

Diplomarbeit

**E-Mobilität:
Verletzungsmuster im Mund-, Kiefer-, und
Gesichtsbereich.
Eine retrospektive Studie**

eingereicht von
Elisabeth Murg

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktorin der Zahnmedizin
(Drⁱⁿ. med. dent.)

an der
Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der
Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit
Klinische Abteilung für Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr.med.univ. Dr.med.dent. Wolfgang Zemann

Graz, am 11.07.2024

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 11.07.2024

Elisabeth Murg, eh

Danksagung

Zu allererst möchte ich mich bei meinem Betreuer Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr.med.univ. Dr.med.dent. Wolfgang Zemmann für seine kompetente und genaue Betreuung dieser Arbeit bedanken. Er hatte immer ein offenes Ohr für sämtliche Herausforderungen und stand mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite - Vielen herzlichen Dank für alles, ohne Sie wäre die Grazer E-Mobilitätslage noch immer unerforscht.

Ein weiteres großes Dankeschön geht an Angela Brugger-Kainz, ohne die ich mit der Masse an Telefondiensten der PatientInnen niemals so rasch vorangekommen wäre! Danke!

Weiters möchte ich mich bei meinem Freund Martin bedanken, der mich das gesamte Studium tatkräftig und emotional unterstützt hat. Danke, dass du immer an mich geglaubt hast und auch in schwierigen Zeiten an meiner Seite warst!

Ich danke meiner ganzen Familie für den Support und die immerwährende Hilfe!

Zusammenfassung

Hintergrund

Die Nutzung von E-Mobilitätsbetriebenen Fahrzeugen wie E-Bikes oder E-Scootern hat in den vergangenen Jahren signifikant zugenommen. Die steigende Beliebtheit dieser Fahrzeuge im Straßenverkehr hat jedoch zu einer Zunahme von Sicherheitsbedenken geführt. Die Anzahl der Verletzten in Österreich hat sich zwischen den Jahren 2019 und 2023 nahezu verfünffacht. Die vorliegende Diplomarbeit evaluiert, ob der Schweregrad von Verletzungen im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich bei Unfällen mit E-Bikes oder E-Scootern höher war als bei Unfällen mit muskelkraftbetriebenen Fahrrädern. Des Weiteren wurden zusätzliche Parameter anhand der PatientInnenanamnese einer statistischen Untersuchung unterzogen.

Methoden

Für die Analyse wurden die Daten von PatientInnen, die zwischen dem 01.01.2018 und dem 15.11.2022 nach Unfällen mit E-Mobilitäts- oder anderen persönlichen Verkehrsmitteln in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie stationär aufgenommen wurden, ausgewertet. Zunächst wurden Informationen zum Unfallhergang gesammelt, wobei radiologische Befunde und Anamnesen herangezogen wurden, wenn die Dekurseinträge lückenhaft waren. Nur PatientInnen mit dokumentiertem Unfallhergang wurden einbezogen.

Anschließend wurden verunfallte Fahrradfahrer telefonisch befragt, ob sie mit einem muskelkraftbetriebenen Fahrrad oder einem E-Bike unterwegs waren. Nach dieser Einteilung folgte eine detaillierte Datenerhebung zu Parametern wie Geschlecht, Alter, Unfallmechanismus, Aufenthaltsdauer, Begleiterkrankungen, Verletzungsschwere und Behandlung. Bildgebende Verfahren wurden zur Beurteilung des Schweregrades herangezogen. Die Daten wurden in Excel-Dateien pseudonymisiert gespeichert und waren nur für Studienbeteiligte zugänglich.

Ergebnisse

Im Rahmen der retrospektiven Analyse wurden die Daten von 1211 stationär versorgten Patientinnen und Patienten auf der Abteilung für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie am LKH Graz hinsichtlich des Unfallhergangs untersucht. Dabei zeigte sich, dass 27 Patientinnen und Patienten nach einem Unfall mit einem durch E-Mobilität betriebenen Fahrzeug und 105 Patientinnen und Patienten nach einem Unfall mit einem Sturz mit einem mit Muskelkraft betriebenen Fahrrad vorstellig wurden. Der Hauptzielparameter für den Schweregrad, der Facial Injury Severity Score (FISS), wies keinen signifikanten Unterschied zwischen E-Mobilitäts- und Fahrradunfällen auf. Die Hypothese, dass Unfälle mit einem E-Mobilitätsfahrzeug schwerwiegender sind, konnte somit widerlegt werden. Des Weiteren wurde in der Studie eine Analyse der PatientInnen nach Geschlecht, Alter und Unfalltyp durchgeführt, wobei sich zeigte, dass männliche Nutzer von E-Mobilitätsfahrzeugen mit einem Anteil von 63 % deutlich überrepräsentiert sind. Zudem wurde festgestellt, dass Frauen häufiger E-Bikes als normale Fahrräder nutzen. Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus war für beide Gruppen ähnlich und betrug etwa 5,3 bis 5,7 Tage. Häufige Zahnverletzungen waren Kronenfrakturen, die bei Fahrradunfällen signifikant häufiger vorkamen.

Conclusio

Die Auswertung der Daten zeigt, dass E-Mobilitätsfahrzeuge bei Stürzen nicht zu schwerwiegenderen Verletzungen führen als Fahrräder. Dennoch sind einheitliche Maßnahmen und Verhaltensregeln erforderlich, insbesondere für E-Scooter. In diesem Kontext wird die Empfehlung ausgesprochen, eine bessere Dokumentation sowie präventive Maßnahmen, wie eine Helmpflicht, zu implementieren, um Verletzungen zu reduzieren. Sicherheitshinweise wie beispielsweise in Wien sind zwar hilfreich, jedoch nicht ausreichend. Die Studie unterstreicht die Notwendigkeit präventiver Maßnahmen sowie die bessere Dokumentation von Unfällen durch Krankenhäuser und Ärzte. In der Zusammenfassung lässt sich festhalten, dass eine einheitliche Erfassung von Verletzungsdaten sowie die Anwendung des Injury Severity Score internationale Vergleiche erleichtern und der Forschung dienlich sein könnten.

Abstract

Background

The use of e-mobility vehicles such as e-bikes and e-scooters has increased significantly in recent years. However, the growing popularity of these vehicles in road traffic has led to an increase in safety concerns. The number of injuries in Austria increased almost fivefold between 2019 and 2023. This thesis evaluates whether the severity of maxillofacial injuries in accidents involving e-bikes or e-scooters was higher than in accidents involving muscle-powered bicycles. Furthermore, additional parameters were statistically analysed on the basis of patient's medical history.

Methods

For the analysis, the data of patients who were admitted to the Department of Oral and Maxillofacial Surgery between 1 January 2018 and 15 November 2022 following accidents involving e-mobility or other personal means of transport were evaluated. First, information on the course of the accident was collected, with radiological findings and medical histories being used if the decursal entries were incomplete. Only patients with a documented accident history were included.

Subsequently, cyclists who had been involved in accidents were asked by telephone whether they were riding a muscle-powered or an e-bike. This categorisation was followed by detailed data collection on parameters such as gender, age, accident mechanism, length of stay, concomitant illnesses, injury severity and treatment. Imaging procedures were used to assess the degree of severity. The data was stored in pseudonymised Excel files and was only accessible to those involved in the study.

Results

As part of the retrospective analysis, the data of 1211 inpatients treated at the Department of Oral and Maxillofacial Surgery at Graz University Hospital were analysed with regard to the cause of the accident. It was found that 27 patients presented after an accident involving an e-mobility-powered vehicle and 105 patients presented after an accident involving a fall with a muscle-powered bicycle. The main target parameter for severity, the Facial Injury Severity Score (FISS), showed no significant difference between e-mobility and bicycle accidents. The hypothesis that accidents involving an e-mobility vehicle are more serious could therefore be refuted. Furthermore, the study analysed the patients according to gender, age and accident type, which showed that male users of e-mobility vehicles are clearly overrepresented with a share of 63%. It was also found that women use e-bikes more frequently than normal bicycles. The average length of hospitalisation was similar for both groups, ranging from 5.3 to 5.7 days. Common dental injuries were crown fractures, which were significantly more common in bicycle accidents.

Conclusion

The analysis of the data shows that e-mobility vehicles do not cause more serious injuries in the event of a fall than bicycles. Nevertheless, standardised measures and rules of conduct are required, especially for e-scooters. In this context, the recommendation is made to implement better documentation and preventive measures such as mandatory helmets in order to reduce injuries. Although safety instructions, such as those in Vienna are helpful, they are not sufficient. The study emphasises the need for preventative measures and better documentation of accidents by hospitals and doctors. In summary, it can be said that standardised recording of injury data and the use of the Injury Severity Score would facilitate international comparisons and improve research.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeiner Teil	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Grundlagen der Gesichtsschädelfrakturen	2
1.2.1	Frakturen	2
1.2.2	Frakturzeichen	3
1.2.3	Unterteilung der Gesichtsschädelfrakturen	4
1.2.4	Mittelgesichtsfrakturen	4
1.2.5	Unterkieferfrakturen	8
1.2.6	Frakturen des Kiefergelenksfortsatzes	10
1.3	Management der Gesichtsschädelfrakturen	11
1.3.1	Knochenheilung	11
1.3.2	Phasen der Knochenbruchheilung	11
1.3.3	Konservative Therapiemöglichkeiten	12
1.3.4	Operative Therapiemöglichkeiten	15
1.3.5	Zähne im Bruchspalt	17
1.4	Zahntraumen	18
1.4.1	Verletzung der Zahnhartsubstanz	19
1.4.2	Verletzungen am Zahnhalteapparat	20
1.4.3	Therapie von Zahntraumen	22
2	Material und Methoden	26
2.1	Datenerfassung und Datenaufbereitung	26
2.2	Statistische Auswertung	27
2.3	Facial Injury Severity Score (FISS)	27
3	Ergebnisse	30
3.1	Traumamechanismus aller stationären PatientInnen	30
3.2	Altersverteilung und Geschlechtsverteilung	35

3.3	Sportverletzungen	36
3.4	Vergleich E-Mobilitätsunfälle mit normalen Fahrradunfällen	37
3.4.1	Hauptzielgröße FISS	43
3.4.2	Weitere Vergleichsparameter	44
3.5	Zahntraumen im Überblick	46
4	Diskussion	48
4.1	Beurteilung der Ergebnisse	48
4.1.1	PatientInnenbezogene Faktoren.....	49
4.2	Limitationen.....	54
4.3	Conclusio	55
5	Literaturverzeichnis.....	57

Abkürzungen und deren Erklärungen

- bspw.: beispielsweise
- MKG: Mund-Kiefer-Gesicht
- z.B.: zum Beispiel
- N.: Nervus (Nerv)
- ggf.: gegebenenfalls
- z.T.: zum Teil
- IMF: intermaxilläre Fixation
- TTS: Titan-Trauma-Schiene
- FISS: Facial Injury Severity Score
- nnbz.: nicht näher bezeichnet
- Min.: Minimal
- Max.: Maximal
- bzw.: beziehungsweise
- lt.: laut
- Okk.: Okklusion
- Tab.: Tabelle
- vs.: versus
- ISS: Injury Severity Score

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Le Fort Frakturen I/II/III (11)	5
Abbildung 2: Mandibulafrakturen (11)	8
Abbildung 3: Frakturlinien (18)	10
Abbildung 4: Kompressionsplatte (17).....	16
Abbildung 5: Arten der Zahnfrakturen (18).....	20
Abbildung 6: Zahnhalteapparatraumen (18).....	22
Abbildung 7: Einteilung nach FISS (29).....	28
Abbildung 8: Grafische Darstellung der Traumamechanismen	32
Abbildung 9: Traumamechanismen grafisch in Jahren dargestellt	33
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Unfälle nach Aufnahmejahr.....	34
Abbildung 11: Geschlechterverteilung.....	35
Abbildung 12: Sportverletzungen grafisch dargestellt	36
Abbildung 13: Geschlechterunterschiede	38
Abbildung 14: Vergleich E-Bike, E-Scooter und Fahrrad.....	38
Abbildung 15: detaillierte Altersverteilung	40
Abbildung 16: Aufnahmemonat	41
Abbildung 17: Boxplot FISS.....	43
Abbildung 18: Verletzungsparameter	45
Abbildung 19: Zahntraumen bei UnfallpatientInnen.....	46
Abbildung 20: E-Scooter in Wien.....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Numerische Datenauswertung nach Traumamechanismus	30
Tabelle 2: Unterschied innerhalb der Aufnahmejahre	34
Tabelle 3: Altersverteilung	35
Tabelle 4: Anzahl E-Mobilität vs. Fahrrad.....	37
Tabelle 5: Altersunterschied	39
Tabelle 6: Aufnahmejahre	41
Tabelle 7: Aufenthaltsdauer.....	42
Tabelle 8: Hauptzielgröße FISS	43
Tabelle 9: Übrige Verletzungsparameter.....	44

1 Allgemeiner Teil

1.1 Einleitung

Die zunehmende Beliebtheit von persönlichen Mobilitätshilfen (PMDs) und Elektrofahrrädern (E-Bikes) hat im Straßenverkehr zu wachsenden Bedenken hinsichtlich der Sicherheit geführt. (1) Nach Inkrafttreten der StVO-Novelle über aktive Mobilität wird der Trend zur Auto-Alternative unterstützt und der Stellenwert von diversen einspurigen Fortbewegungsmitteln erhöht. (2) Laut einer neuen Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit Österreich ist eine alarmierende Dynamik bei E-Scooter Unfällen zu beobachten. Die Anzahl der Verletzten hat sich vom Jahr 2019 bis zum Jahr 2023 verfünffacht. Zusätzlich waren 12% jener, im Spital behandelten PatientInnen alkoholisiert. Im Vergleich zu PatientInnen, die mit einem herkömmlichen PKW oder einem Motorrad verunfallten, ist die Anzahl der Alkoholisierten mit 3% deutlich geringer. Der Altersdurchschnitt ist bei E-Scooter - Fahrern mit knapp 34 Jahren deutlich im jüngeren Bereich, während bei den E-Bike - Benützern das Durchschnittsalter bei 55 Jahren liegt. Im Vergleich dazu, sind österreichweit die verunglückten Fahrradfahrer durchschnittlich 46 Jahre alt. Als Grund der Zunahme von den Unfällen mit elektrischen PMDs, werden die Verletzungsmuster insbesondere im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich in der Literatur jedoch oftmals außer Acht gelassen. (2)

Die derzeitige österreichische Straßenverkehrsordnung besagt, dass E-Scooter mit maximal 25 km/h zugelassen sind. (3) E-Bikes werden unterschieden in Pedelecs und S-Pedelecs. Ein Pedelec, beschreibt ein E-Bike, das durch Muskelkraft betrieben und zusätzlich mit einem Motor unterstützt wird. (4) Die Höchstgeschwindigkeit ist dabei ebenfalls auf 25 km/h beschränkt und darf einer Dauerleistung von 250 Watt nicht überschreiten. (5) S-Pedelecs sind elektrisch betriebene Fahrräder, die ohne Muskelkraft funktionieren. Die Höchstgeschwindigkeit ist auf 45 km/h beschränkt und zusätzlich bedarf es eines Kennzeichens sowie eines Mofa-Führerscheines. Eine Helmpflicht besteht derzeit nur für S-Pedelecs. (4) Umstritten ist derzeit eine Einführung der Helmpflicht für E-Bike-, und E-Scooter- FahrerInnen. Laut neuesten Hochrechnungen des Kuratoriums für Verkehrssicherheit, ist das Risiko einer Schädel-/Hirnverletzung ohne die Nutzung eines Helms sieben Mal höher als mit Helm. (6)

1.2 Grundlagen der Gesichtsschädelfrakturen

1.2.1 Frakturen

Grundlegend gilt die Definition einer Fraktur als eine Kontinuitätsunterbrechung eines Knochens. Frakturen werden in vollständige (komplette) oder unvollständige (inkomplette) unterteilt. Weiters lassen sich Frakturen aufgrund des Entstehungsmechanismus in zwei große Gruppen gliedern.

