur in den Jahren 2015 und 2021 vereinzelte Verlagerungen, während Zahn 12 lediglich 2012 eine Verlagerung aufweist. Die Zähne 14, 16 und 17 sind kaum bis gar nicht betroffen, mit nur vereinzelten Verlagerungen, die jeweils nur in wenigen Jahren auftreten und keine erkennbaren Muster aufweisen.

Trends und Beobachtungen

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Verlagerungen im 1. Quadranten am häufigsten bei den Zähnen 13 und 15 auftreten, während die übrigen Zähne des Quadranten seltener betroffen sind. Die jährlichen Schwankungen deuten auf bestimmte Perioden erhöhter Verlagerungszahlen hin, insbesondere zwischen 2012 und 2014, gefolgt von einem allmählichen Rückgang der Verlagerungszahlen in den späteren Jahren des Untersuchungszeitraums.

	Zahn 11	Zahn 12	Zahn 13	Zahn 14	Zahn 15	Zahn 16	Zahn 17
2012	0	1	11	0	2	0	0
2013	0	0	7	0	8	0	0
2014	0	0	8	1	1	0	0
2015	1	0	4	0	1	0	0
2016	0	0	6	0	3	0	0
2017	0	0	2	0	0	0	0
2018	0	0	1	0	0	0	0
2019	0	0	6	0	1	0	0
2020	0	0	3	0	3	0	0
2021	1	0	5	0	0	0	0

Tab. 13: Verläufe über Gesamtzeitraum von Verlagerungen aller PatientInnen,
1. Quadrant

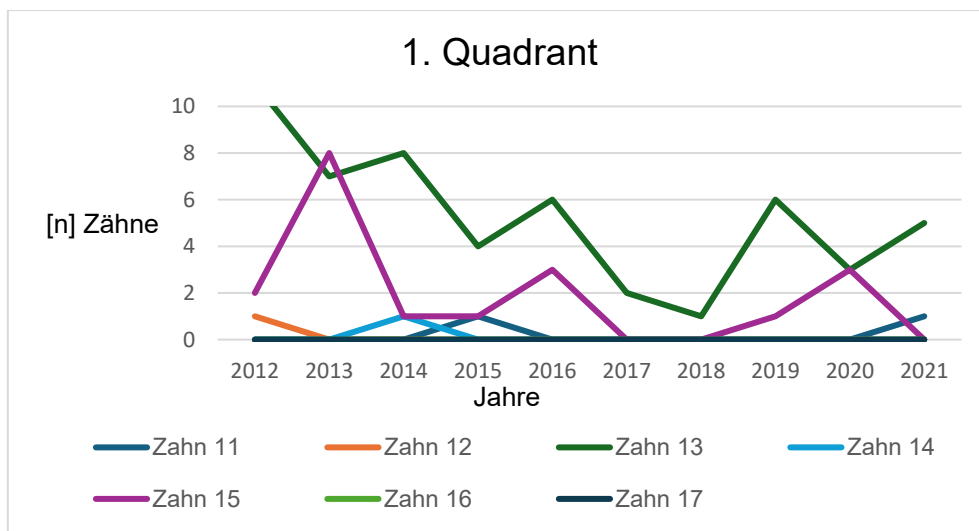


Abb. 26: Verteilung von Verlagerungen im 1. Quadranten (2012–2021)

2. Quadrant (Tab. 14, Abb. 27)

Zahn 23 (Oberkiefer, linker Eckzahn)

Der Zahn 23 weist über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg die höchste Anzahl an Verlagerungen auf. Besonders auffällig ist die Häufung in den Jahren 2012 bis 2014, wobei eine Spitzenhäufigkeit von 11 Verlagerungen im Jahr 2014 dokumentiert ist. Diese Häufung deutet auf eine erhöhte Anfälligkeit dieses Zahns für Verlagerungen hin, die sich über mehrere Jahre hinweg zeigt. Auch in den Jahren 2016 und 2020 ist Zahn 23 mit jeweils 8 bzw. 6 dokumentierten Fällen häufig betroffen.

Zahn 25 (Oberkiefer, linker zweiter Prämolare)

Zahn 25 zeigt ebenfalls eine erhöhte Anzahl an Verlagerungen, jedoch in geringerer Häufigkeit im Vergleich zu Zahn 23. Insbesondere die Jahre 2012, 2013 und 2016 verzeichnen hier drei bis fünf Fälle. Diese Verteilung deutet darauf hin, dass Zahn 25 gelegentlich von Verlagerungen betroffen ist, allerdings ohne die konstant hohe Häufigkeit, die bei Zahn 23 zu beobachten ist.

Zähne 21, 22, 24, 26 und 27 (Oberkiefer, linker mittlerer und seitlicher Schneidezahn, linker erster Prämolare sowie linker erster und zweiter Molare)

Die übrigen Zähne in diesem Quadranten sind nur selten von Verlagerungen betroffen. Zahn 21 zeigt lediglich im Jahr 2016 eine Verlagerung, während Zahn 22 in dem Jahr 2019 eine und Zahn 24 in den Jahren 2012 und 2014 vereinzelt dokumentierte Fälle aufweisen. Die Zähne 26 und 27 sind im gesamten Untersuchungszeitraum nicht von Verlagerungen betroffen.

Trends und Beobachtungen

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Verlagerungen im 2. Quadranten hauptsächlich bei Zahn 23 und 25 auftreten, während die übrigen Zähne des Quadranten nur sporadisch betroffen sind. Die Häufigkeit der Verlagerungen variiert zwischen den Jahren, mit auffälligen Spitzen in den frühen Jahren des Beobachtungszeitraums (insbesondere 2012-2014) und einer allmählichen Abnahme in den späteren Jahren.

	Zahn 21	Zahn 22	Zahn 23	Zahn 24	Zahn 25	Zahn 26	Zahn 27
2012	0	0	7	2	3	0	0
2013	0	0	8	0	5	0	0
2014	0	0	11	1	3	0	0
2015	0	0	3	0	1	0	0
2016	1	0	8	0	3	0	0
2017	0	0	1	0	0	0	0
2018	0	0	3	0	2	0	0
2019	0	1	5	0	2	0	0
2020	0	0	6	0	3	0	0
2021	0	0	4	0	1	0	0

Tab. 14: Verläufe über Gesamtzeitraum von Verlagerungen aller PatientInnen,
2. Quadrant

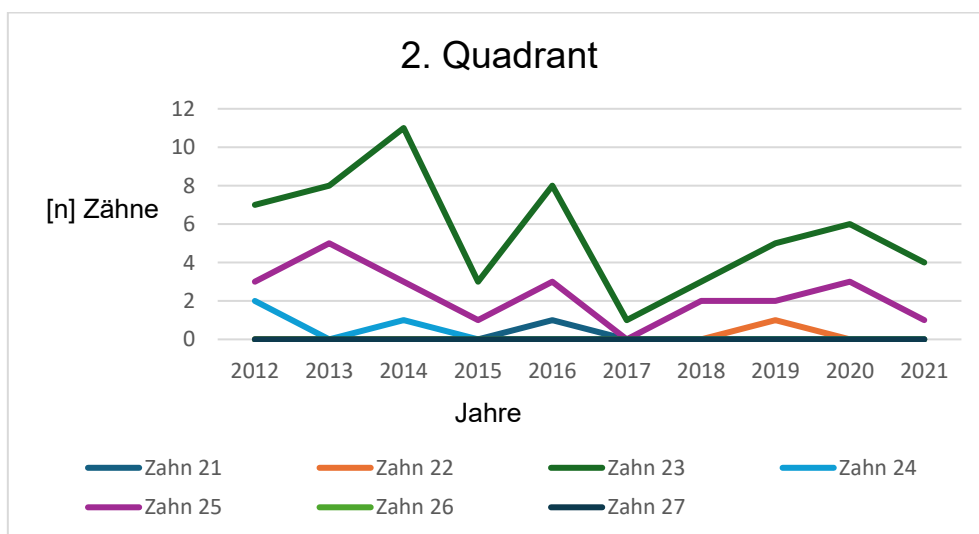


Abb. 27: Verteilung von Verlagerungen im 2. Quadranten (2012–2021)

3. Quadrant (Tab. 15, Abb. 28)

Zahn 35 (Unterkiefer, linker zweiter Prämolare)

Zahn 35 weist über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg die höchste Anzahl an Verlagerungen auf, wenn auch insgesamt in geringem Umfang. Besonders im Jahr 2014 fällt dieser Zahn mit vier dokumentierten Fällen auf, während in anderen Jahren wie 2013, 2015, 2018 und 2019 jeweils ein oder zwei Verlagerungen festgehalten wurden.

Zahn 33 (Unterkiefer, linker Eckzahn)

Zahn 33 zeigt ebenfalls vereinzelte Verlagerungen, vor allem in den Jahren 2013, 2015 und 2018, mit jeweils einem bis zwei dokumentierten Fällen.

Zähne 31, 32, 34, 36 und 37 (Unterkiefer, linker mittlerer und seitlicher Schneidezahn, linker erster Prämolare sowie linker erster und zweiter Molar)

Die restlichen Zähne in diesem Quadranten zeigen keine Verlagerungen über den gesamten Zeitraum hinweg.

Trends und Beobachtungen

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Verlagerungen im 3. Quadranten selten auftreten, mit einer leichten Häufung bei Zahn 35 und vereinzelten Fällen bei Zahn 33. Die übrigen Zähne dieses Quadranten sind über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg kaum von Verlagerungen betroffen.

	Zahn 31	Zahn 32	Zahn 33	Zahn 34	Zahn 35	Zahn 36	Zahn 37
2012	0	0	0	0	1	0	0
2013	0	0	1	0	2	0	0
2014	0	0	0	0	4	0	0
2015	0	0	1	0	1	0	0
2016	0	0	1	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	2	0	2	0	0
2019	0	0	0	0	1	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	1	0	0

Tab. 15: Verläufe über Gesamtzeitraum von Verlagerungen aller PatientInnen,
3. Quadrant

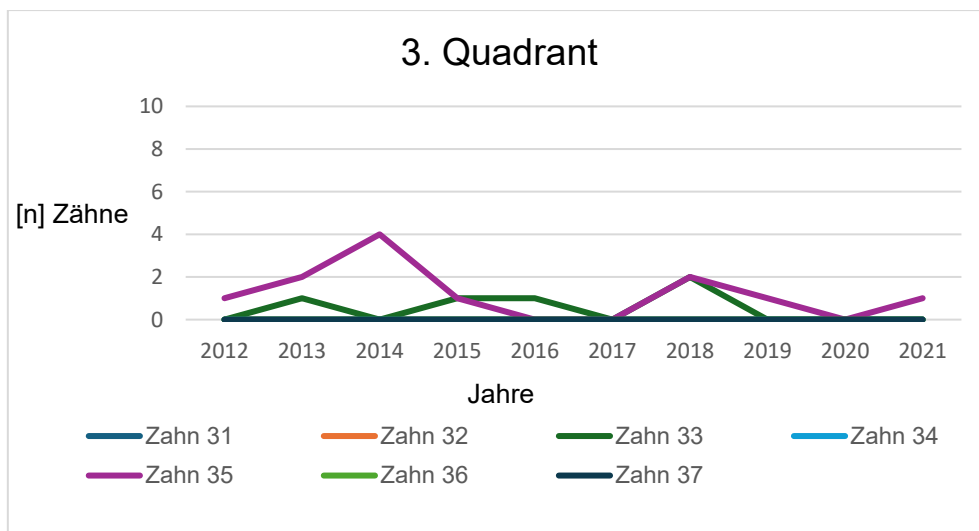


Abb. 28: Verteilung von Verlagerungen im 3. Quadranten (2012–2021)

4. Quadrant (Tab. 16, Abb. 29)

Zahn 45 (Unterkiefer, rechter zweiter Prämolare)

Zahn 45 weist die höchste Anzahl an Verlagerungen auf, mit Spitzen in den Jahren 2013 und 2014, in denen jeweils zwei Fälle dokumentiert wurden. In den übrigen Jahren tritt Zahn 45 nur sporadisch mit Verlagerungen auf, wie 2012 und 2015 mit jeweils einem Fall.

Zahn 43 (Unterkiefer, rechter Eckzahn)

Zahn 43 zeigt eine geringe, aber konstante Anzahl an Verlagerungen mit jeweils einem dokumentierten Fall in den Jahren 2016 bis 2020.

Zähne 41, 42, 44, 46 und 47 (Unterkiefer, rechter mittlerer und seitlicher Schneidezahn, rechter erster Prämolare sowie rechter erster und zweiter Molar)

Die übrigen Zähne im 4. Quadranten weisen über den gesamten Beobachtungszeitraum keine oder nur sehr wenige Verlagerungen auf.

Trends und Beobachtungen

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Verlagerungen im 4. Quadranten selten auftreten, wobei Zahn 45 die auffälligste Häufung zeigt. Zahn 43 weist ebenfalls eine leichte Tendenz zur Verlagerung auf, während die restlichen Zähne des Quadranten kaum betroffen sind.

	Zahn 41	Zahn 42	Zahn 43	Zahn 44	Zahn 45	Zahn 46	Zahn 47
2012	0	0	0	0	1	0	0
2013	0	0	0	0	2	0	0
2014	0	0	0	0	2	0	0
2015	0	0	0	0	1	0	0
2016	0	0	1	0	0	0	0
2017	0	0	1	0	0	0	0
2018	0	0	1	0	0	0	0
2019	0	0	1	0	1	0	0
2020	0	0	1	1	0	0	0
2021	0	0	0	0	1	0	0

Tab. 16: Verläufe über Gesamtzeitraum von Verlagerungen aller PatientInnen,
4. Quadrant

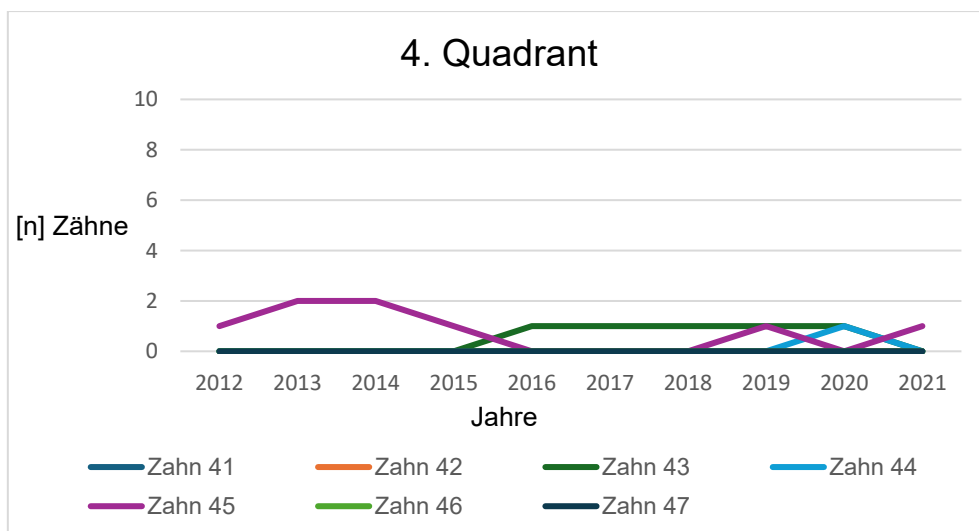


Abb. 29: Verteilung von Verlagerungen im 4. Quadranten (2012–2021)

4.4.4 Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S5

Das Liniendiagramm in Abbildung 30 veranschaulicht die Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S5. Die Aufteilung nach Geschlechtern erfolgt über eine orangefarbene Linie für weibliche Patientinnen und eine blaue Linie für männliche Patienten. Die grüne Linie repräsentiert die Gesamtzahl der PatientInnen. Der Altersgipfel, bei der Erstbefundung in der kieferorthopädischen Praxis, liegt im Bereich von 10 bis 12 Jahren, wobei insgesamt etwas mehr weibliche als männliche PatientInnen betroffen sind. Nach diesem Altersbereich nimmt die Anzahl der PatientInnen in beiden Gruppen kontinuierlich ab.

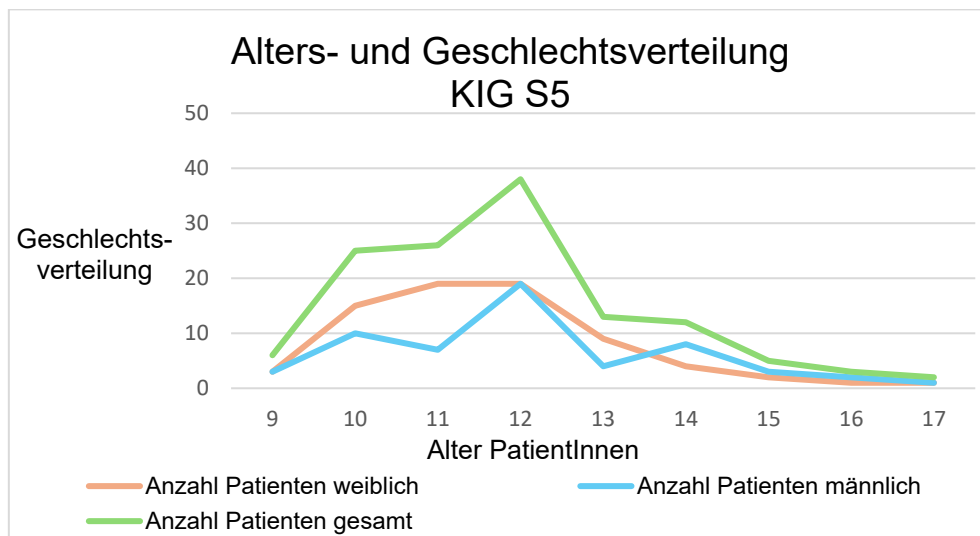


Abb. 30: Alters- und Geschlechtsverteilung von PatientInnen mit dem KIG-Merkmal S5