1. **Traumatische Frakturen** entstehen durch eine einmalige, plötzliche, direkte Gewalt (z.B. Stoß, Schuss, Schlag) oder eine indirekt einwirkende Kraft (Biegung, Torsion, Scherung) auf einen gesunden Knochen. Dabei können verschiedene Formen und Muster einer Fraktur entstehen. (7)
2. **Nicht traumatisch bedingte Frakturen** entstehen nicht durch plötzlich einwirkende Kräfte. Eine Ermüdungs- oder Stressfraktur entsteht, wenn der/die PatientIn einer dauerhaften mechanischen Fehlbelastung oder Überbeanspruchung ausgesetzt ist. Dabei wird der betroffene Knochen chronisch durch Mikrotraumen geschwächt. Die Struktur des Knochens und die Knochendichte sind jedoch normal.

Es gibt auch pathologische oder spontane Frakturen. Sie treten bei einem krankhaften Knochen auf, ohne dass ein adäquates Trauma vorangegangen ist. Der Knochen weist eine abnormale Dichte und Struktur auf. Ursachen für diese Veränderungen können genetische Erkrankungen wie Osteogenesis imperfecta, Knochenzysten oder Infektionen sein. Je nach Ursache kann es zu einer generalisierten Veränderung des Skeletts kommen, wie beispielsweise bei Osteoporose oder Osteopenie, oder es können nur lokale Knochen betroffen sein, wie bei Knochenmetastasen oder primären Tumoren. (7)

Frakturen können je nach Lokalisation und Ort der Krafteinwirkung in direkte und indirekte Frakturen unterteilt werden. Eine direkte Fraktur tritt am selben Ort der Gewalteinwirkung auf, während eine indirekte Fraktur entfernt von diesem Ort auftritt. Ein Beispiel für eine direkte Fraktur im Unterkiefer ist die Medianfraktur, die durch eine von vorne kommende Gewalteinwirkung entsteht. Bei dieser

Kraftwirkung wird eine zusätzliche Fraktur am Kiefergelenk als indirekte Fraktur bezeichnet. (8)

1.2.2 Frakturzeichen

Es gibt sichere und unsichere Frakturzeichen, die je nach Unfallhergang und Lokalisation unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Um eine Fraktur im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich zu diagnostizieren, muss anhand einer klinischen Untersuchung auf wichtige Symptome geachtet werden. (8) Zu den klinisch unsicheren Symptomen zählen Schmerzen, Schwellung, Funktionsstörung bis hin zum Funktionsverlust und Hämatombildung. (9) Im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich können unsichere Symptome auf eine Fraktur hinweisen. Eine Schwellung kann beispielsweise dazu führen, dass der Unterkieferrand im Verletzungsbereich nicht tastbar ist. Auch ein Druckschmerz im Verletzungsbereich ist kein sicherer Anhaltspunkt. Sensibilitätsstörungen des N. trigeminus bzw. des N. alveolaris inferior sind ebenfalls unsicher, da eine Druckschädigung an einem Nervenaustrittspunkt die klinische Symptomatik auslösen könnte. Eine Okklusionsstörung kann nicht nur durch eine Fraktur, sondern auch durch eine Kontusion des Kiefergelenks verursacht werden. Kieferklemme und Kiefersperre sind unsichere Anzeichen für eine Fraktur, da sie auch bei anderen Erkrankungen auftreten können. (8)

Sichere Anzeichen für eine Fraktur sind eine neu aufgetretene Fehlstellung, abnorme Beweglichkeit, Krepitation (Knochenreiben) und sichtbare Knochenfragmente bei einer offenen Fraktur. (9) Im MKG-Bereich ist eine Stufe innerhalb der Zahnreihen, aufgrund einer Dislokation des Knochenfragments zusätzlich ein sicheres Frakturzeichen. (8)

Sichere Frakturzeichen können bei Stauchungsbrüchen, Abrissfrakturen oder bei kleineren Knochen auch fehlen. Deshalb sollte bei klinischen Beschwerden und adäquatem Trauma eine radiologische Untersuchung in mindestens zwei Ebenen durchgeführt werden. (9)

1.2.3 Unterteilung der Gesichtsschädelfrakturen

Das Gesicht kann anatomisch in gleiche Drittel unterteilt werden. Das oberste Drittel erstreckt sich vom Haaransatz bis zur Glabella. Frakturen in diesem Teil betreffen das Os Frontale und den Sinus frontalis. Das Mittelgesicht, das zweite Drittel, reicht von der Glabella bis zur Collumella, dem Nasensteg. Das untere Drittel erstreckt sich von der Basis der Columella bis zum Mentum. Frakturen in diesem Bereich betreffen den Unterkiefer und die Dentoalveolarregionen. (10)

1.2.4 Mittelgesichtsfrakturen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Mittelgesichtsfrakturen zu unterteilen. Das Mittelgesicht besteht ausschließlich aus dem Viscerocranium und dem Gesichtsschädel sowie aus vertikalen Pfeilern, die die Kaulast aufnehmen und zur Schädelbasis weiterleiten. Aufgrund ihrer Anordnung gibt es anatomisch bedingte Schwachstellen bei Krafteinwirkung in diesem Bereich. (11) Man kann die Mittelgesichtsfrakturen grob in zentrale und laterale bzw. kombinierte zentrolaterale-Frakturen unterteilen. (12)

Eine häufig verwendete Klassifizierung von Mittelgesichtsfrakturen ist die nach Le Fort. Diese umfasst grundsätzlich drei große Kategorien. Die Le Fort I Fraktur bezeichnet die Absprengung des Oberkiefers vom Gesichtsschädel. Laut Literatur macht diese Fraktur etwa zwei Prozent aller Gesichtsfra­kturen aus. (13) Für diese horizontal verlaufende Fraktur im Bereich des Oberkiefers ist meist ein stumpfes Trauma verantwortlich, das den Alveolarfortsatz des Oberkiefers von vorne oder seitlich trifft. (11) Die Bruchlinie bei der Le Fort I Fraktur verläuft kranial der Zahnwurzeln durch die Maxilla und die beiden Sinus maxillares, bis zu den Processi pterigoidei. (7) Symptome der Le Fort I Fraktur sind primär Okklusionsstörungen oder ein frontal offener Biss, da sich die Maxilla meist dorsokaudal zurückzieht. Weitere Symptome sind Hämatome im Oberkiefer­vestibulum, Schmerzen und Epistaxis. (13)

Bei der Le Fort II Fraktur, die ca. 2% der Gesichtsschädelfrakturen ausmacht, (13) kommt es zur pyramidalen Abtrennung der Maxilla vom restlichen Gesichtsschädel. Dadurch ergibt sich eine zentrale Mittelgesichtsfraktur. Die Bruchlinie verläuft beidseits zwischen dem Processus zygomaticus maxillae, dem processus frontalis maxillae durch den Orbitaboden und dem Nasenbein. (7) Durch eine Le Fort II Fraktur kann es zu einer Abflachung des Gesichts oder einer Verlängerung des Mittelgesichts (Dish-Face) kommen. (11) Weitere Symptome sind Okklusionsstörungen, ein frontoffener Biss, Schmerzen im Mittelgesichtsbereich, Epistaxis sowie Lidödeme oder periorbitale Hämatome. (13)

Im Rahmen der laut Literatur 1,5% vorkommenden Le Fort III Fraktur, (13) die als Hauptvertreter der zentrolateralen Frakturen gilt, wird das Mittelgesicht vollständig von der Schädelbasis abgetrennt. Die transversale Frakturlinie verläuft beidseitig zwischen der lateralen Orbitawand durch die Orbita und führt dann über den Processus frontalis maxillae auf die gegenüberliegende Seite. Häufig kommt es auch zu Frakturen des Jochbogens oder einer Eröffnung der Ethmoidzellen. (7) Bei der Diagnostik der Le Fort II und III sollte besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, dass mögliche Begleitfrakturen die Stirnhöhlevorderwand oder die Schädelbasis betreffen können. Es besteht dann die Gefahr, dass aufgrund der Nähe zur Lamina cribrosa und der Dura mater diese reißen und es zu einem Liquorausstritt kommt. (11) Die klinischen Symptome einer Le Fort III Fraktur sind Hämatome im Oberkiefer-Vestibulum, Okklusionsstörungen, Epistaxis, Doppelbilder, Lidödeme und gegebenenfalls Liquorrhö. (13)

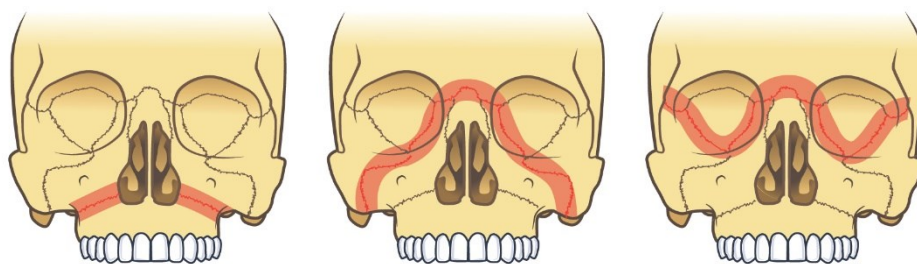


Abbildung 1: Le Fort Frakturen I/II/III (11)

Eine weitere Möglichkeit zur Einteilung sind die vier Typen nach Wassmund:

Typ I: Abtrennung der Maxilla vom Rest des Schädels

Typ II: Zusätzliches Abtrennen der kaudalen Flügelfortsätze und der ossium nasi.

Typ III: Abtrennung des Oberkiefers, der Flügelfortsätze, des Nasenseptums und der Jochbeine.

Typ IV: Bei diesem Typ wird der gesamte Gesichtsschädel vom Gehirnschädel abgetrennt. (11)

Weitere Frakturen, die das zentrale Mittelgesicht betreffen, sind Infrazygomatikale Frakturen. Diese treten auf, wenn zuvor eine Alveolarfortsatzfraktur und/oder eine sagittale Fraktur mit oder ohne Beteiligung der Zähne aufgetreten ist. Außerdem gibt es irreguläre Frakturen mit Teil- und Defektfrakturen sowie Nasenskelettfrakturen, bei denen der nasomaxilläre oder der nasoethmoidale Komplex betroffen sein kann. (12)

Frakturen des nasomaxillären oder naso-orbito-ethmoidalen Komplexes (NOE) können sowohl knöcherne als auch knorpelige Anteile betreffen. Wenn dies der Fall ist, liegt häufig eine Septumfraktur vor. Symptomatisch kommt es oft zu einer Sattel- oder Schiefnase sowie zu einem Monokel- oder Brillenhämatom und Epistaxis. Ein Schiefstand der Nase wird meist durch eine starke Schwellung verschleiert. Die Nase ist klinisch mobil und zeigt eine Stufenbildung sowie Krepitation. Bei einer Nasenbeinfraktur ist es wichtig, ein Septumhämatom rechtzeitig auszuschließen, da sonst die Gefahr einer Septum- Nekrose besteht. (11)

Zu den lateralen Mittelgesichtsfrakturen gehören als Hauptvertreter die isolierte Jochbein-Jochbogenfraktur und die laterale Orbitawandfraktur. (11) In der Gruppe der lateralen Gesichtsfra­kturen sind verschiedene Möglichkeiten von kombinierten oder isolierten Frakturen von Jochbein oder Orbita vertreten, wie zum Beispiel zygomaticomaxilläre oder zygomaticoorbitale Frakturen. (12) Die isolierte Jochbein-Jochbogenfraktur ist laut Literatur mit einer Häufigkeit von 25% die häufigste Mittelgesichtsfraktur. Das Jochbein ist in der Lage, große Kräfte, die vertikal gerichtet sind, wie zum Beispiel Kaukräfte, sehr gut zu tolerieren. Bei Kräften, die vertikal und transversal auftreten, ist es jedoch eher frakturgefährdet, insbesondere dann, wenn das umgebende Weichgewebe die einwirkende Kraft nicht

kompensieren kann. Die häufigste Frakturstelle des Jochbeins liegt im Bereich der Suturen. (11)

Die Symptome von lateralen Mittelgesichtsfrakturen sind abhängig von den betroffenen Knochen unterschiedlich. Typisch ist eine Abflachung der Wangenprominenz aufgrund der Impression des Jochbeins. Während Knochenstufen tastbar sind, kann eine Krepitation völlig ausbleiben, da sich Knochenteile verkeilen können. Wird eine Jochbogenfraktur vermutet, sollte der/die PatientIn darauf achten, nicht zu schnäuzen, da es zu einem orbitalen- bzw. einem Lidemphysem kommen kann. Monokelhämatome im Bereich des Lids treten häufig auf. Auch Epistaxis aufgrund von Einblutungen in die Kieferhöhle oder ein Hyposphagma, das sich klinisch als ein „rotes Auge“ zeigt, sind möglich. In den meisten Fällen tritt auch eine Sensibilitätsstörung im Bereich des N. infraorbitalis seltener eine Einklemmung der Augenmuskeln (M. rectus inferior, M. obliquus inferior) auf, was zusätzlich zu einer Diplopie führen kann. (11).

Als isolierte Orbitawandfrakturen werden Frakturen ohne Beteiligung des Orbitarandes bezeichnet. Eine sogenannte '*Blow Out Fraktur*' liegt vor, wenn der Orbitaboden und/ oder die mediale Orbitawand isoliert frakturiert ist bzw. sind. (7) Bei direkter Gewalteinwirkung auf das Auge bricht der dünne Orbitaboden ein, wodurch der Bulbus kaudal abgesenkt wird. Dies führt zu einer Abweichung der Augenachse und somit zu einer Diplopie. (12) Bei der weiteren klinischen Untersuchung zeigen sich ähnliche Symptome wie bei einer Jochbeinfraktur. Zusätzlich kann es zu einem Enophthalmus und zu Bewegungsstörungen des Augapfels kommen. (11) Am Infraorbitalrand ist keine Stufenbildung tastbar. Bei dieser Art von Verletzung sollte dem Patienten bzw. der Patientin ein Schnäuzverbot verordnet werden, da sich ansonsten ein Orbitaemphysem bilden kann. (11) Eine seltene, aber schwerwiegende Fraktur ist die sogenannte '*Blow-In-Fraktur*' der Orbita. Dabei können der Orbitaboden, das Orbitadach oder der Naso-ethmoidale Komplex betroffen sein. Die *Blow-In-Fraktur* ist definiert als eine Dislokation von Knochenteilen in den intraorbitalen Raum. Diese Art von Fraktur birgt ein erhöhtes Risiko für Verletzungen des Bulbus oder des N. opticus. (7)

1.2.5 Unterkieferfrakturen

Die Unterkieferfraktur ist eine der häufigsten Frakturen unter den Gesichtsschädelknochen und tritt doppelt so häufig auf wie Frakturen der Mittelgesichtsknochen. Die Inzidenz liegt zwischen 23,8% und 76,8% aller Frakturen des Gesichtsschädelknochens. (14)

Die Lokalisationen von Unterkieferfrakturen ergeben sich oft durch schwächende Faktoren wie vollständig retinierte Weisheitszähne, lange Wurzeln (insbesondere Eckzähne) oder durch pathologische Prozesse wie Zysten oder Tumore. Die Einteilung der Unterkieferfrakturen erfolgt anhand der groben Klassifizierung eines bezahnten, zahnlosen oder Milch- / Wechselgebisses. (13) Für den bezahnten Kiefer ergeben sich typische Lokalisationen:

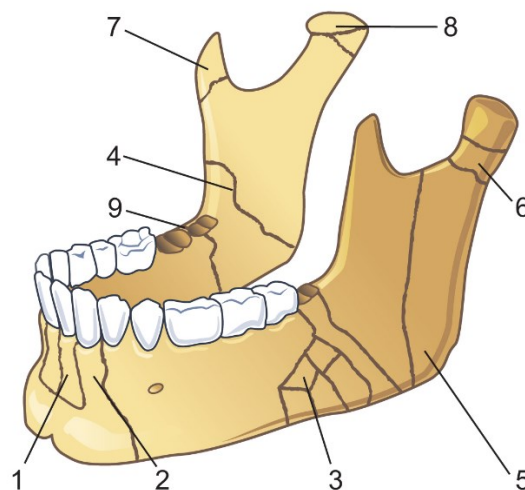


Abbildung 2: Mandibulafrakturen (11)

- 1) Alveolarfortsatzfraktur
- 2) Paramediane Fraktur innerhalb der Zahnreihe
- 3) Trümmerfraktur
- 4) Kieferwinkelfraktur quer
- 5) Collumfraktur
- 6) Proc. Coronoideus Fraktur
- 7) Capitulumfraktur
- 8) Fraktur außerhalb der Zahnreihe