5 Diskussion

5.1 PatientInnengut, Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Messmethode

Die vorliegende Untersuchung basiert auf einer detaillierten Analyse des PatientInnenguts hinsichtlich der Häufigkeit von Zahnverlagerungen, Retentionen und Zahnaplasien in verschiedenen Quadranten und Zahngruppen. Ergänzend zu unseren Publikationen [50,65,107] mit demselben Patientenkollektiv von 387 PatientInnen wurde in dieser Arbeit zusätzlich eine geschlechtsspezifische Analyse durchgeführt. Da sich diese Studie auf die KIG-Klassen U und S bezieht, welches dazu dient, gesetzlich-versicherte PatientInnen in eine Behandlungsbedürftigkeit einzustufen, sind die PatientInnen zwischen 6-18 Jahre, in welchen man oft keine Vorhersage für Weisheitszahnanomalien diagnostizieren kann. Die Auswahl des PatientInnenkollektivs ermöglicht eine umfassende Betrachtung unterschiedlicher Faktoren, die in der Gesamtanalyse sowie bei der geschlechtsspezifischen Differenzierung berücksichtigt wurden. Die Zusammensetzung des PatientInnenguts erlaubt es, alters- und geschlechtsspezifische Häufungen zu analysieren und die Ergebnisse mit ähnlichen Studien im Bereich der Zahnentwicklungsstörungen zu vergleichen. Zur Erhebung der Daten wurden orthopantomographische Röntgenbilder ausgewertet, die eine präzise und umfassende Darstellung des Gebisses ermöglichen. Diese Methode gewährleistet eine hohe Genauigkeit bei der Erfassung von Verlagerungen, Retentionen und Zahnaplasien und erlaubt eine detaillierte Dokumentation von Veränderungen und Häufungen über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg. Die Auswertung der Röntgenbilder bietet zudem den Vorteil, dass die Daten reproduzierbar und objektiv festgehalten werden können. Durch den Vergleich mit ähnlichen Studien und der aktuellen Literatur wird eine differenzierte Bewertung der Ergebnisse ermöglicht. Die angewandte Methode und die umfassende Dokumentation erlauben eine hohe Vergleichbarkeit mit vorhandenen Studien und tragen zur Verlässlichkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Populationen und Untersuchungsgruppen bei.

5.2 Diskussion Aplasien

5.2.1 Vergleich der Studienergebnisse mit der bestehenden Literatur

Der Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit den bisher in der Literatur beschriebenen Daten (siehe Punkt 2.2.2) verdeutlicht sowohl Übereinstimmungen als auch interessante Unterschiede hinsichtlich der Verteilung von Aplasien.

Die vorliegende Analyse zeigt, dass die meisten PatientInnen eine (38,64%) bis zwei (39,21%) fehlende Zahnanlagen aufweisen, was in etwa mit den Literaturangaben übereinstimmt. So berichteten Polder et al. (2004), dass 48% der Fälle eine einzelne Zahnanlage und 35% zwei Zahnanlagen betreffen [92]. Dieses Muster spiegelt sich auch in den vorliegenden Daten wider, wobei der Fokus auf einzelnen oder wenigen fehlenden Zähnen überwiegend besteht.

Gemäß der Literatur sind Aplasien häufiger an den distalen Stellen eines Zahntyps lokalisiert, insbesondere an den zweiten Schneidezähnen, zweiten Prämolaren und dritten Molaren [15,59]. Die Ergebnisse dieser Analyse stimmen weitgehend damit überein. Die häufigsten fehlenden Zähne in dieser Studie sind die seitlichen Schneidezähne des Oberkiefers (Zähne 12 und 22, 36,19%) gefolgt von den zweiten Prämolaren des Unterkiefers (Zähne 35 und 45, zusammen 31,09% der fehlenden Zähne). Auf die zweiten Prämolaren des Oberkiefers fallen 16,89% und auf die seitlichen Schneidezähne des Unterkiefers lediglich 1,6%. Kahl-Nieke beschreibt ein häufigeres Fehlen der zweiten Prämolaren des Unterkiefers gegenüber den zweiten Schneidezähnen des Oberkiefers [59].

Die Metaanalyse von Polder et al. (2004) kommt zu den Ergebnissen, dass die Verteilung von Zahnaplasien zwischen Ober- und Unterkiefer nahezu gleich ist (49,7% vs. 50,3%) [92]. Die Daten der vorliegenden Studie sind konträr: Die Verteilung zwischen Oberkiefer (60,32%) und Unterkiefer (39,68%) unterscheidet sich deutlich um mehr als 20%. Die Unterschiede könnten auf eine populationsspezifische Variation oder methodische Unterschiede in der Datenerhebung zurückzuführen sein.

Die Analyse bestätigt, die in der Literatur berichtete, geschlechtsspezifische Verteilung. Polder et al. (2004) berichten, dass weibliche Patientinnen 1,37- mal häufiger von dentaler Agenesie betroffen sind als männliche Patienten [92]. In der vorliegenden Untersuchung zeigt sich eine ähnliche Tendenz. 59,67% der weiblichen Patientinnen weisen Zahnaplasien auf, im Vergleich zu 40,33% der männlichen Patienten, womit weibliche Patientinnen 1,48- mal häufiger betroffen sind.

Hinsichtlich des Geschlechtsdimorphismus in Betracht auf die Einzelzahnhäufigkeit stellten einige Studien signifikante Unterschiede nur bei fehlenden seitlichen Schneidezähnen fest, die

häufiger bei weiblichen Patientinnen auftraten [111]. Das Verhältnis unserer Studie liegt bei diesen Zähnen bei 0,98:1 (m:w), womit sich kein signifikanter Unterschied aufzeigt.

Die Analyse der Quadrantenverteilung zeigt, dass die meisten Aplasien im 1. Quadranten auftreten (32,17%), gefolgt vom 2. Quadranten (28,15%). Dieses Muster wird in der Literatur nicht explizit erwähnt, was auf eine populationsspezifische Besonderheit oder eine Besonderheit der untersuchten Kohorte hindeuten könnte.

Interessanterweise zeigen die vorliegenden Daten mehrere komplexe Verteilungsmuster, bei denen drei oder mehr Zahnanlagen fehlen. Beispielsweise wurden in einigen Fällen Aplasien wie 12,22,35 oder 15,25,35,45 festgestellt, die in der Literatur nicht häufig beschrieben werden. Diese spezifischen Kombinationen könnten auf genetische oder entwicklungsbedingte Faktoren hinweisen.

Die Ergebnisse dieser Analyse bestätigen weitgehend die in der Literatur beschriebenen Muster dentaler Agenesien, insbesondere hinsichtlich der Häufigkeit einzelner fehlender Zähne und der geschlechtsspezifischen Verteilung. Gleichzeitig bieten sie neue Einblicke in komplexe Verteilungsmuster und Quadrantenpräferenzen, die eine weiterführende Untersuchung rechtfertigen.

5.2.2 Diskussion Aplasien Geschlechtsverteilung

Die höhere Prävalenz von Zahnaplasien bei weiblichen Patientinnen im Vergleich zu männlichen Patienten kann auf eine Kombination genetischer, hormoneller und epigenetischer Faktoren zurückgeführt werden. Genetische Mutationen, insbesondere in den Genen MSX1, PAX9 und TGFA, stehen in engem Zusammenhang mit dem Auftreten von Zahnaplasien [81]. Die isolierte Form kann autosomal-dominant, autosomal-rezessiv oder x-chromosomal-dominant oder -rezessiv vererbt werden, mit bemerkenswerter Variation in Penetranz und Expressivität. Es wird angenommen, dass bestimmte genetische Variationen bei weiblichen Patientinnen häufiger vorkommen, was zu einer erhöhten Anfälligkeit für diese Entwicklungsstörung führen könnte [14].

Interessanterweise ergeben Studien auch, dass die Anzahl fehlender Zähne mit einer Verringerung der Zahngröße korreliert bei Mutation des PAX 9 Gens [2,3,15]. Dies könnte ebenfalls ein Hinweis darauf sein, warum weibliche Patientinnen häufiger von Aplasien betroffen sind als männliche Patienten. Männliche Patienten haben im Durchschnitt längere, breitere und größere Zähne als weibliche Patientinnen [44].

Die höheren Raten, die bei weiblichen Patientinnen beobachtet wurden, könnten auf biologische Unterschiede wie kleinere Kiefer zurückzuführen sein [43]. Diese kleineren Kiefer

könnten weniger Platz für die Zahnentwicklung bieten und dadurch anfälliger für äußere Einflüsse sein.

Schließlich könnten auch soziokulturelle Unterschiede zwischen den Geschlechtern eine Rolle spielen. Laut einer Untersuchung der BARMER Ersatzkasse aus dem Jahr 2024 nehmen weibliche Patientinnen häufiger zahnärztliche Vorsorgeuntersuchungen wahr, was möglicherweise zu einer höheren Diagnoserate von Zahnaplasien führt [16].

Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz für die höhere Diagnoserate von Aplasien bei Mädchen im Vergleich zu Jungen könnte darin liegen, dass Mädchen aufgrund eines stärkeren ästhetischen Bewusstseins häufiger kieferorthopädische Behandlungen in Anspruch nehmen [11]. Dies könnte teilweise darauf zurückzuführen sein, dass in gesellschaftlichen Strukturen dem äußeren Erscheinungsbild von Mädchen tendenziell mehr Bedeutung beigemessen wird als dem von Jungen [12].

Wie in der Literatur angegeben, haben Amini et al. (2012) einige wenige Studien gefunden, die zeigen, dass männliche Patienten häufiger Aplasien aufweisen als weibliche Patientinnen [11]. Ein möglicher Erklärungsansatz für die bestehenden Kontroversen könnte in der geschlechtsabhängigen Variabilität einzelner Zahnaplasien liegen. Küchler et al. (2008) berichteten, dass das Verhältnis von männlichen Patienten zu weiblichen Patientinnen (m:w) bei Aplasien der Schneidezähne 1,4:1 betrug. Dabei zeigte sich für die oberen seitlichen Schneidezähne ein Verhältnis von 2:1, während für die unteren Schneidezähne ein ausgeglichenes Verhältnis von 1:1 festgestellt wurde. Im Gegensatz dazu lag das m:w-Verhältnis bei fehlenden Prämolaren bei 0,5:1 (0,3:1 für die oberen zweiten Prämolaren und 0,5:1 für die unteren zweiten Prämolaren) [71]. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Prävalenzen einzelner Zahnarten könnten die Interpretation signifikanter Geschlechtsunterschiede im gesamten Gebiss erschweren. Basierend auf den geschlechtsspezifischen Unterschieden, die in Bezug auf die betroffenen Zahntypen beobachtet wurden, postulierten Küchler et al. (2008) eine kontinuierliche Variable (liability) mit einem Schwellenwert, ab dem Individuen betroffen sein können. Da sowohl genetische als auch Umweltfaktoren diese Variable beeinflussen, wird dieses Modell als multifaktoriell beschrieben. Auf Grundlage dieses Ansatzes kamen die Autoren zu zwei möglichen Erklärungen: Entweder weist dasselbe genetische Modell unterschiedliche Schwellenwerte für männliche Patienten und weibliche Patientinnen auf, oder jedes Geschlecht folgt einem eigenen genetischen Modell mit geschlechtsspezifischen Schwellenwerten [71]. Darüber hinaus könnte auch die ethnische Zugehörigkeit ein weiterer Faktor sein, der zur bestehenden Kontroverse beiträgt.

5.3 Diskussion Retentionen

5.3.1 Vergleich der Studienergebnisse mit der bestehenden Literatur

Der Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit den bisher in der Literatur beschriebenen Daten (siehe Punkt 2.3.2.1.2) verdeutlicht sowohl Übereinstimmungen als auch interessante Unterschiede hinsichtlich der Verteilung und Geschlechtsverteilung von Retentionen.

Gemäß der Literatur zeigen die oberen Eckzähne (Zähne 13 und 23) die höchste Retentionsprävalenz unter den bleibenden Zähnen, ausgenommen der Weisheitszähne, mit Häufigkeiten zwischen 24,4%-61% [9]. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen dies: die Zähne 13 und 23 machen zusammen 48,63 % aller Retentionen aus. Eine häufige Retention bei den unteren zweiten Prämolaren (5%-22,5% [9]) wird ebenfalls mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie unterstützt, wobei 14,38% der Fälle zusammen die Zähne 35 und 45 betreffen.

Wie in der Literatur beschrieben, treten Retentionen mit einem Verhältnis von 2,23:1 häufiger im Oberkiefer als im Unterkiefer auf [125], was auch in dieser Analyse ersichtlich ist. Auf den Oberkiefer kommen 73,29% wohingegen im Unterkiefer 26,71% der Retentionen vorkommen, dies entspricht einem Verhältnis von 2,75:1.

Die Literatur dokumentiert einen signifikanten Geschlechtsunterschied, wobei weibliche Patientinnen deutlich häufiger betroffen sind als männliche Patienten [9,125]. In dieser Studie wurde dagegen eine deutlich höhere Retentionsprävalenz bei männlichen Patienten (63,01%) im Vergleich zu weiblichen Patientinnen (36,99%) festgestellt.

In der Literatur lässt sich weiter ein Geschlechtsunterschied hinsichtlich einzelner Zahnretentionen insbesondere bei den oberen mittleren Schneidezähnen (3:1 m:w) und oberen Eckzähnen (5:7 m:w) finden [125]. In dieser Studie wurden an den Zähnen 11 und 21 keine Retentionsvorgänge festgestellt, während bei den Zähnen 13 und 23 ein Verhältnis von 1,3:1 (m:w) beobachtet wurde - ein Wert, der im Vergleich zu den in der Literatur berichteten Verhältnissen abweichend niedriger ausfällt.

Ein Seitenunterschied, bei dem der linke obere Kieferquadrant (2. Quadrant) vermehrt Retentionen zeigt [125], wurde nicht beobachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass der 1. Quadrant (61 Fälle) häufiger betroffen ist als der 2. Quadrant (46 Fälle) und diese beiden wiederum häufiger als die unteren Quadranten (3. Quadrant: 20 Fälle, 4. Quadrant: 19 Fälle).

Komplexe Retentionsmuster, bei denen mehrere Zähne gleichzeitig betroffen sind, werden in der Literatur weniger häufig beschrieben. In der vorliegenden Untersuchung wurden jedoch

Kombinationen wie 13,23 (17,11% der Fälle) und 13,23,15 (2,63%) identifiziert. Diese spezifischen Muster könnten auf genetische oder anatomische Besonderheiten hinweisen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung bestätigen weitgehend die in der Literatur beschriebenen Muster von Zahnretentionen, insbesondere hinsichtlich der häufigen Retention der oberen Eckzähne, zeigen jedoch Abweichungen hinsichtlich geschlechtsspezifischer Unterschiede. Gleichzeitig bieten sie neue Einblicke in komplexe Retentionsmuster und Quadrantenverteilungen, die eine weiterführende Untersuchung rechtfertigen.

5.3.2 Diskussion Retentionen Geschlechtsverteilung

Derzeit existieren keine Studien, die die geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der Prävalenz von Retentionen umfassend untersuchen oder erklären, warum diese Phänomene, wie in der hier durchgeführten Studie, häufiger bei männlichen Patienten als bei weiblichen Patientinnen auftreten könnten.

Betrachtet man die Ursachen der Zahnretention als oftmals entstehend nach vorzeitiger Milchzahnextraktion, könnte eine mögliche Ursache für die männliche Prävalenz darin liegen, dass bei Jungen eher Milchzähne aufgrund von Karies oder Trauma entfernt werden als bei Mädchen [82,113]. Wie eine Studie von Singh et al. (2024) aufzeigt, verlieren Jungen eher Milchzähne als Mädchen vor dem genetisch determinierten Zahnwechsel [113]. Dies kann wiederum zu einem Aufwandern und damit Verschließen der Lücken führen, welches einen Durchbruch der bleibenden Zähne erschwert und damit zu Retentionen führt. Jungen erleiden öfter Traumata der Zähne als Mädchen, welches ebenfalls oftmals in frühzeitigen Milchzahnextraktionen resultiert und folglich bei nicht Anwendung eines Platzhalters zur Einengung der Lücke führen kann [114].

Genetische Erkrankungen wie beispielsweise die Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten finden sich häufiger bei Jungen als bei Mädchen, welche wiederum häufiger zu Retentionen führen [9,138].

5.4 Diskussion Verlagerungen

5.4.1 Vergleich der Studienergebnisse mit der bestehenden Literatur

Die Ergebnisse der vorliegenden Analyse bestätigen die in der Literatur (siehe Punkt 2.3.2.2.2) beschriebene hohe Prävalenz von Verlagerungen bei den oberen Eckzähnen (Zahn 13 und 23). Mit 57,07% (Zahn 13, 27,75% und Zahn 23, 29,32%) liegen diese Werte im Einklang mit den beschriebenen Häufigkeiten von 44,8% bis 61% [118,129].

Im Gegensatz zu den bisherigen Literaturbefunden zeigt diese Studie, dass die zweithäufigste Verlagerung mit einer Prävalenz von rund 22% die der zweiten Prämolaren des Oberkiefers ist. Im Gegensatz dazu berichten Stahl et al. (2003), Watted et al. (2005) und Jung et al. (2016) in ihren Untersuchungen, dass die Zähne 11 und 21 als zweithäufigste betroffen gelten [57,118,129].

In der geschlechtsspezifischen Betrachtung zeigt sich in der vorliegenden Studie ein erhöhtes Aufkommen von Verlagerungen bei weiblichen Patientinnen mit 59,69% im Gegensatz zu männlichen Patienten mit 40,83%. Dies entspricht in etwa den in der Literatur angegebenen Werten (53,4% weiblich und 46,6% männlich) [7]. Hinsichtlich der Einzelzahn Betrachtung findet sich eine Prävalenz von verlagerten oberen Eckzähnen bei männlichen Patienten für Zahn 13 und 23 mit 65,38%, womit sie häufiger betroffen sind als weibliche Patientinnen mit 50,88%. Dies steht im Gegensatz zur Literatur, die eine generelle Dominanz der palatinalen Verlagerung von Oberkiefer Eckzähnen bei weiblichen Patientinnen angibt [18].

Die Verteilung der verlagerten oberen Eckzähne nach Lokalisation (palatinal, bukkal, alveolar) konnte in der vorliegenden Analyse nicht spezifisch erhoben werden. Die Literatur betont jedoch die palatinale Prävalenz mit 85% [36,51]. Es wäre interessant, in zukünftigen Studien die genaue Lokalisation der Verlagerungen stärker zu berücksichtigen. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die vorliegende Analyse weitgehend mit den Ergebnissen der Literatur übereinstimmt, jedoch in Bezug auf spezifische Zähne und geschlechtsspezifische Unterschiede Abweichungen aufweist.