Eine kennzeichnende Fraktur im Unterkiefer ist die Alveolarfortsatzfraktur. Hierbei kommt es zu einer seitlichen oder vestibulären Verlagerung eines oder mehrerer Zähne mit dem Alveolarfortsatz. Bei Mehrfachfrakturen können auch typische Bruchkombinationen auftreten. Diese Frakturen entstehen, weil die Energie am Eintrittspunkt einen Bruch verursacht. Die Energie kann jedoch nicht in der unmittelbaren Umgebung kompensiert werden und muss daher weitergeleitet werden. Dadurch entstehen auch an anderen Stellen der Mandibula Frakturen. (11) Diese typischen Frakturkombinationen sind:

- 1) Kinnregion und Gelenkfortsatz (ein- oder beidseitig)
- 2) Kieferwinkel beidseits
- 3) Prämolarenregion ipsilateral und kontralateraler Gelenkfortsatz
- 4) Eckzahnbereich ipsilateral und kontralateraler Kieferwinkel
- 5) Eckzahnbereich ipsilateral und kontralateraler Gelenkfortsatz

Die klinischen Symptome äußern sich je nach Lokalisation der Fraktur. Bei der klinischen Untersuchung sollten daher gezielt sichere Frakturzeichen beachtet werden. (11) Zu den sicheren Anzeichen einer Unterkieferfraktur zählt die Dislokation, die mit oder ohne Okklusionsstörung einhergehen kann. Es ist wichtig, eine Okklusionsstörung auszuschließen. Dies kann jedoch schwierig sein, da PatientInnen aufgrund von Gelenkergüssen, Sensibilitätsstörungen oder Zahnluxationen nicht immer objektiv darüber berichten können. (15) Ein/e PatientIn mit einer Unterkieferfraktur stellt sich am ehesten mit Schmerzen und einer zunehmenden Schwellung vor. Bei paramedianen Frakturen kann es zu einem Taubheitsgefühl der Lippe kommen, während bei medianen oder Gelenkfortsatzfrakturen ein Druck- oder Stauchungsschmerz des Kinns auftreten kann. Bei Gelenkfortsatzfrakturen kann es zu einer Kieferklemme oder einer Deviation des Unterkiefers kommen. (11) Weitere spezifische Symptome sind Risse an der Schleimhaut und/oder Gingiva, Hämatome, Lockerungen von Zähnen und gegebenenfalls ein Mundbodenhämatom. (16)

1.2.6 Frakturen des Kiefergelenksfortsatzes

Frakturen im Unterkiefer entstehen in der Regel durch äußere Gewalteinwirkung auf das Kinn. Kiefergelenksfortsatzfrakturen machen 20-50% aller Unterkieferfrakturen aus. Spiessl und Schroll haben die Arten der Kiefergelenksfortsatzfrakturen je nach Dislokation und Bruchhöhe eingeteilt.

- Typ I: Fraktur ohne Dislokation
- Typ II: Eine tiefe Collumfraktur mit Dislokation
- Typ III: Eine hohe Collumfraktur mit Dislokation
- Typ IV: Eine tiefe Collumfraktur mit Luxationen
- Typ V: Eine hohe Collumfraktur mit Luxationen
- Typ VI: Eine intrakapsuläre Fraktur (13)

Gemäß der Literatur, verschlechtert sich die Prognose der Rehabilitation je höher die Zahl des Frakturtyps ist. (17) Die Klassifizierung einer Fraktur als hoch oder tief hängt von ihrer Lage ab. Dabei orientiert man sich an einer Linie, die vom tiefsten Punkt der Incisura mandibulae senkrecht zur Ramustangente verläuft. Diese Tangente verbindet den dorsalsten Punkt des Gelenkfortsatzes mit dem Kieferwinkel. (15) Liegt die Bruchlinie mehr als 50% unter dieser Linie, wird sie als tief bezeichnet. Liegt sie hingegen oberhalb der Linie, wird sie als hoch bezeichnet. (17)

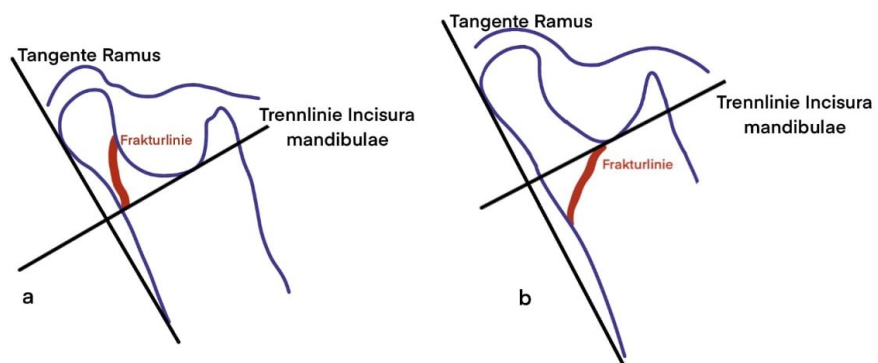


Abbildung 3: Frakturlinien (18)

Symptome einer Kiefergelenksfortsatzfraktur sind durch eine Okklusionsstörung und schmerzhafte sowie eingeschränkte Mundöffnung erkennbar. (13) Die weitere Klinik ist durch ein schiefes Mundöffnen gekennzeichnet, das von der gesunden Seite abweicht, und einen offenen Biss auf der gesunden Seite verursacht. Wenn beide Kiefergelenke gebrochen sind, führt die Rückverlagerung des Unterkiefers zu einem frühen Kontakt im Molarenbereich und einem frontal offenen Biss. (11)

1.3 Management der Gesichtsschädelfrakturen

1.3.1 Knochenheilung

Knochen haben die Fähigkeit, vollständig und ohne Narbenbildung zu heilen, was als "restitutio ad integrum" bezeichnet wird. Damit die Knochenheilung optimal verläuft, sind drei Punkte essenziell: Der Knochen muss repositioniert und ruhiggestellt werden, und es muss eine adäquate Blutversorgung gewährleistet sein. (12) Es gibt zwei Arten der Knochenbruchheilung: die primäre und die sekundäre. Bei der primären Knochenbruchheilung ist radiologisch weder eine Kallusbildung noch eine Resorption im Bruchspalt erkennbar. Diese Art der Heilung wird mittels Osteosyntheseverfahren (Schrauben/Platten) erreicht. Bei der sekundären Knochenbruchheilung liegt ein Frakturspalt von mehr als 200µm vor, meist durch den Einsatz von Drahtligaturen, Schienen oder Gipsen. Dadurch kommt es zu einer Erweiterung des Bruchspalts. Über diesen Umweg entsteht eine Kallusbildung, die zur Ausheilung führt. (11)

1.3.2 Phasen der Knochenbruchheilung

Bei der Knochenbruchheilung werden vier Phasen unterschieden: (11)

1. Phase: Frakturhämatom. Zwischen dem 1.-7. Tag entwickelt sich ein Hämatom innerhalb des Bruchspalts. (11) An den Frakturenden kommt es kurzzeitig zu einer Nekrose, die anschließend resorbiert wird. In den Blutgefäßen entsteht eine aktive Hyperämie, die sich wie eine aseptische

Entzündung verhält. Der Defekt wird bereits einige Tage später durch eine zelluläre Reaktion repariert. (19)

2. Phase: Bindegewebige Kallusbildung. Zwischen dem siebenten und 14. Tag wird das Hämatom innerhalb des Bruchspalts durch Granulationsgewebe ersetzt. (11) Aus dem umliegenden Gewebe sprosst ein kapillarreiches Mesenchym in den Frakturspalt. Dadurch proliferieren die lokalen Fibroblasten und bilden ein faserreiches Netz, das den Frakturspalt ausfüllt. Dieses Gewebe wird als vorläufiger 'bindegewebiger Kallus' bezeichnet. (19)
3. Phase: Knöcherne Kallusbildung. (19) Zwischen dem 14. und 21. Tag verdichtet sich das Knochengewebe. Durch den Einfluss von speziellen Knochenwachstumsproteinen und verkalkenden Osteoblasten entsteht vorläufig ein knöcherner Kallus in Form von Faserknochen. (19)
4. Phase: Remodelling. Ab der 4. Woche entsteht durch die Mineralisierung des knöchernen Kallus allmählich ein lamellärer Knochen. (11) Durch Zug und Druckkräfte wird der Geflechtknochen umgebaut. (19)

1.3.3 Konservative Therapiemöglichkeiten

Generell wird zwischen konservativer und operativer Frakturversorgung unterschieden. Die konservative Therapie umfasst die Reposition der Frakturfragmente und die anschließende Ruhigstellung. (12) Die Entscheidung, ob eine konservative oder operative Therapie eingeleitet wird, hängt vom Alter und Allgemeinzustand des Patienten bzw. der Patientin, vom Frakturtyp und dessen Verlauf, von Begleitverletzungen, vom Zustand des Gebisses (11) sowie von der Compliance des Patienten bzw. der Patientin ab. (16) Die konservative Therapie wird vor allem gewählt, wenn eine Fraktur vorliegt, die keine Anzeichen einer Dislokation aufweist. Zudem werden konservative Maßnahmen bei PatientInnen bevorzugt, die einen reduzierten Allgemeinzustand aufweisen, insbesondere wenn eine Allgemeinanästhesie nicht durchführbar ist. (20) Zusätzlich zur konservativen Therapie wird auch das Einhalten einer weichen Kost empfohlen. Bei einer Maxillafraktur kann es auch notwendig sein, ein Schnäuz- und Niesverbot einzuhalten, Antibiotika zu nehmen oder für einige Tage eine Schmerzbehandlung

durchzuführen. (13) Bei einer konservativen Therapiewahl sind regelmäßige klinische und radiologische Verlaufskontrollen notwendig. (16)

Bei Frakturen im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich und einer anschließenden konservativen Therapie wird die Reposition manuell geschlossen oder mit entsprechendem Instrumentarium durchgeführt. (20) Das Repositionsergebnis wird durch die Einstellung der Okklusion und durch eine intermaxilläre Ruhigstellung fixiert. (11) Zur Fixation innerhalb der Zahnreihen können auch dentale Schienen verwendet werden. Es gibt direkte Schienen, die im Mund des Patienten bzw. der Patientin angefertigt werden können, und indirekte Schienen, die im zahntechnischen Labor hergestellt werden müssen. Erstere sind bei Notfallbehandlungen sofort verfügbar und auch kostengünstiger. Beispiele hierfür sind die Ernst-Ligatur, die Ivy-Stout-Ligatur und die Schuchardt-Schiene. Die Ernst-Ligatur ist eine Methode, bei der ein weicher Draht achterförmig um zwei benachbarte Zähne gelegt wird. Anschließend wird die Fixierung mit einer Ligatur im Gegenkiefer durchgeführt. Die Ivy-Stout Ligatur hingegen wird verwendet, um mehrere Zähne fortlaufend nebeneinander zu ligieren. Beide Maßnahmen werden eher im Notfallmanagement angewandt. Im Gegensatz dazu können Drahtbogen-Kunststoffschienen, wie die Schuchardt-Schiene, als Hauptvertreter einer konservativen Therapie zur Fixierung des Behandlungsplans verwendet werden. (20) Bei dieser Methode wird ein vorgefertigter Drahtbogen am Zahnbogen angepasst und mit Drahtligaturen an den Zähnen befestigt. Die Schiene wird mit Kunststoff bedeckt, um ein Verrutschen oder Verletzungen der Schleimhaut zu vermeiden. Bei der Schuchardtschiene können auch vertikale Drähte angebracht werden, um eine intermaxilläre Fixation zu ermöglichen. (21) Zu den indirekten Schienenverbänden gehören beispielsweise Kappenschienen oder indirekte Drahtbogen-Kunststoffschienen. Im Vergleich zu direkt hergestellten Schienen bieten im Labor gefertigte Schienen den Vorteil einer erhöhten Schonung des Parodonts sowie einer besseren Passgenauigkeit, wodurch keine orthodontische Kraft auf die Zähne wirkt. Kappenschienen umschließen den Zahn im Kronenbereich vollständig und gewährleisten so eine sichere Fixierung. Die Schiene wird entweder einzementiert, einligiert oder mittels Drahtschlingen um Osteosyntheseschrauben befestigt. (20) Die Dauer der Therapie ist abhängig vom betroffenen Knochen. (16) Laut Literatur dauert die alleinige Therapie mittels

Schienenverbänden jedoch 4-6 Wochen, was der Zeit entspricht, die für die Knochenheilung benötigt wird. (20) Zusätzlich ist zur Schienentherapie eine intermaxilläre Fixation notwendig. (13) Eine häufige Nebenwirkung längerer Tragedauer einer Schiene ist eine Gingivitis. (22)

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die intermaxilläre Ruhigstellung. Je nach Art der Fraktur kann auch eine alleinige intermaxilläre Fixation (IMF) als Therapie in Betracht gezogen werden. (16) Weiters kann mittels IMF die Okklusion gesichert werden, bevor der/die PatientIn für einen operativen Eingriff bereit ist. (23) Zudem kann sie als Ergänzung zur konservativen Schienentherapie oder als postoperative Therapie zur Einstellung der Okklusion verwendet werden. (20) Die Hauptanwendungsgebiete einer IMF sind die Immobilisation von Frakturen im Ober- und Unterkiefer, die Sicherung der eingestellten Okklusion nach kieferorthopädischen Eingriffen oder nach Frakturreposition sowie die Schaffung einer Spannungsfreiheit nach einer ausgedehnten Weichteiloperation. (24) Die intermaxilläre Fixation beinhaltet das Verbinden von Ober- und Unterkiefer mittels Drahtligaturen oder straffen Gummizügen. Als Alternative zu den Schienen und den darauf adaptierten Haken können auch selbstschneidende Schrauben, sogenannte IMF-Schrauben, transgingival zwischen den Zahnwurzeln im Bereich des Alveolarfortsatzes eingebracht werden. Die Schrauben werden sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer bilateral eingeschraubt und danach mit einem Draht starr miteinander verbunden. (20) Die Verwendung von Titan-Schrauben, die mit starrem Draht verbunden sind, wird vielerorts als zeitsparend und schonend angesehen. Es ist nur eine Lokalanästhesie im Insertionsbereich notwendig. (23) Dem gegenüber stehen die Risiken einer Zahnwurzelerletzung durch die Insertion sowie die Gefahr einer Weichgewebsnekrose. Der/Die PatientIn muss zudem darüber aufgeklärt werden, dass bei Vorhandensein einer IMF stets eine Drahtschere mitgeführt werden muss, um im Notfall handeln zu können. (16) Je nach Schweregrad des Bruchs sollte die intermaxilläre Ruhigstellung für 6-8 Wochen beim Patienten bzw. bei der Patientin beibehalten werden. (12)

1.3.4 Operative Therapiemöglichkeiten

Eine operative Versorgung ist dann indiziert sobald eine offene Fraktur, eine stark dislozierte Fraktur oder eine Mehrfragmente-, bzw. Trümmerfraktur vorliegt. (13) Zudem gibt es eine Reihe von Frakturen, die mit einer rein konservativen Therapie nicht ausreichend behandelt werden können. (11) Das Ziel dabei ist die sofortige Wiederherstellung von physiologischen Bewegungen sowie die Vermeidung einer länger dauernden IMF. (16) Somit ist insbesondere durch den Einsatz von Plattenosteosynthesen eine frühzeitige Mobilisation möglich. (11) Bei einem operativen Eingriff kommt es zu einer offenen Reposition in allen drei Dimensionen sowie meist einer anschließenden Fixation durch Osteosynthesematerialien unter gleichzeitiger Herstellung der korrekten Okklusion.(17) Man unterscheidet zwischen lasttragenden (load-bearing) und lastverteilenden (load-sharing) Osteosynthesesystemen.(20) Lasttragende Systeme nehmen die Kraft bei funktioneller Beanspruchung über die Fraktur hinweg vollständig auf, sodass der Knochen im Bereich des Bruchs keine Last trägt. Die Indikation für solche Systeme ist vor allem bei einer Trümmerfraktur oder einer Defektfraktur gegeben. (17) Aufgrund dessen haben sie eine vergleichsweise große Dimension mit einer Dicke von 2,5mm. (16) Vertreter dieser Gruppe sind z.B. Rekonstruktionsplatten, die mit mindestens drei bikortikalen Schrauben jeweils im mesialen und distalen Bereich eingebracht werden müssen, oder auch Kompressionsplatten. (11) Diese werden bevorzugt bei Unterkieferfrakturen eingesetzt und meist als 4-Loch-Platten beschrieben. Sie haben Gleitlöcher, wodurch der Bruchspalt beim Anziehen der Schrauben komprimiert. Die Schrauben werden auch hier bikortikal inseriert und nach Setzen der Kompressionsschrauben werden weitere Schrauben neutral eingebracht. (17) Die Verwendung von bikortikalen Schrauben hat den Nachteil, dass die Vaskularisation in den Insertionsbereichen durch stark ausgeübten Druck sinkt. (11)

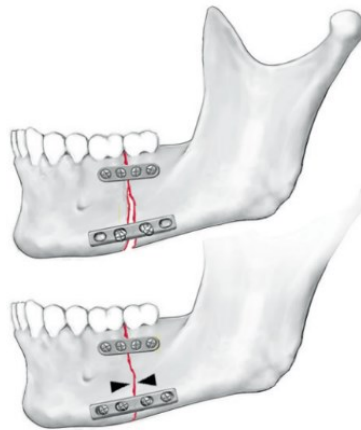


Abbildung 4: Kompressionsplatte (17)

Load-sharing Osteosynthesematerialien verteilen die Kraft zwischen Platte und Knochen, wie z.B. im Falle von Miniplatten oder Zugschrauben. (20) Die Platten sind geringer dimensioniert und haben eine maximale Dicke von 1,3mm. (16) Bei den Miniplatten handelt es sich um eine dynamische Kompression. (11) Nach dem Prinzip der Lastteilung, wird die Kaukraft durch Kompression des Frakturspalts auf den Knochen übertragen. Währenddessen wirkt die Platte im Sinne einer Zuggurtung. (17) Die Zugschrauben werden im Vergleich zu den Kompressionsschrauben nur monokortikal inseriert und können somit die Zahnwurzel nicht beschädigen. (11) Beim Festziehen komprimieren sie die Fragmente gegeneinander. Dadurch sollen sie möglichst senkrecht zur Fraktur gebohrt werden, damit kein Gleiten der einzelnen Bruchteile entsteht. (17) Eine Miniplatte muss pro Fragment mit mindestens zwei Schrauben befestigt werden. Der/Die PatientIn ist nach dem operativen Eingriff angehalten, in den ersten vier bis sechs Wochen keine funktionellen Belastungen auszuüben. Allerdings ist er oder sie in der Lage, den Unterkiefer normal zu bewegen wodurch einer Versteifung des Kiefergelenks, wie es als erhöhte Gefahr bei längerer IMF der Fall ist, entgegengewirkt wird. (12)

Die Entfernung von Osteosynthesematerialien ist nur selten indiziert, da das biokompatible Titan mit dem Knochen oberflächlich fest verbunden ist. Dennoch wären mögliche Gründe für eine Entfernung: Lockerungen von Schrauben oder Platten, Infektionen, Dysästhesien, tastbare Stellen der Materialien durch geringen Weichteilanteil oder auch der unmittelbare Wunsch des Patienten bzw. der

Patientin, das Material entfernen zu lassen. (11) Manchmal wird die Entfernung auch empfohlen, da das Material Artefakte in MRT- oder CT-Bildern verursachen, bzw. auch kosmetisch störend sein kann. (12) Der Zeitraum zur operativen Entfernung von Osteosynthesematerialien ist bei Erwachsenen nach sechs Monaten und bei Kindern nach frühestens drei Monaten indiziert. (11)

1.3.5 Zähne im Bruchspalt

Durchgebrochene Zähne im Bruchspalt gelten immer als offene Fraktur, da durch die Verbindung mit dem Parodontalspalt eine bakterielle Kontamination vorliegt, wodurch eine erhöhte Infektionsgefahr entsteht. (20) Daher sollte der/die PatientIn bis zum Heilen der Eintrittspforte antibiotisch für mindestens drei Tage abgeschirmt werden. (16) Unter bestimmten Voraussetzungen werden Zähne im Bruchspalt entfernt:

- 1) Teilretinierte Zähne, die im Kontakt zur Mundhöhle stehen
- 2) Parodontal geschädigte oder entzündete Zähne
- 3) Zähne mit einer unvollständigen Wurzelbehandlung (17)
- 4) Zahnfraktur
- 5) Zähne, welche die Reposition behindern
- 6) Zähne, die die Wiederherstellung der Okklusion stören
- 7) Zähne, wo die Zahnwurzel frei in die Fraktur ragt (20)

Hingegen können symptomlose Zähne, die auch suffizient wurzelbehandelt sind oder auch unauffällige vollständig retinierte Zähne belassen werden. (16) Eine besondere Nachsorge ist jedoch empfehlenswert, (17) um möglichen Komplikationen wie z.B. posttraumatischen Parodontopathien, Zahnwurzelresorptionen oder einem Vitalitätsverlust entgegenzuwirken. (16)

1.4 Zahntraumen

Im Folgenden werden Zahntraumen im bleibenden Gebiss erläutert.

Zahntraumata gehören insgesamt zu den häufigsten Verletzungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich. Laut Literatur sind die Frontzähne aufgrund ihrer exponierten Lage mit 70% am häufigsten betroffen. Ein Zahntrauma entsteht, wenn die von außen einwirkende Kraft die Kompensationsmechanismen des Zahnes, des Zahnhalteapparates oder auch des Knochens übersteigt. Eine Vorschädigung des Zahnes, wie z.B. ein parodontales Problem oder eine Reduktion der Zahnhartsubstanz oder auch eine Knochenreduktion wirken dabei begünstigend. Liegt eine Schwachstelle am Zahn vor, kommt es in der Regel zu einer Zahnfraktur. Liegt eine parodontale Schädigung vor, kommt es eher zu einer Zahnluxation. Übersteigt die einwirkende Kraft die Kompensationsmechanismen des Kiefers, kommt es zu einer Fraktur. (11)

Die Klassifikation von Zahntraumen erweist sich oft als problematisch, da verschiedene Gewebe (Zahnhartsubstanz, Endodont, parodontales Ligament, Alveolarknochen und Gingiva) in unterschiedlicher Kombination von einem Trauma betroffen sein können, mit zum Teil voneinander abhängigen Heilungsmöglichkeiten. Eine sinnvolle Klassifikation ergibt sich aus der Betrachtung der einzelnen Gewebe. (25)

1.4.1 Verletzung der Zahnhartsubstanz

Hierbei unterscheidet man zwischen drei Lokalisationen der Fraktur:

- 1) Kronenfraktur
- 2) Kronen-Wurzelfraktur
- 3) Wurzelfraktur

Kronenfrakturen werden nach ihrem Schweregrad unterschieden. Die einfachste Form der Kronenfraktur ist die Infraktur. Dabei handelt es sich um eine unvollständige Fraktur, da sie im Schmelz oder in der Nähe der Schmelz-Dentin-Grenze endet. Das Fragment verbleibt an Ort und Stelle und zeigt bei genauer Betrachtung mit Licht zahlreiche Risse. (25) Zweitens gibt es die unkomplizierte Kronenfraktur, die als Grad I bezeichnet wird und eine Kronenfraktur mit Schmelzbeteiligung, aber ohne Dentinbeteiligung bedeutet. Eine Grad II-Fraktur ist eine unkomplizierte Kronenfraktur mit Schmelz- und Dentinbeteiligung, jedoch ohne Pulpabeteiligung. Die schwerste Kronenfraktur ist eine Fraktur des Grades III, bei der die Pulpa eröffnet ist. Bei Kronen-Wurzelfrakturen sind Schmelz, Dentin und Wurzelzement betroffen. (19) Man unterscheidet zwischen einer unkomplizierten Fraktur, d.h. einer Fraktur ohne Pulpabeteiligung, und einer komplizierten Kronen-Wurzelfraktur mit Pulpaeröffnung. Außerdem kann eine komplizierte Kronen-Wurzelfraktur auch als Längsfraktur bezeichnet werden. (11) Ein typischer Verlauf dieser Fraktur ist von bukkal-koronal nach palatinal-apikal. Aufgrund der hohen Beweglichkeit empfindet der Patient hier starke Schmerzen. (25) Eine Wurzelfraktur ist eine Fraktur, bei der Dentin, Wurzelzement und Pulpa verletzt sind. Zusätzlich kann gleichzeitig eine Dislokation vorliegen. Wurzelfrakturen werden nach ihrer Lokalisation eingeteilt. Entsprechend der Wurzelanatomie unterscheidet man Frakturen des koronalen, mittleren und apikalen Wurzeldrittels. (19) In Abbildung 5 sind die unterschiedlichen Arten der Zahnfrakturen erkenntlich.

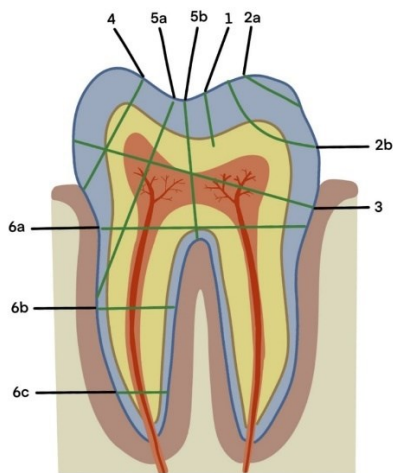


Abbildung 5: Arten der Zahnfrakturen
(18)

- a) 1: Infraktur
- b) 2a: Unkomplizierte Kronenfraktur, Schmelz ist betroffen
- c) 2b: Unkomplizierte Kronenfraktur, Schmelz und Dentin sind betroffen
- d) 3: Komplizierte Kronenfraktur, mit Pulpabeteiligung
- e) 4: Unkomplizierte Kronen-Wurzel-Fraktur
- f) 5a: Komplizierte Kronen-Wurzelfraktur, mit Eröffnung der Pulpa
- g) 5b: Komplizierte Kronen-Wurzelfraktur, Längsfraktur
- h) 6a: Wurzelfraktur im koronalen Drittel
- i) 6b: Wurzelfraktur im mittleren Drittel
- j) 6c: Wurzelfraktur im apikalen Drittel

1.4.2 Verletzungen am Zahnhalteapparat

Neben den Zahnhartsubstanzverletzungen werden Schädigungen am Parodont klassifiziert. Dabei ist die Prognose stark von begleitenden Mundhygieneverhältnissen sowie die Art und Exaktheit der Reposition von Bedeutung. (25) Die Konkussion, Kontusion, oder auch Prellung genannt, wird in dieser Gruppe als leichte Verletzung angesehen, bei der das Parodontium intakt ist und keine Dislokation der Wurzel oder erhöhte Zahnmobilität festgestellt werden können. Bei einer Subluxation verbleibt der Zahn in der Alveole, aber das umgebende Parodont ist verletzt, was zu einer erhöhten Zahnmobilität führt. (11) Es kann gelegentlich zu Blutungen aus dem Parodontalspalt oder zu Pulpasymptomen kommen. (19) Als weiteres Trauma des Zahnhalteapparats kann die Subluxation angeführt werden. Die Lockerung kann in drei Grade eingeteilt werden.

Grad I: die Subluxation ist gerade tast- und spürbar durch eine horizontale Beweglichkeit von bis zu 1 mm, abweichend von der Normalstellung.

Grad II: die Lockerung des Zahnes ist deutlich sicht- und spürbar, über 1 mm Abweichung.

Grad III: es sind sehr deutliche horizontale und vertikale Bewegungen allein durch Zungen oder Wangendruck auslösbar. (11)

Eine andere mögliche Verletzung am Zahnhalteapparat kann eine Intrusion, Stauchung, sein. Dieses Verletzungsmuster beschreibt eine traumatische Verlagerung des Zahnes in die Alveole zurück. (11) Dabei wird das Zahnfach verletzt und es kommt zu Blutungen im Parodontalspalt. (19) Man unterscheidet zwischen einer vollständigen Intrusion, bei der der Zahn nicht mehr sichtbar ist, und einer unvollständigen Intrusion. Bei der unvollständigen Intrusion ist der Zahn in Infraokklusion. Die Intrusion wird auch als zentrale Luxation bezeichnet. (11) Als periphere Luxation oder auch Extrusion genannt, bezeichnet man die Dislokation des Zahnes innerhalb des Zahnfachs mit Verletzungen und Blutungen des Parodontiums. (19) Dabei geht die Extrusion immer mit einer Verletzung der Alveole einher und bedingt teilweise eine Fraktur des Alveolarfortsatzes. (11) Eine weitere Möglichkeit der Verletzung des Zahnhalteapparates ist die laterale Luxation (Zahnkipfung). Diese beschreibt eine Verschiebung des gesamten Zahnes entlang seiner Längsachse. Typisch ist die Krone nach palatinal und die Wurzelspitze nach bukkal verkippt. (19) Die optisch auffälligste Verletzung ist die Avulsion. Dabei wird der Zahn vollständig aus der Alveole herausgelöst. (25) Als zusätzliches Symptom entstehen Blutungen aus dem Parodontalraum. (19)

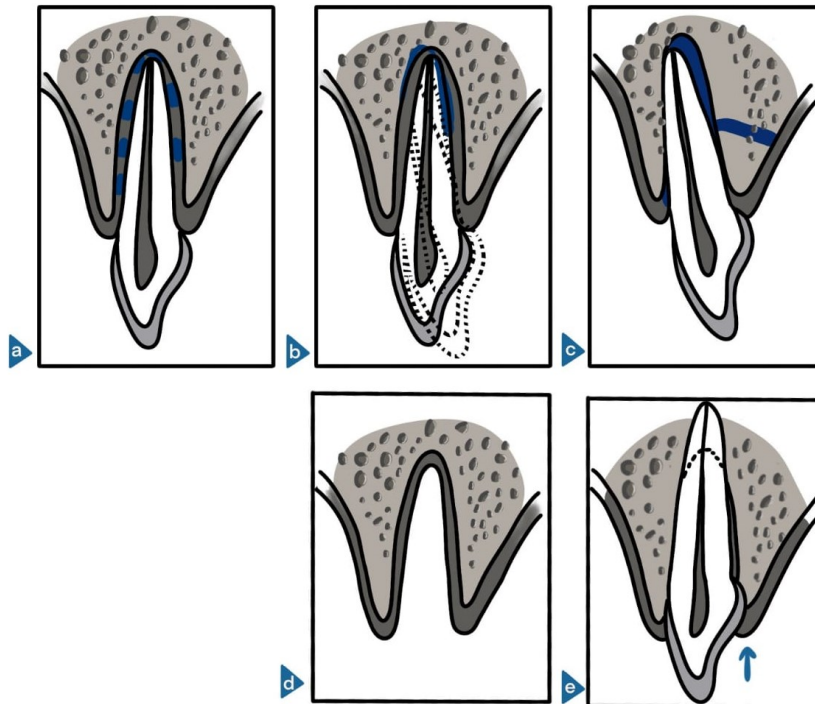


Abbildung 6: Zahnhalteapparatraumen (18)

In Abbildung 6 sind die Verletzungen des Zahnhalteapparats schematisch dargestellt.