5.4.2 Diskussion Verlagerungen Geschlechtsverteilung

Aktuell fehlen Untersuchungen, die sich umfassend mit den geschlechtsspezifischen Unterschieden in der Häufigkeit von Verlagerungen befassen oder erklären, weshalb diese laut unserer Studie häufiger bei weiblichen Patientinnen als bei männlichen Patienten auftreten. Dieser Themenbereich bietet jedoch ein großes Potenzial für künftige Forschungen.

Ein möglicher Grund für die häufigere Inzidenz von Zahnverlagerungen bei weiblichen Patientinnen könnte in den anatomischen Unterschieden der Kiefergröße liegen. Es ist

bekannt, dass weibliche Patientinnen im Durchschnitt schmalere und kleinere Kiefer als männliche Patienten aufweisen [43]. Dies könnte zu einem relativen Platzmangel im Zahnbogen führen, wodurch die reguläre Ausrichtung und der Durchbruch der Zähne erschwert werden. Besonders bei begrenztem Platzangebot könnte es zu einem Abweichen der Zahnkeime von ihrem vorgesehenen Eruptionspfad kommen, was eine Verlagerung begünstigt.

Ein weiterer spekulativer Faktor könnte der Einfluss von Hormonen sein. Es ist bekannt, dass das Östrogen Einfluss auf den Knochen hat. So leiden beispielsweise weibliche Patientinnen in der Postmenopause mit einem sinkenden Östrogenspiegel häufiger unter Osteoporose [122,128]. Hormonelle Schwankungen beim Östrogen, insbesondere während der Pubertät, könnten die Zahnentwicklung und die Resorption von Knochensubstanz beeinflussen. Dies könnte dazu beitragen, dass die Zähne bei Mädchen empfindlicher auf Platzverhältnisse und Umbauprozesse reagieren und somit häufiger aus ihrer regulären Position abweichen.

Ein zusätzlicher Faktor weshalb Zahnverlagerungen häufiger bei weiblichen Patientinnen zu finden sein könnten, könnte an der häufigen Korrelation mit Zahnaplasien liegen. Studien zeigen, dass PatientInnen mit einer Verlagerung der oberen Eckzähne eine signifikant höhere Prävalenz von Zahnagenesien aufweisen ($p < 0,05$). Besonders häufig sind Aplasien der oberen seitlichen Schneidezähne und der oberen zweiten Prämolaren zusammen mit Eckzahnverlagerungen vorzufinden [53]. Das Fehlen eines oder mehrerer Zähne kann die natürlichen Druck- und Platzverhältnisse im Zahnbogen erheblich beeinflussen. Dies könnte zu einer Verschiebung der verbleibenden Zähne führen, da diese versuchen, den entstandenen Raum auszufüllen. Infolgedessen kann es zu einer Umlagerung der Zahnkeime kommen, die das Risiko von Verlagerungen erhöht. Dies legt nahe, dass Aplasien und Verlagerungen häufig gemeinsam auftreten und möglicherweise gemeinsame Ursachen oder Wechselwirkungen in der Zahnentwicklung haben.

Darüber hinaus könnte die höhere Diagnoserate, gleichermaßen wie bei der Aplasie diskutiert, bei weiblichen Patientinnen teilweise auch auf soziale und kulturelle Faktoren zurückzuführen sein. Weibliche Patientinnen legen häufig größeren Wert auf ihr Erscheinungsbild und suchen daher eher eine kieferorthopädische Beratung auf als männliche Patienten. Dies könnte dazu führen, dass Zahnverlagerungen bei weiblichen Patientinnen nicht nur häufiger auftreten, sondern auch eher diagnostiziert werden [11,12].

Hinsichtlich genetischer Einflüsse ist die Prävalenz jeweiliger Syndrome zu berücksichtigen, welche die jeweilige Ursache für die geschlechtsspezifische Prävalenz der Verlagerung ausmachen können.

5.5 Zusammenfassung Geschlechtsverteilung aller Anomalien

Obwohl in der vorliegenden Studie eine höhere Prävalenz von Zahnretentionen bei männlichen Patienten beobachtet wurde, weisen andere Studien, wie zuvor diskutiert, darauf hin, dass alle drei untersuchten Anomalien – Retentionen, Verlagerungen und Aplasien – insgesamt häufiger bei weiblichen Patientinnen auftreten [7,9,18,79,92,125]. Eine Studie des Robert-Koch-Institut aus dem Jahr 2018 legt vor, dass sich ab dem Alter von 7 Jahren statistisch signifikant mehr Mädchen als Jungen in kieferorthopädischer Behandlung in Deutschland befinden. So ist zum Beispiel ein Unterschied von 47,6% bei Mädchen gegenüber 36,1% bei Jungen zwischen 11-13 Jahren zu erkennen [106]. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass Mädchen häufiger von dentoalveolären Anomalien wie Retentionen, Verlagerungen und Aplasien betroffen sind. Dieser Zusammenhang wird durch die höhere Prävalenz dieser Anomalien bei weiblichen Patientinnen in der Literatur gestützt und könnte somit die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Inanspruchnahme kieferorthopädischer Behandlungen erklären.

Ein Zahnreport der BARMER Ersatzkasse vom Juni 2024 ergab ebenfalls eine erhöhte Anzahl an kieferorthopädischen Behandlungen bei Mädchen gegenüber Jungen. Als mögliche Gründe dafür nennt Staub „Schönheitsideale, Gruppendruck und elterliche Fürsorge“. Hierbei wurde eine Gruppe von über 53000 gesetzlich versicherten PatientInnen des Jahrgangs 2005 im Alter von 8-17 Jahren untersucht. 54,7% dieser Gruppe bekamen eine kieferorthopädische Therapie. Im Zeitraum von 2013-2022 bekamen nach Geschlechtern geteilt 60% aller Mädchen und 50% aller Jungen eine Behandlung [17].

Die demografische Entwicklung scheint keinen hinreichenden Erklärungsansatz für das vermehrte Auftreten von Anomalien bei Mädchen zu bieten. Laut Daten des Statistischen Bundesamts wurden seit mindestens 1946 jedes Jahr mehr Jungen als Mädchen geboren [119].

5.6 Rückschlüsse der Studie

Die vorliegende Untersuchung liefert wichtige Erkenntnisse über die Häufigkeit und geschlechtsspezifische Verteilung kieferorthopädischer Anomalien im Hinblick auf die KIG-Befunde U4 (Aplasien), S4 (Retentionen) und S5 (Verlagerungen). Diese Ergebnisse stimmen weitestgehend mit bisherigen Studien und epidemiologischen Erhebungen überein und ergänzen die Erkenntnisse der Sechsten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS-6). Die DMS-6 zeigte, dass 40,4% der 8- bis 9-jährigen Kinder in Deutschland einen kieferorthopädischen Behandlungsbedarf gemäß den KIG-Kriterien aufweisen [25,55,56,68]. Dabei basierten die Ergebnisse auf klinischen Untersuchungen, ohne dass radiologische Daten berücksichtigt wurden. Dies bedeutete, dass Anomalien wie Aplasien, Retentionen und Verlagerungen nicht vollständig erfasst werden konnten. Die vorliegende Arbeit schließt diese Lücke, indem sie durch radiologische Analysen detaillierte Daten zu diesen Befunden liefert und deren Verteilungsmuster untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine erhöhte Prävalenz von Aplasien (U4) und Verlagerungen (S5) bei weiblichen Patientinnen im Vergleich zu männlichen Patienten.

Die zusätzlichen radiologischen Untersuchungen bei den Erstberatungen liefern eine präzisere Grundlage zur Erkennung und Analyse spezifischer Anomalien und unterstreichen die Notwendigkeit einer erweiterten Diagnostik durch bildgebende Verfahren, insbesondere bei Verdacht auf nicht klinisch sichtbare Fehlstellungen.

Die vorliegenden Erkenntnisse betonen die Bedeutung einer frühzeitigen Diagnostik und interdisziplinären Therapieplanung. Besonders geschlechtsspezifische Unterschiede in der Verteilung der Anomalien müssen dabei berücksichtigt werden. Die Analyse zeigt, dass der geringere Anteil an Mädchengeburten im Vergleich zu Jungengeburten laut Statistischem Bundesamt kein ausreichender Grund für die häufigeren Behandlungen von Mädchen ist. Vielmehr deutet dies auf eine tatsächliche Anomaliebedingtheit hin, die eine gezielte und geschlechtsspezifische Diagnostik erforderlich macht.