- a) Kontusion
- b) Subluxation
- c) Extrusion
- d) Avulsion
- e) Intrusion

1.4.3 Therapie von Zahntraumen

Am Beginn steht die Erstversorgung, bei der es einige Schritte abuarbeiten gilt. Primär steht die Vorbereitung zur Therapie im Vordergrund. Es ist ratsam, eine radiologische sowie fotografische Dokumentation anzulegen. Der/Die PatientIn wird dann nach dem eventuell verlorengegangenen Fragment gefragt, der traumatisierte Situs wird gereinigt. Anschließend soll der gesamte Mund mit einem Munddesinfiziens gespült werden. Der/Die PatientIn wird dann anästhesiert und anschließend werden die Wundspalten eventuell mit einem lokalen Antibiotikum

gespült. Zum zweiten Schritt der Traumabehandlung zählt die Reposition der Zähne und des Alveolarknochens. Die einzige Ausnahme sind hier nur wenige Millimeter intrudierte Zähne, von denen man ausgeht, dass sie von selbst reeruptieren. Weiters ist eine Fixation der mobilen Zähne anzudenken. Dieser Punkt gilt als entscheidender Faktor der Therapie. Falls die Gingiva bei dem Trauma verletzt wurde, ist der vierte Schritt, sie am besten mit einer monofilen, atraumatischen Naht zu nähen. Die Naht kann hier über die Schiene geknüpft werden. Als Punkt fünf ist die Versorgung der offenen Dentinflächen oder der eröffneten Pulpa anzudenken. Fehlende Zähne können mit dem Ersatz eines Prothesenzahnes auf der Schiene durch Kleben ergänzt werden. Zum letzten Punkt zählen die Begleitmaßnahmen eines Zahntraumas. Der/Die PatientIn wird über das posttraumatische Verhalten aufgeklärt, eine lokale Antisepsis (0,1% CHX Spülung) sowie eine systemische Antibiose werden zusätzlich verordnet, da man optimale Heilungsbedingungen schaffen möchte. Im Bedarfsfall ist auf einen ausreichenden Schutz einer Tetanus- und/oder einer Tollwutimpfung zu achten. (25)

Schritte der Erstversorgung

1. Anästhesie, Antisepsis
2. Reposition
3. Schienung
4. Nähte
5. Pulpaversorgung
6. Begleitmaßnahmen

Die Vitalerhaltung der Pulpa ist als oberstes Ziel anzustreben, insbesondere wenn das Wurzelwachstum des betroffenen Traumazahnes noch nicht abgeschlossen ist. (26)

Je nach Verletzungsart, ist der Therapieleitfaden unterschiedlich. Bei einer Schmelzfraktur, im Sinne einer unkomplizierten Kronenfraktur oder einer Infraktur, ist lediglich eine Behandlung im Sinne einer Komposit-Abdeckung mit der SAT Technik indiziert, (11) da diese nur im Schmelz verlaufen und eine Schädigung der Pulpa weitgehend ausgeschlossen werden kann. (27) Bei einer Schmelz-Dentin-Fraktur ohne Pulpabeteiligung (Kronenfraktur Grad II) ist keine endodontische

Therapie erforderlich. Der Schmelz- oder Dentindefekt muss jedoch gedeckt werden (19), da über offene Dentinwunden Bakterien in die Pulpa gelangen können. (27) Bei einer komplizierten Kronenfraktur (Grad III) hat die Pulpa Kontakt zur Mundhöhle. Je nach Ausmaß der Pulpaeröffnung, und der Sensibilität des Zahnes, (19) wird entschieden, ob eine Vitalextraktion stattfinden muss, oder der Zahn mit einer Pulpotomie versorgt werden kann. (11) Dabei stellt die partielle Pulpotomie eine favorisierte Therapieoption bei Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung dar, (26) da im Vergleich zu einer direkten Überkappung die Erfolgswahrscheinlichkeit laut Literatur höher liegt. Die direkte Überkappung sollte nur dann angedacht werden, wenn es sich um eine kleine Expositionsfläche und -Zeit handelt. (27)

Bei unkomplizierten Kronen-Wurzel-Frakturen ist das abgebrochene Fragment zu entfernen und das Dentin zu decken. Bei komplizierten Kronen-Wurzelfrakturen ist erneut zu beurteilen, inwieweit die Pulpa beteiligt ist. Gegebenenfalls ist auch hier eine Pulpotomie, eine direkte Überkappung oder eine Wurzelbehandlung indiziert. (11) Bei einer Längsfraktur oder bei tief einstrahlenden Frakturen des Zahnes gilt dieser als verloren und muss extrahiert werden. (19)

Bei einer Wurzelfraktur umfasst die Therapie die vorsichtige Reposition des koronal dislozierten Fragments. Da in 80% der Fälle die Pulpa vital bleibt, ist keine initiale Wurzelbehandlung notwendig. Weiters ist hier eine Schienung mittels einer semiflexiblen TTS (Titan-Trauma-Schiene) über vier Wochen anzudenken. Bei einer ausgeprägten Dislokation oder einer erheblichen Mobilität ist die Schiene bis zu zwölf Wochen zu tragen. In solchen Fällen empfiehlt sich auch eine endodontische Behandlung, jedoch auf das koronale Fragment beschränkt. Die Pulpa des apikalen Fragments bleibt fast in allen Fällen vital. (28) Bei einer Wurzelfraktur, wo nur das apikale Drittel der Wurzel betroffen ist, ist als Therapie eine Wurzelspitzenresektion anzudenken. (11)

Bei einem Dislokationstrauma des Zahnhalteapparats ist die Therapie der Wahl eine Schienung. Die dislozierten Zähne gehen in ihre ursprüngliche Position und werden immobilisiert. Dadurch ist eine Regeneration der Pulpa und der parodontalen Strukturen möglich. (26) Das gängigste Schienenmaterial ist die TTS, (11) dem gegenübergestellt gibt es weitere Möglichkeiten, Zähne zu immobilisieren. PET-

Netze, Komposite-Schienen, Bracketschienen oder Tiefziehschienen wären für die Behandlungen von Zahntraumen auch möglich. (19)

Bei einer Kontusion ist keine initiale Therapie notwendig. Der/Die PatientIn entwickelt eventuell im Laufe der Zeit eine Aufbissempfindlichkeit aufgrund des gebildeten Hämatoms. Wenn dieser Fall eintritt, kann der Zahn im Bereich des Vorkontakts vorsichtig eingeschliffen werden. (11) Bei einer Subluxation ab Grad II umfasst die Therapie die Stabilisierung des Zahnes mit den Nachbarzähnen mittels einer TTS für ungefähr zwei Wochen. Vor der Fixierung muss der Zahn reponiert werden. (11) Bei einer Intrusion gilt es, den Zahn zu repositionieren, laut Literatur bestenfalls mittels Kieferorthopädie. Anschließend ist der Zahn ggf. endodontisch zu behandeln, falls dieser als devital diagnostiziert wird. Die Indikation dafür ist jedoch zurückhaltend zu stellen. Falls noch kein abgeschlossenes Wurzelwachstum gegeben ist, kann eine Reeruption des Zahnes auf Okklusionsniveau erwartet werden. (19) Bei einer Extrusion oder einer lateralen Luxation, ist der Trauma-Zahn zu repositionieren und anschließend mittels TTS zu immobilisieren. Bei einer reinen Extrusion bedarf es einer Schienungsdauer von zwei bis drei Wochen. Bei einer lateralen Luxation dauert die Immobilisationsphase rund sechs bis acht Wochen. (11) Bei der Avulsion spielt der Faktor Zeit eine wichtige Rolle. Der Zahn sollte so schnell wie möglich in die Alveole repositioniert werden, da nach 60 Minuten die PDL Zellen des Zahnes mit großer Wahrscheinlichkeit devital sind. (26) Um dem entgegenzuwirken, gibt es Zahnrettungsboxen (z.B. Dentosafe®), die für ca. zwei Stunden das ideale Milieu für avulsierte Zähne bieten. Nach erfolgreicher Reinsertion soll die Schienung mit einer TTS für zwei Wochen erfolgen. Anschließend muss bei dem avulsierten Zahn mit abgeschlossenem Wurzelwachstum eine Wurzelbehandlung durchgeführt werden. (11)

Nach Abschluss der Primärtherapie hat eine regelmäßige Nachsorge zu erfolgen, um mögliche Komplikationen frühzeitig erkennen zu können. (11)

2 Material und Methoden

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine monozentrische, retrospektive Datenauswertung an der Abteilung für Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Graz durchgeführt. Das dafür notwendige Votum der Ethikkommission wurde am 27.01.2023 erteilt (EK-Nummer: 35-105 ex 22/23).

2.1 Datenerfassung und Datenaufbereitung

Berücksichtigt wurden die Daten aller PatientInnen, die im Zeitraum vom 01.01.2018 bis 15.11.2022 aufgrund eines Unfalls mit einem E-Mobil-Verkehrsmittel oder einem anderen persönlichen Verkehrsmittel (non E-Mobilität) stationär in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie aufgenommen wurden. Im Rahmen der Analyse wurde primär nach Informationen zum Unfallhergang gesucht. Da die Dekurseinträge einzelner PatientInnen nicht durchgängig erschienen, wurden gegebenenfalls radiologische Befunde bzw. die Anamnese von überweisenden Kliniken herangezogen. Eingeschlossen wurden jene PatientInnen, deren Unfallhergang dokumentiert wurde. Ausgeschlossen wurden jene, bei denen eine eindeutige Datenerhebung nicht möglich war.

In einem zweiten Schritt wurden alle verunfallten PatientInnen, bei denen dokumentiert war, dass sie mit dem Fahrrad gestürzt waren, telefonisch befragt, ob sie mit einem mit Muskelkraftbetriebenen Fahrrad oder mit einem E-Bike verunfallt waren. Nach der Einteilung in Fahrradstürze und E-Mobilitätsunfälle wurde eine genauere Datenerhebung mit weiteren Parametern durchgeführt. Im Zuge der spezifischen Datenanalyse wurden Informationen zu Geschlecht, Alter, Traumamechanismus, Aufnahmemonat, Aufenthaltsdauer, Begleiterkrankungen, Weichteilverletzungen, Auftreten einer Hypästhesie prä- und postoperativ, habitueller Okklusion am Unfalltag, Facial Injury Severity Score (FISS), das Auftreten von Stufenbildung, Comotio-Symptomatik, Mehrfachfrakturen, Zahntrauma, Zähne im Frakturspalt, Medikamenteneinnahme, Schienungstherapie, Erstversorgung am Unfalltag, zusätzliche Frakturen ohne Kopf-Hals-Bereich und das Auftreten einer Infektion erhoben. Zusätzlich wurden bildgebende Verfahren

(OPTG und DVT) zur Beurteilung des Schweregrades der Verletzung (FISS) begutachtet und dokumentiert.

Die gesammelten Daten wurden in Microsoft Excel-Dateien gespeichert und waren nur für an der Studie beteiligten Personen verfügbar. Die Daten der PatientInnen wurden durch Codierung mit einer fortlaufenden Nummer pseudonymisiert.

2.2 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der in Microsoft Excel gespeicherten Datensätze wurde Microsoft Excel 365 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) sowie das Statistikprogramm SPSS (IBM SPSS Statistics) verwendet.

Qualitative Zielparameter wurden für diese Diplomarbeit mittels Fisher's Exakt Test, quantitative Parameter mittels Mann-Whitney-U-Test analysiert und berechnet. Klinische und demographische Daten wurden mittels deskriptiver Statistik analysiert und berechnet. Die deskriptiven Daten wurden auf Mittelwert (M), Standardabweichung (\pm SD), Median (M) und Interquartilsabstand (IQR) untersucht. Für verschiedene statistische Vergleiche wurde der Zusammenhang zwischen zwei kategorialen Variablen zwischen unabhängigen Stichproben mittels Chi-Quadrat-Test untersucht. Werte von $p < 0,05$ gelten als signifikant.

2.3 Facial Injury Severity Score (FISS)

Der Facial Injury Severity Score wurde als Hauptzielvariable dieser Studie gewählt. Dieser ermöglicht es, Verletzungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich hinsichtlich ihres Schweregrades statistisch zu vergleichen.

Um den Schweregrad von Gesichtsverletzungen erfassen zu können, wurde aus einer bereits durchgeführten Studie nach Bagheri et al. aus dem Jahr 2006 ein Score erstellt, der eine Einteilung erleichtern soll. Die Einteilung nach dem FISS wurde entwickelt, um den Behandlungserfolg von TraumapatientInnen mit einer Gesichtsfraktur besser vorhersagen zu können. Im Vergleich zu alternativen Klassifikationsmethoden, wie z.B. Gesichtsschädelfrakturen nach Le Fort, erfasst der Facial Injury Severity Score den Schweregrad auf der Basis von Frakturmustern

und der Summe von Einzelfrakturen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich. Der FISS ist ein numerischer Wert, der jedoch nicht alle Gesichtsschädelfrakturen als gleich schwer einstuft. (29)

Table 1. FACIAL INJURY SEVERITY SCALE (FISS)

Mandible	
Dento Alveolar	1 point
Each fracture of body/ramus/symphysis	2 points
Each fracture: condyle/coronoid	1 point
Mid-face	
Each midfacial fracture is assigned one point, unless part of a complex	
Dento Alveolar	1 point
Le Fort I	2 points
Le Fort II	4 points
Le Fort III	6 points
(Unilateral Le Fort fractures are assigned half the numeric value)	
Naso-Orbital Ethmoid (NOE)	3 points
Zygomatico Maxillary Complex (ZMC)	1 point
Nasal	1 point
Upper face	
Orbital roof/rim	1 point
Displaced frontal sinus/bone fractures	5 points
Non-displaced fractures	1 point
Facial laceration	
Over 10 cm long	1 point

NOTE. The FISS is the summation of the above points in an individual patient.

Bagheri et al. FISS in Craniomaxillofacial Trauma. J Oral Maxillofac Surg 2006.

Abbildung 7: Einteilung nach FISS (29)

In der obigen Tabelle (Abbildung 7) wird das Gesicht in drei anatomische Regionen unterteilt. Unterkiefer, Mittelgesicht und Obergesicht. Zusätzlich wird das Vorhandensein von Fissuren mit einer Länge von mehr als 10 cm erfasst. Der FISS ist der numerische Wert der Summe aller in der Tabelle aufgeführten Punkte eines Patienten bzw. einer Patientin. Der FISS zeigte bei der Entwicklung der Studie nach Bagheri et al. auch, dass die Kosten für das Krankenhaus signifikant höher sind, je höher der numerische Wert ist, da dies auch längere Krankenhausaufenthalte impliziert. Dieser Aspekt wird in unserer Studie jedoch nicht berücksichtigt. Der Facial Injury Severity Score dient als Forschungsinstrument zum Vergleich und zur

Analyse von PatientInnengruppen mit Verletzungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich und ist kein Prädiktor für das Ergebnis eines geplanten chirurgischen Eingriffs. Der FISS erlaubt daher keine Aussage über die Wahrscheinlichkeit eines schlechteren ästhetischen oder funktionellen Ergebnisses. (29)

3 Ergebnisse

3.1 Traumamechanismus aller stationären PatientInnen

Ursache_grob	2018	2019	2020	2021	2022	gesamt
Sturz, nnbz.	80	80	60	56	38	314
Raufhandel	48	50	28	26	39	191
Sportunfall	43	31	23	29	28	154
Fahrradsturz	29	25	19	29	18	120
Verkehrsunfall	18	22	18	24	32	114
MetallEx	29	28	8	8	2	75
Sonstiges, nnbz.	3	1	2	2	39	47
Arbeitsunfall	13	9		2	2	26
Fremdverschulden, nnbz.		1	3	4	14	22
Moped/Motorrad	6	5	3	1	4	19
Pathologische Fraktur	1	9		2	3	15
Stumpfes Trauma, nnbz.		7	3	2	1	13
Epilepsie	2	5	1	1		9
Heimwerken	6	3				9
Synkope		2	2	5		9
E-Scooter	1		1	1	5	8
Aufpralltrauma, nnbz.	7					7
St. P. EX				3	4	7
Forstunfall	4	1		1		6
Suizidversuch	2	1		1	1	5
Ballsportunfall	2		1			3
E-Bike				1	2	3
Hausarbeit	3					3
Schussverletzung	1	1		1		3
FESS Korrektur		2				2
Fremdkörper					2	2
Kollaps		2				2
Osteoradionekrose				2		2
Wanderunfall	2					2
BeckenkammTX nach UK Fraktur	1					1
Doppelbilder				1		1
Explosion			1			1
Fenstersturz			1			1
Feuerwerkskörper					1	1
Fistel nach Fraktur	1					1
Herniation			1			1
Metastase			1			1
Narkosesarnierung	1					1
Nasenkorrektur posttraum	1					1
operative Verletzung			1			1
OSME nach Trauma				1		1
Osteomyelitis				1		1
Rasenmärobotersturz			1			1
Schwellung			1			1
Spielunfall			1			1
Treppensturz					1	1
Tumor			1			1
ZahnEx-UK Fraktur			1			1
Gesamtergebnis	304	285	182	204	236	1211

Tabelle 1: Numerische Datenauswertung nach Traumamechanismus

Von allen eingeschlossenen PatientInnen, die im Zeitraum vom 01.01.2018 bis 15.11.2022 stationär an der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des LKH Graz vorstellig wurden, ergab sich eine Fallzahl von 1211 PatientInnen. Die in der obigen Tabelle dargestellten Verletzungsmuster wurden aus der Dokumentation der Krankengeschichte der Patientinnen und Patienten abgeleitet. Die häufigste Ursache einer stationären Aufnahme ist ein Sturzgeschehen (314 PatientInnen). Auf Basis der Einzelanamnese wurde von den erstversorgenden ÄrztInnen „Sturz“ dokumentiert, die genaue Ursache, wie z.B. ein möglicher „Sturz über die Gehsteigkante“, wurde jedoch nicht näher spezifiziert. Der zweithäufigste Traumamechanismus ist Raufhandel (191 PatientInnen). Allerdings wurde in der Dokumentation nicht systematisch nach Alkohol- oder Drogenkonsum gefragt, weshalb eine weitere Unterteilung nach Raufhandel unter Alkohol- oder Drogeneinfluss nicht möglich war. Auf Platz drei der Hauptgründe für einen stationären Aufenthalt steht mit 149 PatientInnen der Sportunfall. In dieser Kategorie wurden verschiedene Sportverletzungen zusammengefasst, wenn in der Deklaration dezidiert „Ballsportunfall“ stand, wurde dieser in einer eigenen Kategorie angeführt (siehe Tabelle 1).

Der vierthäufigste Traumamechanismus war mit 120 PatientInnen ein Fahrradsturz, dicht gefolgt von einem Verkehrsunfall (114 PatientInnen). Der Begriff „Verkehrsunfall“ bezieht sich auf Unfälle, die sich im Zusammenhang mit einem Pkw, Lkw oder einem öffentlichen Verkehrsmittel ereignet haben. Unfälle mit dem Fahrrad, Hoverborad oder elektronischen Fortbewegungsmitteln wie E-Bike oder E-Scooter werden in einer eigenen Kategorie gesondert ausgewiesen. Weitere Gründe für einen stationären Aufenthalt können der obigen Tabelle 1 entnommen werden. Die Bezeichnung MetallEx impliziert einen stationären Aufenthalt aufgrund der operativen Entfernung von metallischen Strukturen wie Schrauben oder Platten, die entsprechend der jeweiligen Indikation nicht belassen werden konnten und aufgrund ihrer anatomischen Lage unter Narkose entfernt werden mussten.

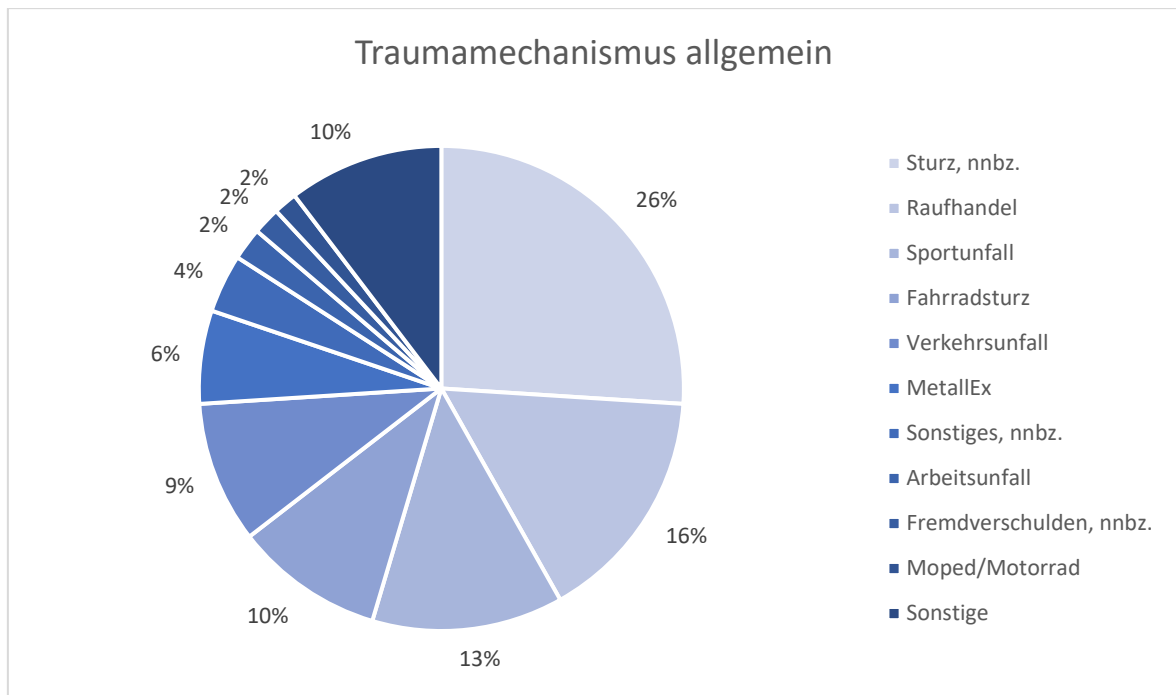


Abbildung 8: Grafische Darstellung der Traumamechanismen

In Abbildung 8 ist die detaillierte Gesamtverteilung der Traumamechanismen grafisch dargestellt. Es ist ersichtlich, dass Stürze mehr als ein Viertel der stationären Krankenhausaufenthalte ausmachen. Auch der geringe Unterschied zwischen Fahrradstürzen (10%) und Verkehrsunfällen (9%) wird hier deutlich.

In der Kategorie „Sonstiges, nnbz.“ wurden Traumamechanismen einbezogen, die in den analysierten Jahren nur einmal auftraten. Dazu gehörten z.B. ein Unfall mit einem Rasenmäroboter, ein Unfall beim Spielen, ein Fenstersturz oder eine Fraktur nach einer Zahnextraktion. Auch diese PatientInnen wurden aufgrund der Schwere stationär behandelt.

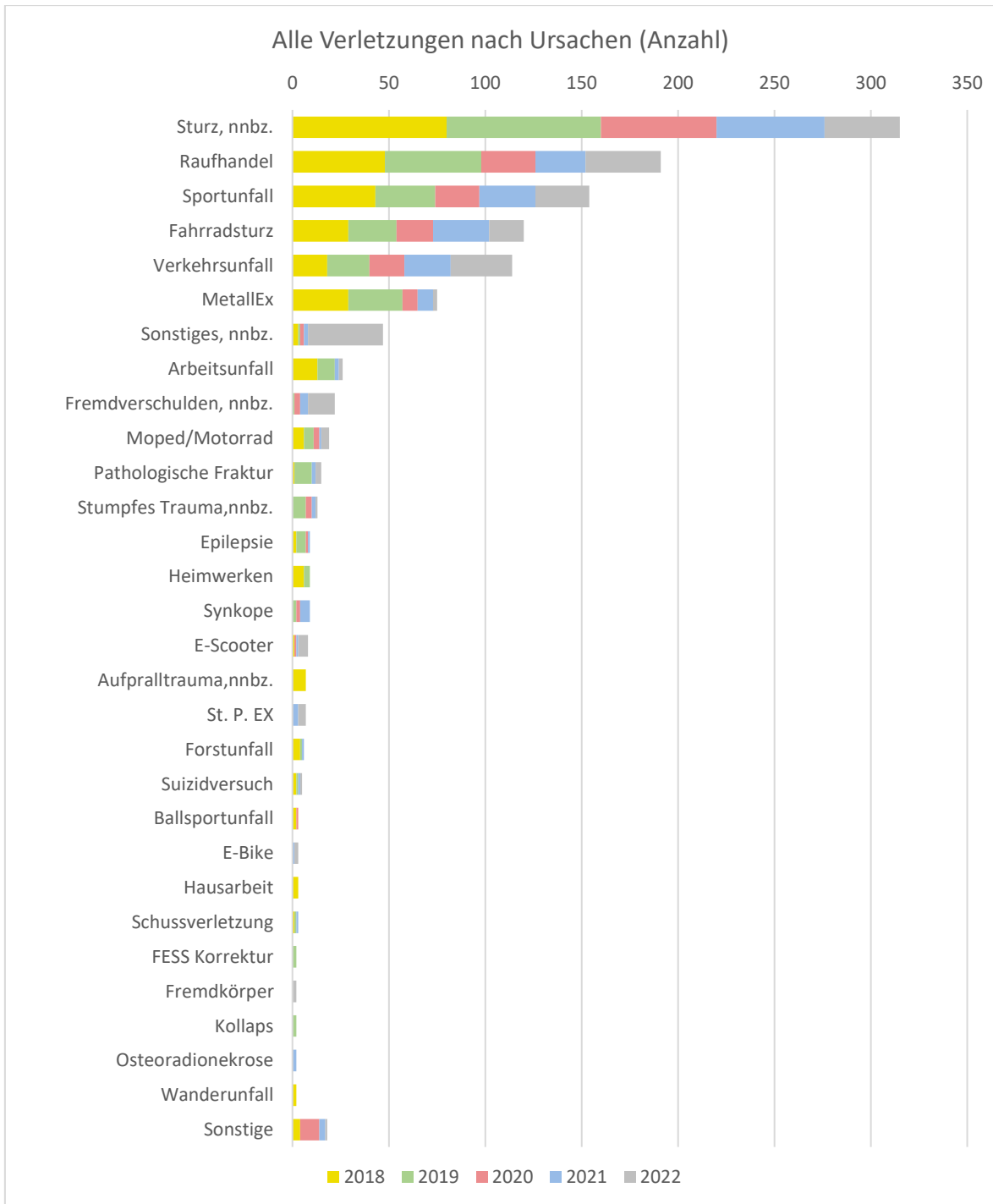


Abbildung 9: Traumamechanismen grafisch in Jahren dargestellt

Zusätzlich wurde die Verteilung der Häufigkeiten innerhalb der Aufnahmejahre analysiert. In den Jahren 2020 (rote Markierung) und 2021 (blaue Markierung) waren deutlich weniger PatientInnen in stationärer Behandlung als in den Vorjahren, unabhängig vom Traumamechanismus.

Jahr	Anzahl
2018	304
2019	285
2020	182
2021	204
2022	236
gesamt	1211

Tabelle 2: Unterschied innerhalb der Aufnahmejahre

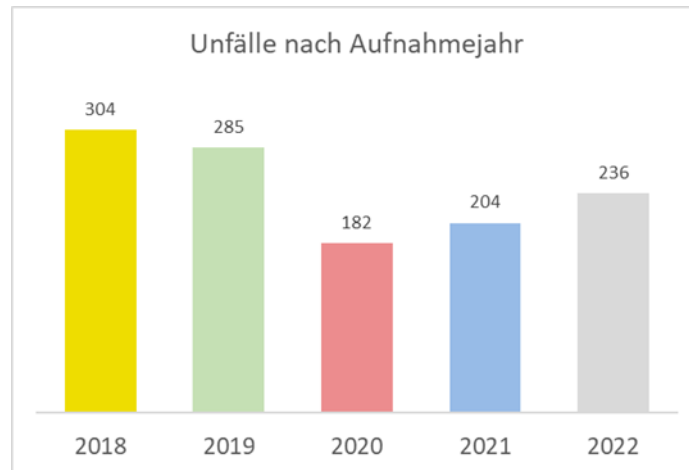


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Unfälle nach Aufnahmejahr

Die genaue Auflistung der aufgenommenen PatientInnen ist in Tabelle 2 und Abbildung 10 ersichtlich. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich im Jahr 2020. Hier waren nur rund 182 PatientInnen stationär auf der MKG des LKH Graz in Behandlung. Weiters war auch im darauffolgenden Jahr ein deutlicher Rückgang mit rund 204 stationären PatientInnen zu sehen. Der Mittelwert liegt bei $n = 242,2$.

3.2 Altersverteilung und Geschlechtsverteilung

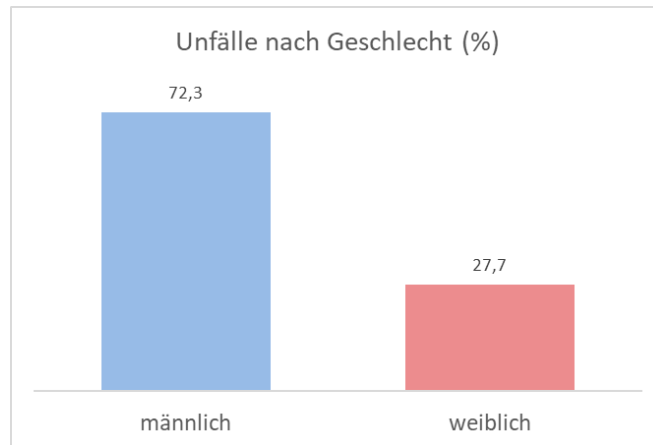


Abbildung 11: Geschlechterverteilung

Geschlecht	Anzahl	%	Alter (Mittelwert
			Standardabweichung)
männlich	876	72,3	40,2 (± 19,3)
weiblich	335	27,7	54,6 (± 23,4)
gesamt	1211		44,1 (± 21,5)

Tabelle 3: Altersverteilung

Abb. 11 zeigt die Geschlechterverteilung. Mit 72,3% waren deutlich mehr Männer als Frauen verletzt. In Tabelle 3 wird ersichtlich, dass von den insgesamt 1211 vorstellig gewordenen PatientInnen rund 876 Männer und im Vergleich dazu 335 Frauen waren. Die Verteilung ist also in etwa 3:1. Zusätzlich ist in Tabelle 3 die Altersverteilung dargestellt. Bei einem mittleren Alter von $40,02 \pm 19,3$ Jahren bei den Männern und $54,6 \pm 23,4$ Jahren bei den Frauen lag der Gesamtmittelwert bei $44,1 \pm 21,5$ Jahren.

3.3 Sportverletzungen

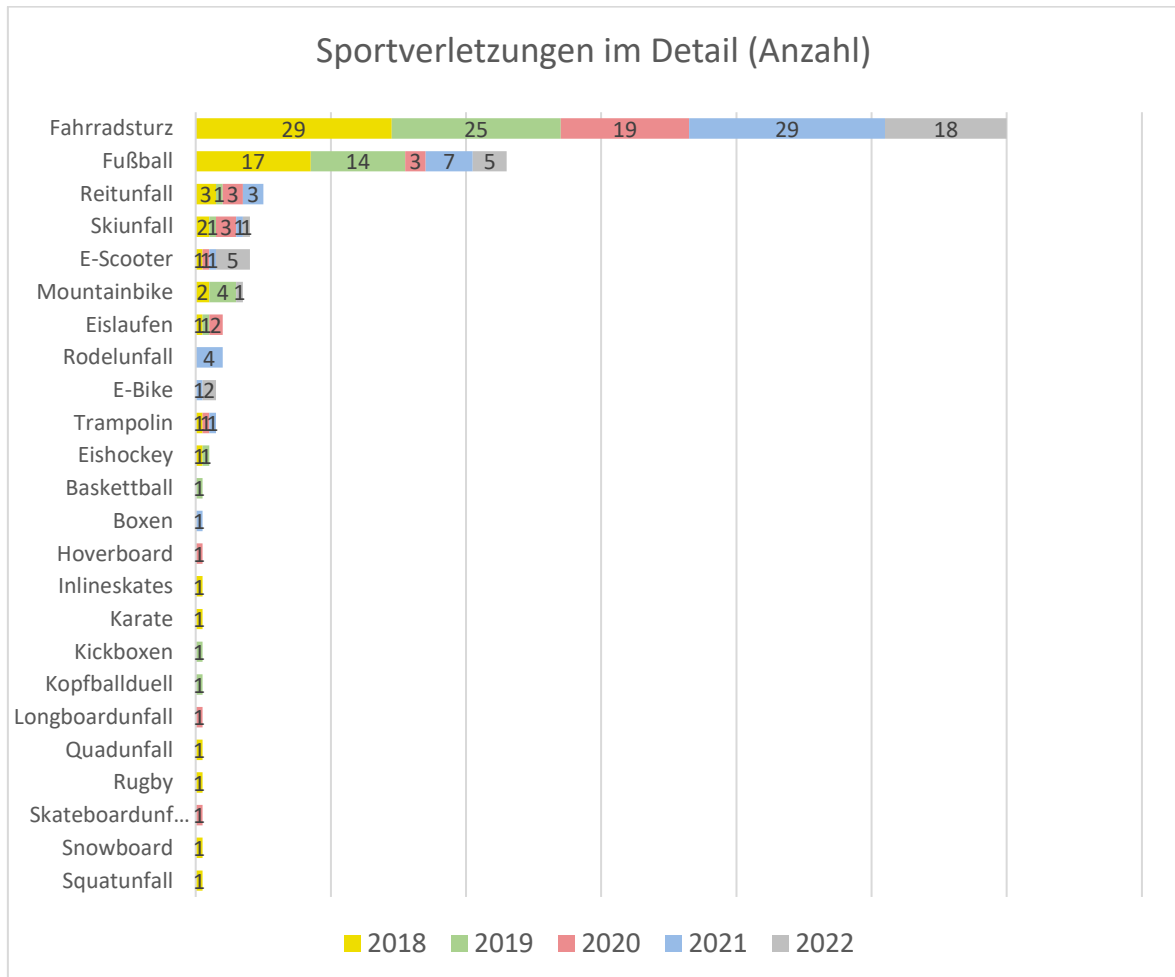


Abbildung 12: Sportverletzungen grafisch dargestellt

In Abbildung 12 sind die Sportverletzungen näher aufgeschlüsselt. Die häufigste Sportverletzung tritt beim Radfahren auf. An zweiter Stelle der Sportverletzungen stehen Verletzungen beim Fußballspielen. Hier zeigt sich auch, dass in den Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu den Vorjahren signifikant weniger PatientInnen aufgrund einer Fußballverletzung stationär behandelt wurden. Reitunfälle waren der dritthäufigste Grund, weshalb PatientInnen stationär auf der MKG im LKH Graz in Behandlung waren. Hier gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. In der unteren Hälfte der Tabelle sind zusätzliche Sportarten angeführt, wobei die Anzahl der Patientinnen und Patienten, auf die diese

Sportarten zurückzuführen sind, lediglich eine Person beträgt. Beispiele hierfür sind die Sportarten Boxen, Kickboxen, Inlineskaten, Kopfballduell oder Snowboarden.