6 Literaturverzeichnis

1. Abu-Hussein M, Watted N, Yehia M, Proff P, Iraqi F (2015) Clinical Genetic Basis of Tooth Agenesis. J Dent Med Sci 14:68-77
2. Abu-Hussein M, Chlorokostas G, Watted N, Abdulgani A, Zahalka M (2016) Preprosthetic Orthodontic Implant for Management of Congenitally Unerupted Lateral Incisors – A Case Report. J Dent Med Sci 15:99-104
3. Abusalih A, Ismail H, Abdulgani A, Chlorokostas G, Abu-Hussein M (2016) Interdisciplinary Management of Congenitally Agenesis Maxillary Lateral Incisors: Orthodontic/Prosthodontic Perspectives. J Dent Med Sci 15:90-99
4. Ahmad S, Bister D, Cobourne MT (2006) The clinical features and aetiological basis of primary eruption failure. Eur J Orthod 28:535-540
5. Akcicek SJ (2008) Zahndurchbruchszeiten der bleibenden Dentition bei Jungen und Mädchen der Stadt Straßburg. Dissertation Med dent Diss, Hamburg
6. Aktan AM, Kara S, Akgünlü F, Malkoç S (2010) The incidence of canine transmigration and tooth impaction in a Turkish subpopulation. Eur J Orthod 32:575-581
7. Al-Abdallah M, AlHadidi A, Hammad M, Dar-Odeh N (2018) What factors affect the severity of permanent tooth impaction? BMC Oral Health 18:184
8. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, El-Saaidi C (2018) Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. Dental Press J Orthod 23:40.e41-40.e10
9. Alt KW (1991) Zur Definition, Häufigkeit und Ätiologie retinierter Zähne. Anthropol Anz 49:261-272
10. Algerban A, Jacobs R, Lambrechts P, Loozen G, Willems G (2009) Root resorption of the maxillary lateral incisor caused by impacted canine: a literature review. Clin Oral Investig 13:247-255
11. Amini F, Rakhshan V, Babaei P (2012) Prevalence and pattern of hypodontia in the permanent dentition of 3374 Iranian orthodontic patients. Dent Res J Isfahan 9:245-250
12. Anon, Wijsbek H (2001) The pursuit of beauty: the enforcement of aesthetics or a freely adopted lifestyle? J Med Ethics 26:454-458
13. Assimakopoulou T (2004) Evaluierung der Prävalenzrate bei 9 bis 10-jährigen Probanden nach den Kieferorthopädischen Indikationsgruppen (KIG). Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität, Münster
14. Ayub M, Rehman F, Yasinzai M, Ahmad W (2010) A novel missense mutation in the ectodysplasin-A (EDA) gene underlies X-linked recessive nonsyndromic hypodontia. Intern J Dermatol 49:1399-1402
15. Azzaldeen A, Watted N, Abdulgani M, Borbély P, Abu-Hussein M (2017) Tooth Agenesis; Aetiological Factors. IOSR J Dent Med Sci 16:75-85
16. Barmer (2024) Zahnmedizin – weibliche Patientinnen und Männer. von: <https://www.barmer.de/presse/presseinformationen/pressearchiv/zahnmedizin->

17. Barmer (2024) Zahnreport 2024. von: <https://www.barmer.de/presse/infothek/studien-und-reporte/zahnreporte/zahnreport-2024-1267622> [Zugriff am 30.12.2024]
18. Becker A, Smith P, Behar R (1981) The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally-displaced cuspids. *Angle Orthod* 51:24-29
19. Becker A (1995) Palatal canine displacement: guidance theory or an anomaly of genetic origin? *Angle Orthod* 65:95-98
20. Becker A, Brin I, Ben-Bassat Y, Zilberman Y, Chaushu S (2002) Closed eruption surgical technique for impacted maxillary incisors: a postorthodontic periodontal evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122:9-14
21. Becker A, Chaushu S (2003) Success rate and duration of orthodontic treatment for adult patients with palatally impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124:509-514
22. Becker A, Chaushu G, Chaushu S (2010) Analysis of failure in the treatment of impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137:743-754
23. Becker A (2012) *Orthodontic treatment of impacted teeth*. 3rd ed. Wiley-Blackwell, New Jersey
24. Behr M, Driemel O, Mertins V, Gerlach T, Kolbeck C, Rohr N, Reichert TE, Handel G (2008) Concepts for the treatment of adolescent patients with missing permanent teeth. *Oral Maxofac Surg* 12:49-60
25. Bekes K, Kuhr K, Ohm C, Frenzel Baudisch N, Jordan AR (2023) Does orthodontic treatment need have an impact on oral health-related quality of life? *J Orofac Orthop* 84:19-25
26. Bjerklin K, Ericson S (2006) How a computerized tomography examination changed the treatment plans of 80 children with retained and ectopically positioned maxillary canines. *Angle Orthod* 76:43-51
27. Björk A, Skieller V (1972) Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty. *Am J Orthod* 62:339-383
28. Cahill DR, Marks SC (1980) Tooth eruption: evidence for the central role of the dental follicle. *J Oral Pathol* 9:189-200
29. Chapokas AR, Almas K, Schincaglia GP (2012) The impacted maxillary canine: a proposed classification for surgical exposure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 113:222-228
30. Czochrowska EM, Stenvik A, Album B, Zachrisson BU (2000) Autotransplantation of premolars to replace maxillary incisors: a comparison with natural incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118:592-600
31. D'Amico RM, Bjerklin K, Kurol J, Falahat B (2003) Long-term results of orthodontic treatment of impacted maxillary canines. *Angle Orthod* 73:231-238

32. Dausch-Neumann D (1970) Der Durchbruchsweg bleibender Eckzähne. Fortschr Kieferorthop 31:9-16
33. De Coster PJ, Marks LA, Martens LC, Huysseune A (2009) Dental agenesis and clinical perspectives. Oral Pathol Med 38:1-17
34. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) (2022) S2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie (DVT). Langfassung. Düsseldorf: AWMF von: https://www.dgzmk.de/documents/10165/1373255/LL_083-005_S2k_DVT_LL-Langfassung_2022.pdf [Zugriff am: 03.01.2025]
35. Dhar V, Jain A, Van Dyke TE, Kohli A (2007) Prevalence of gingival diseases, malocclusion and fluorosis in school-going children of rural areas in Udaipur district. J Indian Soc Pedod Prev Dent 25:103-105
36. Ericson S, Kurol J (1986) Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. Eur J Orthod 8:133-140
37. Ericson S, Kurol J (1986) Longitudinal study and analysis of clinical supervision of maxillary canine eruption. Community Dent Oral Epidemiol 14:172-176
38. Fan H, Ye X, Shi L, Yin W, Hua B, Song G, Shi B, Bian Z (2008) Mutations in the EDA gene are responsible for X-linked hypohidrotic ectodermal dysplasia and hypodontia in Chinese kindreds. Eur J Oral Sci 116:412-417
39. Fardi A, Kondylidou-Sidira A, Bachour Z, Parisi N, Tsirlis A (2011) Incidence of impacted and supernumerary teeth – a radiographic study in a North Greek population. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 16:e56-61
40. Fox NA, Fletcher GA, Horner K (1995) Localizing maxillary canines using dental panoramic tomography. Br Dent J 179:416-420
41. Frazier-Bowers SA, Puranik CP, Mahaney MC (2010) The etiology of eruption disorders – further evidence of a ‘genetic paradigm’. Semin Orthod 16:180-185
42. Glasl B, Ludwig B, Schopf P (2006) Prevalence and development of KIG-relevante symptoms in primary school students from Frankfurt am Main. J Orofac Orthop 67:414-423
43. Glowacki J, Christoph K (2013) Gender differences in the growing, abnormal, and aging jaw. Dent Clin North Am 57:263-280
44. Gonda K (1959) On the Sexual Differences in the Dimensions of the Human Teeth. Zinruigaku Zasshi J Anthropol Soc Nippon 67:151-163
45. Grabowski R, Stahl F, Gaebel M, Kundt G (2007) Relationship between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition Part I: Prevalence of malocclusions. J Orofac Orthop 68:26-37
46. Hanisch M, Hanisch L, Kleinheinz J, Jung S (2018) Primary failure of eruption (PFE): a systematic review. Head Face Med 14:5
47. Harzer W, Eckelt U, Walter M (2008) Nichtanlage bleibender Zähne – Diagnostik und Therapieempfehlung. Zahnmed up2date 2:451-478

48. Heuberer S, Dvorak G, Zauza K, Watzek G (2012) The use of onplants and implants in children with severe oligodontia: a retrospective evaluation. Clin Oral Implants Res 23:827-831
49. Hobkirk JA, Brook AH (1980) The management of patients with severe hypodontia. J Oral Rehabil 7:289-298
50. Hourfar J, Seiffart M, Lisson J, Kinzinger G (2025) Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 2: Nichtanlagen/Aplasien in einem 20-Jahres-Zeitraum. Quintessenz Zahnmed im Druck
51. Jacoby H (1983) The etiology of maxillary canine impactions. Am J Orthod 84:125-132
52. Jacome-Galarza CE, Percin GI, Muller JT, Mass E, Lazarov T, Eitler J, Rauner M, Yadav VK, Crozet L, Bohm M, Loyher PL, Karsenty G, Waskow C, Geissmann F (2019) Developmental origin, functional maintenance and genetic rescue of osteoclasts. Nature 568:541-545
53. Jang E, Lee K, An S, Song J, Ra J (2015) Retrospective study of association between displacement of maxillary canine and tooth agenesis. J Clin Pediatr Dent 39:488-492
54. Jawad Z, Carmichael F, Houghton N, Bates C (2016) A review of cone beam computed tomography for the diagnosis of root resorption associated with impacted canines, introducing an innovative root resorption scale. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 122:765-771
55. Jordan AR, Kuhr K, Frenzel Baudisch N, Kirschneck C (2023) Prevalence of malocclusions in 8- and 9-year-old children in Germany-Results of the Sixth German Oral Health Study (DMS 6). J Orofac Orthop 84:1-9
56. Jordan AR, Kuhr K, Ohm C, Frenzel Baudisch N (2023) Methodology of the Sixth German Oral Health Study (DMS 6) to survey tooth and jaw misalignment. J Orofac Orthop 84:10-18
57. Jung YH, Kim JY, Cho BH (2016) The effects of impacted premaxillary supernumerary teeth on permanent incisors. Imaging Sci Dent 46:251-258
58. Kaczor-Urbanowicz K, Zadurska M, Czochrowska E (2016) Impacted teeth: an interdisciplinary perspective. Adv Clin Exp Med 25:575-585
59. Kahl-Nieke B (2010) Einführung in die Kieferorthopädie, 3. Auflage. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln
60. Karwetzky R (1969) Die Bedeutung der Eckzahneinordnung beim Lückenschluss im Oberkiefer. Fortschr Kieferorthop 30:189-193
61. Kassenzahnärztliche Vereinigung Land Brandenburg (KZVLB) Kieferorthopädische Indikationsgruppen (KIG) kompakt. https://www.kzvlb.de/fileadmin/user_upload/Seiteninhalte/Service/Downloadcenter/Abrechnung/KIG_kompakt.pdf [Zugriff am 12.01.2025]
62. Kılınç G, Bulut G, Ertuğrul F, Ören H, Demirağ B, Demiral A, Aksoylar S, Kamer ES, Ellidokuz H, Olgun N (2019) Long-term dental anomalies after pediatric cancer treatment in children. Turk J Haematol 36:155-161