Die Kategorien Fahrradsturz bzw. E-Bike- oder E-Scooter-Unfälle wurden in dieser Abbildung nicht zusammengezählt. Die Erstversorgenden ÄrztInnen auf der Abteilung für MKG im LKH Graz haben bei lediglich zwölf PatientInnen einen E-Bike-Unfall und acht PatientInnen einen E-Scooter-Unfall anamnestisch dokumentiert. Bei rund 120 weiteren PatientInnen wurde ein klassischer Fahrradsturz dokumentiert, wobei nicht dezidiert nach dem genauen Fortbewegungsmittel (E-Bike oder normales Fahrrad) gefragt wurde. Infolge dieser Erkenntnis wurde in Abbildung 12 eine geringere Anzahl an E-Bike- bzw. E-Scooter-Unfällen dokumentiert als in den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen.

3.4 Vergleich E-Mobilitätsunfälle mit normalen Fahrradunfällen

Gruppe	Anzahl	%
E-Mobilität	27	20,5
Fahrrad	105	79,5
gesamt	132	100,0

Tabelle 4: Anzahl E-Mobilität vs. Fahrrad

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden insgesamt 132 Fahrradunfälle statistisch erfasst. Von den erfassten Fahrradunfällen wurden 105 mit einem herkömmlichen, durch Muskelkraft betriebenen Fahrrad und 27 mit einem E-Mobilitäts-Fortbewegungsmittel registriert. Dies entspricht einem prozentuellen Anteil von rund 20,5% aller eingeschlossenen Fahrradstürze mit stationärer Nachbetreuung auf der MKG des LKH Graz von 01.01.2018 bis 15.11.2022.

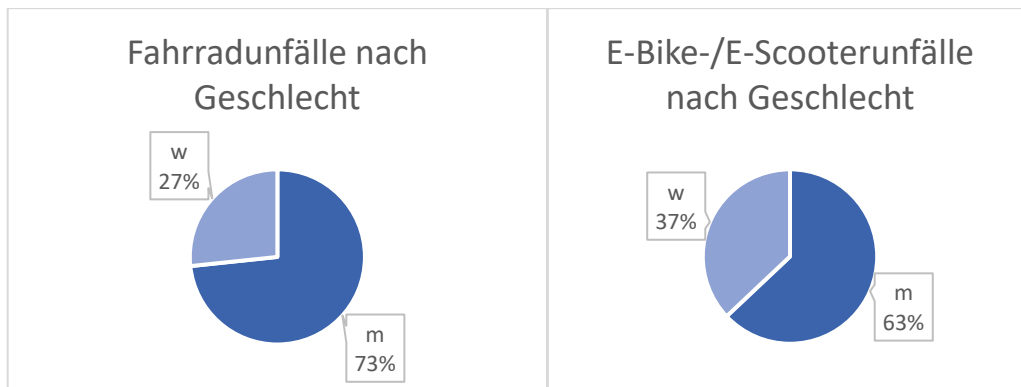


Abbildung 13: Geschlechterunterschiede

Wie aus den obigen Kreisdiagrammen (Abbildung 13) ersichtlich wird, zeigt sich die Verteilung der Fahrradverunfallten nach Geschlecht wie folgt: 27% der PatientInnen sind weiblich, 73% sind männlich. Im Vergleich dazu zeigt sich, dass rund zehn Prozent mehr Frauen, nämlich 37%, nach einem E-Bike- oder E-Scooter-Unfall stationär behandelt werden mussten. Innerhalb der betrachteten PatientInnen-Kategorie stellten Männer mit einem Anteil von rund 63% die größte Gruppe dar.

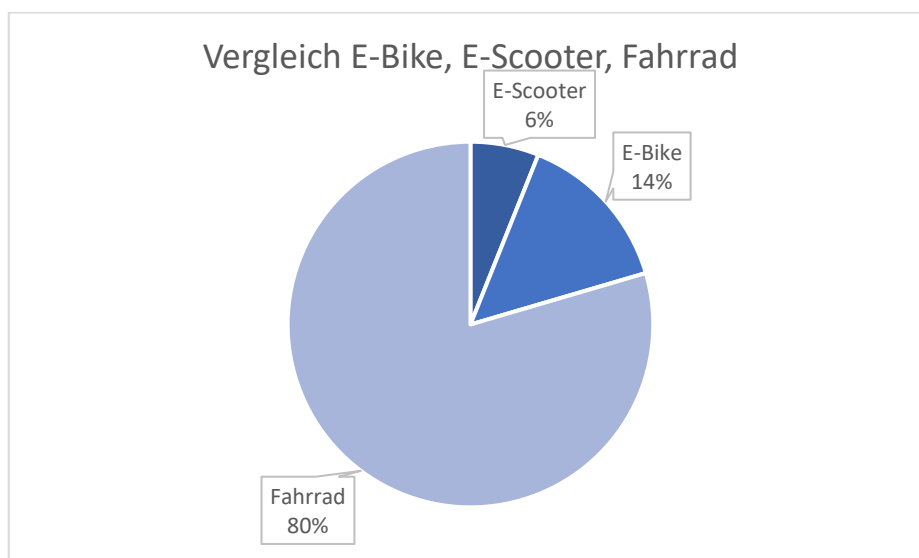


Abbildung 14: Vergleich E-Bike, E-Scooter und Fahrrad

Im Rahmen eines Gesamtvergleichs lässt sich feststellen, dass sich 80% der verunfallten und verglichenen VerkehrsteilnehmerInnen für das Fahrrad entschieden, während 14% auf ein E-Bike setzten und lediglich 6% einen E-Scooter nutzten.

Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Stabw.
E-Mobilität	27	16	81	53,56	15,34
Fahrrad	105	15	84	48,70	17,37

Tabelle 5: Altersunterschied

Der Altersunterschied zwischen den E-Mobilitäts-NutzerInnen und den Fahrradfahrerinnen und Fahrradfahrern war nahezu ausgeglichen. Der jüngste Patient, der aufgrund eines Fahrradsturzes in stationärer Behandlung war, war 15 Jahre alt. Der jüngste Patient in der Gruppe der E-Mobilitäts-NutzerInnen war zum Zeitpunkt seines Unfalls 16 Jahre alt. Der älteste Patient bzw. die älteste Patientin in dieser Gruppe war 81 Jahre bzw. bei den FahrradfahrerInnen 84 Jahre alt. Des Weiteren wurde ein Mittelwert von 48,7 Jahren mit einer Standardabweichung von 17,37 Jahren bei den Fahrrad-NutzerInnen ermittelt. Demgegenüber steht der Mittelwert von 53,56 Jahren bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen, wobei die Standardabweichung 48,7 Jahre beträgt.

Der T-Test ergab in dieser Gegenüberstellung mit einem p-Wert von 0,187 keinen signifikanten Unterschied.

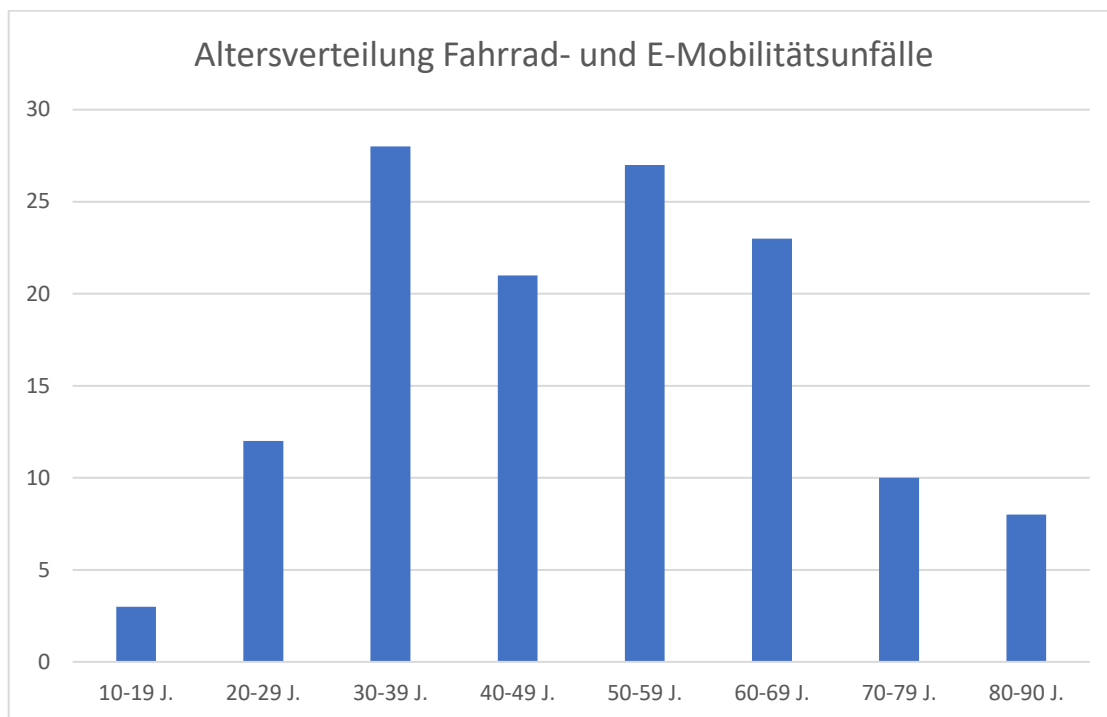


Abbildung 15: detaillierte Altersverteilung

Die detaillierte Altersverteilung in Abbildung 15 zeigt, dass die Patientinnen und Patienten, die nach einem Fahrrad- oder E-Mobilitätsunfall stationär im an der MKG-Chirurgie des LKH Graz behandelt wurden, am häufigsten in einem Alter zwischen 30 und 39 Jahren waren. Innerhalb des gewählten Zeitraums wurden Patientinnen und Patienten zwischen 50 und 59 Jahren am zweithäufigsten nach dieser Unfallsart behandelt. Des Weiteren ist ersichtlich, dass auch Personen über 80 Jahren aufgrund eines Fahrrad- oder E-Mobilitätsunfalls stationär behandelt wurden. Weniger als fünf Personen haben zum Zeitpunkt der stationären Vorstellung am LKH Graz 20. Lebensjahr noch nicht vollendet.

Jahr	E-Mobilität	Fahrrad
2018	1	30
2019	4	22
2020	4	15
2021	7	24
2022	11	14
gesamt	27	105

Tabelle 6: Aufnahmejahre

Anhand der Aufnahmejahre (Tabelle 6), fällt auf, dass 2020 und 2022 weniger PatientInnen aufgrund eines Fahrradunfalles stationär versorgt wurden. Im Jahr 2022 hingegen, ist die Anzahl der verunfallten und stationär behandelten E-Mobilitäts-NutzerInnen gestiegen.

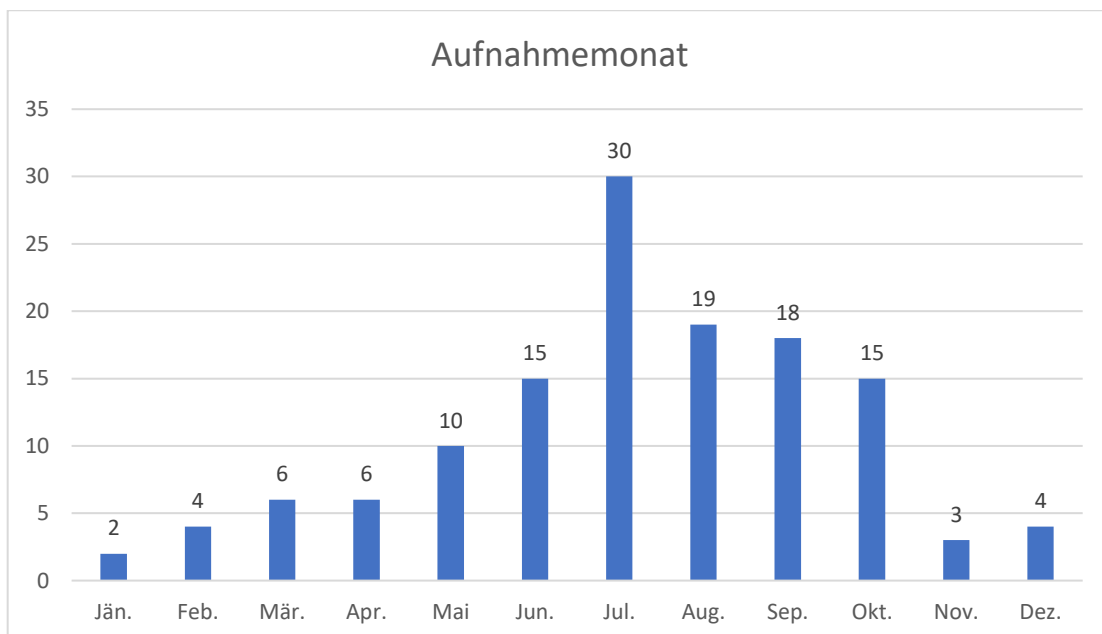


Abbildung 16: Aufnahmemonat

Abbildung 16 veranschaulicht, dass die meisten stationären Aufnahmen im Juli durchgeführt wurden. Die geringste Anzahl an Unfällen mit einem E-Mobilitätsfahrzeug oder einem Fahrrad wurde im Monat Jänner mit nur zwei PatientInnen registriert.

Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Stabw.
E-Mobilität	27	1	12	5,33	3,00
Fahrrad	105	0	28	5,68	4,72

Tabelle 7: Aufenthaltsdauer

Im Mittel waren die Patientinnen und Patienten in der Gruppe der Fahrradfahrerinnen und Fahrradfahrer 5,68 Tage in stationärer Behandlung. In einem Vergleich mit den E-MobilitätsnutzerInnen zeigt sich, dass diese im Mittel 5,33 Tage auf der MKG des LKH Graz versorgt wurden. Die Standardabweichung belief sich bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen auf 3,00 Tage, während sie bei den FahrradfahrerInnen 4,72 Tage betrug. Die maximale Aufenthaltsdauer in der Gruppe der FahrradfahrerInnen betrug 28 Tage, während in der Gruppe der E-MobilitätsnutzerInnen kein Patient länger als einen Tag stationär aufgenommen wurde. Demgegenüber betrug die längste Verweildauer bei den E-MobilitätsnutzerInnen zwölf Tage, während die kürzeste Verweildauer einen Tag betrug.

Der Mann-Whitney-U-Test, durchgeführt im Rahmen dieses Vergleichs, ergab mit einem p-Wert von 0,874 keinen signifikanten Unterschied.