63. Kinzinger GSM, Hourfar J, Maletic A, Lisson JA (2023) Frequency and severity of malocclusions in patients with statutory health insurance in a German orthodontic practice in North Rhine Westphalia – a multi-part cross-sectional study over a 20-year period. *Clin Oral Investig* 27:7787-7797
64. Kinzinger GSM, Hourfar J, Lisson JA (2024) Prevalence of KIG-grades 3–5 in an orthodontic practice in North Rhine Westphalia compared with results of the DMS-6 and with KZBV data. *Head Face Med* 20:3
65. Kinzinger G, Seiffart M, Hourfar J, Lisson J (2025) Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 4: Verlagerungen in einem 10-Jahres-Zeitraum. *Quintessenz Zahnmed im Druck*
66. Kinzinger GSM, Hourfar J, Lisson JA (2025) Prevalence of malocclusions requiring treatment according to the KIG classification: A multipart cross-sectional study over a 20-year period in the district of Viersen/North Rhine. *J Orofac Orthop in press*
67. Kinzinger GSM, Hourfar J, Maletic A, Lisson JA (2025) Age-dependent prevalence of malocclusions requiring treatment according to the KIG classification: A multipart cross-sectional study over a 10-year period from the district of Viersen/North Rhine. *J Orofac Orthop in press*
68. Kirschneck C, Kuhr K, Ohm C, Frenzel Baudisch N, Jordan AR (2023) Comparison of orthodontic treatment need and malocclusion prevalence according to KIG, ICON, and mIOTN in German 8- to 9-year-old children of the Sixth German Oral Health Study (DMS 6). *J Orofac Orthop* 84:26-35
69. Kirzioglu Z, Kösele O, Ozay E, Karayilmaz H (2005) Clinical features of hypodontia and associated dental anomalies: a retrospective study. *Oral Dis* 11:399-404
70. Kochhar R, Richardson A (1998) The chronology and sequence of eruption of human permanent teeth in Northern Ireland. *Internat J Paed Dent* 8:243-252
71. Kuchler EC, Risso PA, Costa Mde C, Modesto A, Vieira AR (2008) Studies of dental anomalies in a large group of school children. *Arch Oral Biol* 53:941-946
72. Kumasaka S, Miyagi A, Sakai N, Shindo J, Kashima I (1997) Oligodontia: a radiographic comparison of subjects with Down syndrome and normal subjects. *Spec Care Dent* 17:137-141
73. Liu H, Gronthos S, Shi S (2006) Dental pulp stem cells. *Methods Enzymol* 419:99-113
74. Lux CJ, Dücker B, Pritsch M, Komposch G, Niekusch U (2009) Occlusal status and prevalence of occlusal malocclusion traits among 9-year-old schoolchildren. *Eur J Orthod* 31:294-299
75. Marks SC Jr, Cahill DR (1984) Experimental study in the dog of the non-active role of the tooth in the eruptive process. *Arch Oral Biol* 29:311-322
76. Marks SC, Cahill DR (1987) Regional control by the dental follicle of alterations in alveolar bone metabolism during tooth eruption. *J Oral Pathol* 16:164-169
77. Marks SC, Schroeder HE (1996) Tooth eruption: theories and facts. *Anat Rec* 245:374-393

78. Matalova E, Fleischmannova J, Sharpe PT, Tucker AS (2008) Tooth agenesis: from molecular genetics to molecular dentistry. *J Dent Res* 87:617-623
79. Mattheeuws N, Dermaut L, Martens G (2004) Has hypodontia increased in Caucasians during the 20th century? A meta-analysis. *Eur J Orthod* 26:99-103
80. McBride LJ (1979) Traction – a surgical/orthodontic procedure. *Am J Orthod* 76:287-299
81. Mostowska A, Kobiela A, Trzeciak WH (2003) Molecular basis of non-syndromic tooth agenesis: mutations of MSX1 and PAX9 reflect their role in patterning human dentition. *Eur J Or Sci* 111:365-370
82. Mukhopadhyay S, Roy P (2015) Extraction of primary teeth in children: An observational study. *J Cranio-Maxillary Dis* 4:57-61
83. Müller R, Runte C (2010) Stimme und Sprache aus phoniatischer und zahnärztlicher Sicht. *Zahnmed update* 4:191-209
84. Odman J, Gröndahl K, Lekholm U, Thilander B (1991) The effect of osseointegrated implants on the dento-alveolar development. A clinical and radiographic study in growing pigs. *Eur J Orthod* 13:279-286
85. Ono W, Sakagami N, Nishimori S, Ono N, Kronenberg HM (2016) Parathyroid hormone receptor signalling in osterix-expressing mesenchymal progenitors is essential for tooth root formation. *Nat Commun* 7:11277
86. Op Heij DG, Opdebeeck H, van Steenberghe D, Kokich VG, Belser U, Quirynen M (2006) Facial development, continuous tooth eruption, and mesial drift as compromising factors for implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 21:867-878
87. Patil S, Maheshwari S (2014) Prevalence of impacted and supernumerary teeth in the North Indian population. *J Clin Exp Dent* 6:e116-120
88. Pedersen LB, Clausen N, Schrøder H, Schmidt M, Poulsen S (2012) Microdontia and hypodontia of premolars and permanent molars in childhood cancer survivors after chemotherapy. *Int J Paediatr Dent* 22:239-243
89. Peters H, Neubüser A, Kratochwil K, Balling R (1998) Pax9-deficient mice lack pharyngeal pouch derivatives and teeth and exhibit craniofacial and limb abnormalities. *Genes Dev* 12:2735-2747
90. Peters H, Balling R (1999) Teeth. Where and how to make them. *Trends Genet* 15:59-65
91. Pigno MA, Blackman RB, Cronin RJ, Cavazos E (1996) Prostodontic management of ectodermal dysplasia: a review of the literature. *J Prosth Dent* 76:541-545
92. Polder BJ, Van't Hof MA, Van der Linden FPGM, Kuijpers-Jagtman AM (2004) A meta-analysis of the prevalence of dental agenesis of permanent teeth. *Community Dent Oral Epidemiol* 32:217-226
93. Proffit WR, Frazier-Bowers SA (2009) Mechanism and control of tooth eruption: overview and clinical implications. *Orthod Craniofac Res* 12:59-66
94. Raghoobar GM, Boering G, Vissink A, Stegenga B (1991) Eruption disturbances of permanent molars: a review. *J Oral Pathol Med* 20:159-166

95. Raghoobar GM, Boering G, Vissink A (1991) Clinical, radiographic and histological characteristics of secondary retention of permanent molars. *J Dent* 19:164-170
96. Richman JM (2019) Shedding new light on the mysteries of tooth eruption. *Proc Natl Acad Sci U S A* 116:353-355
97. Sander F, Schwenzer N, Ehrenfeld M (2010) Zahn- Mund- Kiefer-Heilkunde/Kieferorthopädie, 2. Auflage. Thieme, Stuttgart
98. Satokata I, Maas R (1994) Msx1-deficient mice exhibit cleft palate and abnormalities of craniofacial and tooth development. *Nat Genet* 6:348-356
99. Schilli W, Krekeler G (1984) Der verlagerte Zahn, 1. Auflage. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin
100. Schneider, M (2013) Radiologische Bildgebung in der Zahnheilkunde. *Zahnmedizin* up2date 7:477-501
101. Schopf P (2001) Die kieferorthopädischen Indikationsgruppen, 2. Auflage. Proll Druck und Verlag, Augsburg
102. Schopf P (2003) Indication for and frequency of early orthodontic therapy or interceptive measures. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 64:186-200
103. Schopf P (2004) Kieferorthopädische Abrechnung mit Erläuterung der ab 1.1.2002 gültigen Kieferorthopädischen Indikationsgruppen [KIG]. Quintessenz Verlag, Berlin
104. Sciacchitano S, De Francesco GP, Piane M, Savio C, De Vitis C, Petrucci S, Salvati V, Goldoni M, Fabiani M, Mesoraca A, Micoloughi C, Torres B, Piccinetti A, Pippi R, Mancini R (2022) Complete pseudo-anodontia in an adult woman with pseudo-hypoparathyroidism type 1a: A new additional nonclassical feature? *Diagnostics Basel* 12:2997
105. Seeberger R, Weickum R. (2012) Zahnärztlich-chirurgische Vorbereitung und Unterstützung kieferorthopädischer Maßnahmen. *Zahnmedizin* up2date 6:403-416
106. Seeling S, Prütz F (2018) Inanspruchnahme kieferorthopädischer Behandlung durch Kinder und Jugendliche in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. *J Health Monit* 3:78-85
107. Seiffart M, Hourfar J, Lisson J, Kinzinger G (2025) Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 3: Retentionen in einem 10-Jahres-Zeitraum. *Quintessenz Zahnmed* im Druck
108. Seo BM, Miura M, Sonoyama W, Coppe C, Stanyon R, Shi S (2005) Recovery of stem cells from cryopreserved periodontal ligament. *J Dent Res* 84:907-912
109. Shapira Y, Kuftinec M (1981) Treatment of impacted cuspids. The hazard lasso. *Angle Orthod* 51:203-207
110. Shapira Y, Kuftinec MM (1998) Early diagnosis and interception of potential maxillary canine impaction. *J Am Dent Assoc* 129:1450-1454
111. Silva Meza R (2003) Radiographic assessment of congenitally missing teeth in orthodontic patients. *Int J Paediatr Dent* 13:112-116

112. Silverman NE, Ackerman JL (1979) Oligodontia: A study of its prevalence and variation in 4032 children. *ASDC J Dent Child* 46:470-477
113. Singh S, Singh V, Sharma S, Chirag P (2024) Patterns and determinants of primary tooth extraction in children: A study in an Indian tertiary care dental setting. *J Pharm Bioall Sci* 16:S2324-S2326
114. Skaare AB, Jacobsen I (2005) Primary tooth injuries in Norwegian children (1–8 years). *Dent Traumatol* 21:315-319
115. Sleiter R, Von Arx T. (2002) Posttraumatische Entwicklungsstörungen bleibender Zähne nach Milchzahntrauma: Eine retrospektive Studie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 112:214-219
116. Smidt A, Najjar N, Louzon Y (2023) The esthetic challenge of a malpositioned peg-shaped lateral incisor and a missing contralateral maxillary tooth: report of a case. *Quintessence Int* 54:394-399
117. Smith RA, Vargervik K, Kearns G, Bosch C, Koumjian J (1993) Placement of an endosseous implant in a growing child with ectodermal dysplasia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 75:669-673
118. Stahl F, Grabowski R, Wigger K (2003) Epidemiologischer Stellenwert der „genetisch determinierten Störanfälligkeit der Gebissentwicklung“ nach Hoffmeister. *J Orofac Orthop* 64:243-255
119. Statistisches Bundesamt (2012) Geburten, Sterbefälle und Eheschließungen – Entwicklung und Struktur. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt <https://www.destatis.de/DE/Methoden/WISTA-Wirtschaft-und-Statistik/2012/09/geburten-sterbefalle-ehe-092012.pdf> [Zugriff am 04.01.2025]
120. Stavropoulos D, Bartzela T, Bronkhorst E, Mohlin B, Hagberg C (2011) Dental agenesis patterns of permanent teeth in Apert syndrome. *Eur J Oral Sci* 119:198-203
121. Stellmach R, Frenkel G (1972) Care and treatment of malpositioned teeth. Surgical-orthodontic repositioning of impacted canines. *Quintessence Int* 3:19-25
122. Taguchi A, Sanada M, Suei Y, Ohtsuka M, Nakamoto T, Lee K, Tsuda M, Tanimoto K, Ohama K, Bollen AM (2004) Effect of estrogen use on tooth retention, oral bone height, and oral bone porosity in Japanese postmenopausal women. *Menopause* 11:556-562
123. Takahashi A, Nagata M, Gupta A, Matsushita Y, Yamaguchi T, Mizuhashi K, Maki K, Ruellas AC, Cevdanes LS, Kronenberg HM, Ono N, Ono W (2019) Autocrine regulation of mesenchymal progenitor cell fates orchestrates tooth eruption. *Proc Natl Acad Sci U S A* 116:575-580
124. Tausche E, Luck O, Harzer W (2004) Prevalence of malocclusions in the early mixed dentition and orthodontic treatment need. *Eur J Orthod* 26:237-244
125. Tränkmann J (1973) Häufigkeit retinierter Zähne der zweiten Dentition. *Dtsch Zahnärztl Z* 28:415-420
126. Ucar FI, Celebi AA, Tan E, Topcuoğlu T, Sekerci AE (2017) Effects of impacted maxillary canines on root resorption of lateral incisors: A cone beam computed tomography study. *J Orofac Orthop* 78:233-240

127. Vastardis H (2000) The genetics of human tooth agenesis: new discoveries for understanding dental anomalies. *Am J Orthod Dentofac Orthoped* 117:650-656
128. Wactawski-Wende J, Hausmann E, Hovey K, Trevisan M, Grossi S, Genco RJ (2005) The association between osteoporosis and alveolar crestal height in postmenopausal women. *J Periodontol* 76:2116-2124
129. Watted N, Teuscher T (2005) *Verlagerte Zähne*, 1. Auflage. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin
130. Weber T (2009) *Memorix Zahnmedizin*, 1. Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart
131. Wise GE, Frazier-Bowers S, D'Souza RN (2002) Cellular, molecular, and genetic determinants of tooth eruption. *Crit Rev Oral Biol Med* 13:323-334
132. Wise GE, Yao S (2006) Regional differences of expression of bone morphogenetic protein-2 and RANKL in the rat dental follicle. *Eur J Oral Sci* 114:512-516
133. Wise GE, King GJ (2008) Mechanisms of tooth eruption and orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 87:414-434
134. Wolf JE, Mattila K (1979) Localization of impacted maxillary canines by panoramic tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 8:85-91
135. Worsaae N, Jensen BN, Holm B, Hoisko J (2007) Treatment of severe hypodontia oligodontia – an interdisciplinary concept. *Internat J Oral Maxillofac Surg* 36:473-480
136. Yamaguchi T, Tomoyaso Y, Nakadate T, Oguchi K, Maki K (2008) Allergy as a possible factor for hypodontia. *Eur J Orthod* 30:641-644
137. Yoshida H, Hayashi S, Kunisada T, Ogawa M, Nishikawa S, Okamura H, Sudo K, Shultz LD, Nishikawa S (1990) The murine mutation osteopetrosis is in the coding region of the macrophage colony stimulating factor gene. *Nature* 345:442-444
138. Zhu Y, Miao H, Zeng Q, Li B, Wang D, Yu X, Wu H, Chen Y, Guo P, Liu F (2021) Prevalence of cleft lip and/or cleft palate in Guangdong province, China, 2015–2018: A spatio-temporal descriptive analysis. *BMJ Open* 11:e046430

7 Publikationen/Danksagung

7.1 Publikationen

Teilbereiche der vorliegenden Dissertationsschrift wurden zur Publikation von der wissenschaftlichen Zeitschrift Quintessenz Zahnmedizin angenommen. Sie erscheinen in gedruckter Form im Jahr 2025 unter folgenden Titeln:

1. Kinzinger G, Seiffart M, Lisson J, Hourfar J.

Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 1: Einleitung: KIG-System, Studienlage in Deutschland Quintessenz Zahnmed 2025; (2) 139-146

2. Hourfar J, Seiffart M, Lisson J, Kinzinger G.

Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 2: Nichtanlagen / Aplasien in einem 20-Jahres-Zeitraum.

Quintessenz Zahnmed 2025; im Druck

3. Seiffart M, Hourfar J, Lisson J, Kinzinger G.

Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 3: Retentionen in einem 10-Jahres-Zeitraum.

Quintessenz Zahnmed 2025; im Druck

4. Kinzinger G, Seiffart M, Hourfar J, Lisson J,

Prävalenz und Verteilungsmuster der KIG-Befunde U4, S4 und S5 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis. Teil 4: Verlagerungen in einem 10-Jahres-Zeitraum.

Quintessenz Zahnmed 2025; im Druck

7.2 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Jörg Lisson für die Möglichkeit, meine Promotion an der Klinik für Kieferorthopädie durchführen zu dürfen.

Herrn Professor Dr. Gero Kinzinger danke ich herzlich für die Bereitstellung der diagnostischen Unterlagen aus der kieferorthopädischen Facharztpraxis Apl.-Professor Dr. Gero Kinzinger und Dr. Ansgar Schroeder in Tönisvorst. Für die herausragende Betreuung, die konstruktive Kritik und die fachliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich ihm meinen tief empfundenen Dank aussprechen.

Ein weiterer Dank gilt Herrn PD Dr. Jan Hourfar für die wertvolle Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Von Herzen danke ich meinen Eltern, die mir durch ihre Unterstützung das Studium, die Weiterbildung und die Promotion ermöglicht haben. Meinem wunderbaren Verlobten sowie meinen großartigen Freunden danke ich für ihre liebevolle Begleitung und Ermutigung während dieser Zeit.

8 Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.