3.4.1 Hauptzielgröße FISS

Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Stabw.	Median
E-Mobilität	27	1	6	2,78	1,67	2,5
Fahrrad	104	1	7	2,19	1,32	2,0

Tabelle 8: Hauptzielgröße FISS

Die Auswertung der Hauptzielgröße, dem Facial Injury Severity Score, ergab, dass der maximale Score bei den FahrradfahrerInnen bei sieben lag. Im Vergleich dazu lag der maximale FISS bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen bei sechs. Der minimale Wert wurde bei beiden Gruppen bei eins festgestellt. Die Mittelwerte ergaben bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen einen Score von 2,78 und bei den FahrradfahrerInnen einen Score von 2,19. Der Median lag bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen bei 2,5, die Standardabweichung bei 1,67. Im Vergleich zu den FahrradfahrerInnen ergab der Median einen Score von 2,0 und die Standardabweichung 1,32 des FISS.

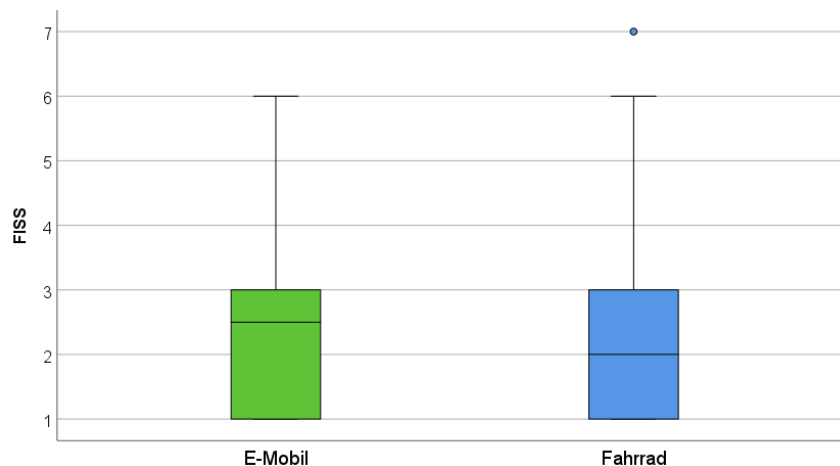


Abbildung 17: Boxplot FISS

Abbildung 17 verdeutlicht, dass die Werte des FISS bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen lediglich geringfügig höher sind. Dies wird auch im Boxplot ersichtlich. Der Mann-Whitney U-Test, durchgeführt mit einem p-Wert von 0,102, ergab keinen signifikanten Unterschied bei FISS.

3.4.2 Weitere Vergleichsparameter

	E-Mobil				Fahrrad			
	ja		nein		ja		nein	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Weichteilverletzungen	16	59,3	9	33,3	72	68,6	32	30,5
Hypästhesie Posttherapeutisch	15	55,6	12	44,4	31	29,5	73	69,5
Hypästhesie Präoperativ	9	33,3	18	66,7	20	19,0	84	80,0
Okklusion habituell am Unfalltag	20	74,1	7	25,9	78	74,3	25	23,8
Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel	6	22,2	21	77,8	12	11,4	92	87,6
Mehrfachfrakturen	19	70,4	8	29,6	53	50,5	51	48,6
Zahntrauma	6	22,2	21	77,8	21	20,0	83	79,0

Tabelle 9: Übrige Verletzungsparameter

In Tabelle 9 wurden die numerischen und prozentuellen Häufigkeiten der weiteren ausgewerteten Parameter dargestellt. Weichteilverletzungen, definiert als Verletzungen an Lippen, Wangen oder anderen Gesichtspartien, wurden in der Gruppe der E-Mobilitäts-NutzerInnen mit einer Prävalenz von 59,3% beobachtet. Im Vergleich dazu betrug die Quote bei den FahrradfahrerInnen 68,6%, die eine Weichteilverletzung erlitten haben.

Bei den Hypästhesien, die erst posttherapeutisch auftraten, zeigt sich nach dem exakten Test nach Fisher mit einem p-Wert von 0,013 ein signifikanter Gruppenunterschied. In der Gruppe der E-Mobilitäts-NutzerInnen waren 55,6% von einem Sensibilitätsmissempfinden nach einer therapeutischen Maßnahme betroffen. Die am häufigsten durchgeführte Therapie war ein operativer Eingriff, der eine stationäre Behandlung der Patientinnen und Patienten erforderlich machte. 29,5% der FahrradfahrerInnen gaben posttherapeutisch eine Hypästhesie an. Das präoperative Missempfinden trat bei den E-Mobilitäts-NutzerInnen mit einer

Häufigkeit von 33,3% und bei den FahrradfahrerInnen mit einer Häufigkeit von 19,0% auf.

Bei der Testung der Okklusion am Unfalltag konnte eine nahezu identische Prozentzahl festgestellt werden. Bei 74,1% der Patientinnen und Patienten in der E-Mobilitätsgruppe im Vergleich zu 74,3% der Patientinnen und Patienten in der Fahrradgruppe war die Okklusion am Unfalltag habituell. In der Kategorie der Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel, die in den ambulanten Dekurseinträgen auch oftmals unter „Commotio-Symptomatik“ angegeben wurde, manifestierten sich diese Beschwerden bei 22,2% der PatientInnen mit E-Mobilitäts-Nutzung. Im Vergleich dazu lag die Prävalenz bei den FahrradfahrerInnen bei 11,4%.

Mehrfachfrakturen, im Sinne von mehreren Frakturen im Gesichts- und Kopfbereich, waren bei 70,4% der E-Mobilitäts-NutzerInnen gehäuft. Bei 50,5% der PatientInnen in der Gruppe der FahrradfahrerInnen ebenfalls. Zahntraumen haben 22,2% der PatientInnen in der E-Mobilitätsgruppe, und 20,0% die PatientInnen in der Fahrradgruppe erlitten.

Zur bessern Veranschaulichung der einzelnen Parameter sind diese in Abbildung 18 grafisch aufbereitet.

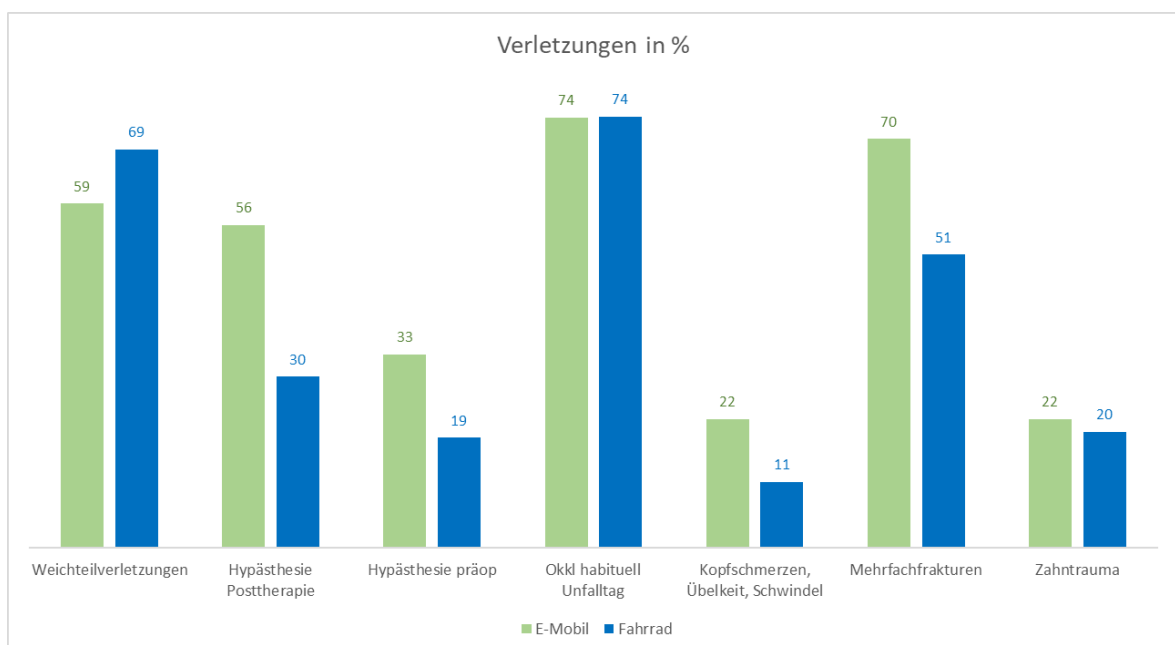


Abbildung 18: Verletzungsparameter

3.5 Zahntraumen im Überblick

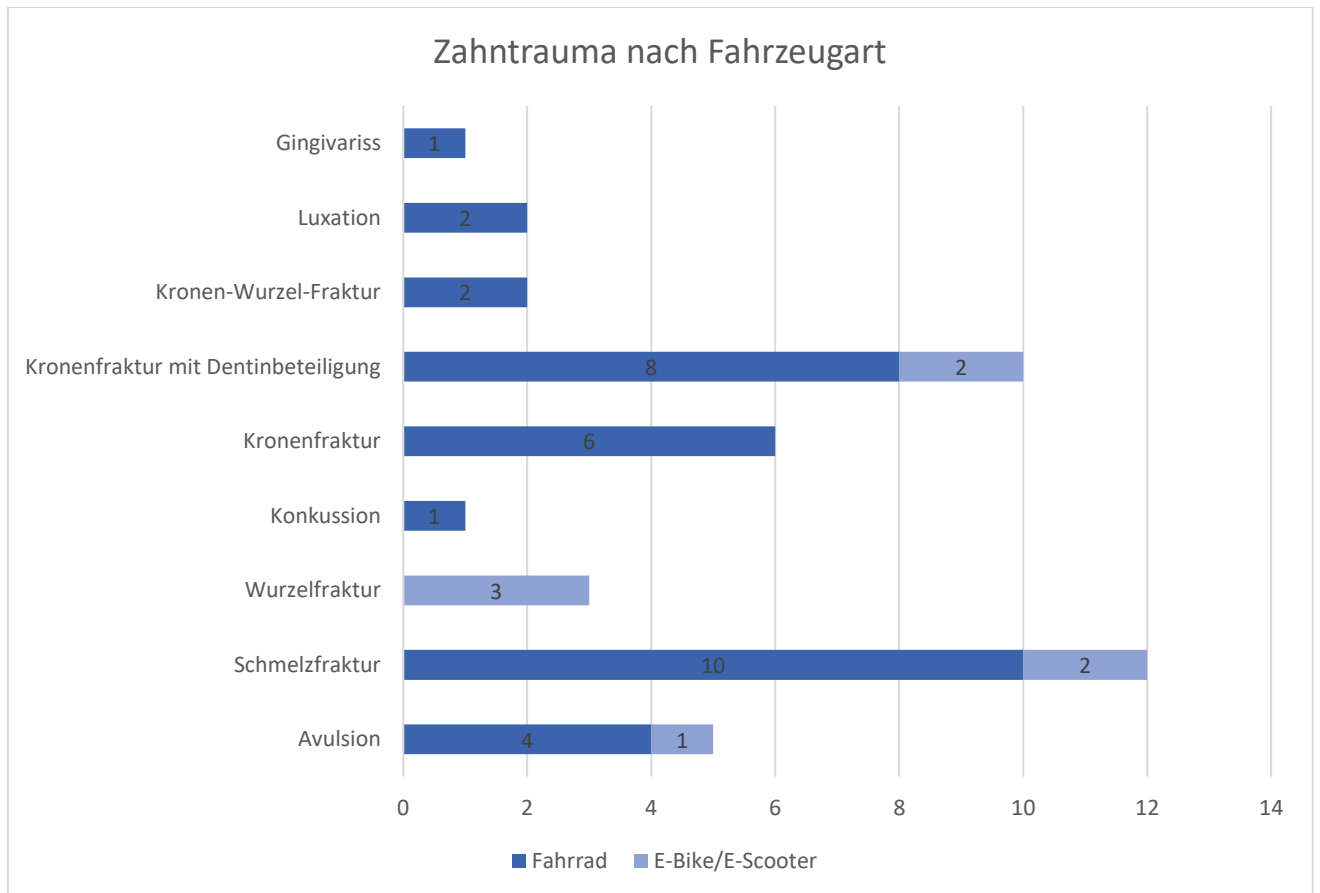


Abbildung 19: Zahntraumen bei UnfallpatientInnen

In Abbildung 19 werden die bei den stationär versorgten PatientInnen aufgetretenen Zahntraumen dargestellt. Die häufigste Diagnose war die Schmelzfraktur, die bei zwölf PatientInnen festgestellt wurde. Zehn von ihnen erlitten das Schmelztrauma aufgrund eines Fahrradsturzes, während nur zwei Personen aufgrund eines Unfalles mit einem E-Mobilitätsfahrzeug betroffen waren. Eine weitere relevante Diagnose war die Kronenfraktur mit Dentinbeteiligung, die am zweithäufigsten vermerkt wurde. Auch hier wurde bei acht PatientInnen der Unfallhergang mit einem herkömmlichen Fahrrad und bei zwei PatientInnen mit einem E-Mobilitätsfahrzeug dokumentiert. Bei rund sechs PatientInnen, die mit einem Fahrrad verunfallt sind, wurde eine Kronenfraktur diagnostiziert. In vier Fällen wurde eine Avulsion aufgrund eines Fahrradsturzes diagnostiziert. In einem Fall wurde eine Avulsion aufgrund eines E-Mobilitätsunfalls dokumentiert. Bei drei PatientInnen, die allesamt nach einem E-Mobilitätsunfall eingeliefert wurden, konnte eine Wurzelfraktur diagnostiziert werden. Bei zwei Personen, die mit einem Fahrrad verunfallt sind,

wurde eine Luxation bzw. eine Kronen-Wurzel-Fraktur diagnostiziert. Des Weiteren wurde bei einer Person ein Gingivaeinriss diagnostiziert, während bei einer weiteren Person eine Konkussion dokumentiert wurde.

4 Diskussion

4.1 Beurteilung der Ergebnisse

Im vergangenen Jahr wurden in Österreich rund 11.100 Patientinnen und Patienten in Spitälern behandelt, die aufgrund eines Unfalls mit einem E-Bike verletzt wurden. 19 Menschen sind verstorben. Gemäß Hochrechnungen des Kuratoriums für Verkehrssicherheit wurden 11% der Patientinnen und Patienten am Kopf verwundet. Rund 7% dieser erlitten eine Schädel-Hirn-Verletzung. (6)

Im Rahmen einer vergleichenden Analyse diverser Studien konnte festgestellt werden, dass bei Stürzen mit einem E-Scooter insbesondere der Kopf sowie die oberen und unteren Extremitäten einer erhöhten Verletzungsgefahr ausgesetzt sind, während Verletzungen des Brustkorbs und des Unterleibs seltener auftreten. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Angaben zum Schweregrad bei Unfällen mit E-Scootern uneinheitlich sind. Der mittlere Verletzungsschweregrad (ISS) wurde in sieben Studien angegeben, anschließend verglichen und reichte von 1,0 bis 5,5. Die obere und mittlere Gesichtsregion sowie die Augenhöhle sind besonders anfällig für craniofaziale Verletzungen. Zudem wurden Zahnverletzungen untersucht. (30)

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird die Forschungsfrage „Welche Auswirkung hat der Einsatz von E-Mobilität und persönlichen Mobilitätshilfen auf Verletzungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich innerhalb der letzten fünf Jahre?“ sowie die Hypothese „Der Einsatz von E-Mobilitäts-Fahrzeugen erhöht den Schweregrad von Verletzungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich“ beleuchtet. Im Folgenden werden die separaten Teilgebiete einzeln erörtert.

4.1.1 PatientInnenbezogene Faktoren

4.1.1.1 Geschlechterverteilung

Im Vergleich zu internationalen Studien von Meyer et al. aus dem Jahr 2023 oder der Studie von Cha Sow King aus dem Jahr 2020 zeigt sich, dass der Anteil der männlichen E-Mobilitäts-Nutzer in unserer Studiengruppe mit 63% ebenfalls signifikant höher ist. (4), (31) In der vorliegenden Studie belief sich der Anteil der E-Mobilitäts-Fahrerinnen auf 37%. Im Unterschied zur Vergleichsgruppe der Fahrradfahrerinnen waren nur 27% Frauen. Dies lässt den Schluss zu, dass Frauen häufiger zu E-Bikes greifen als zu normalen Fahrrädern. Diese Feststellung wird auch in einer Studie von Van Cauwenberg et al. aus dem Jahr 2018 aufgezeigt. (32) Diese Erkenntnis ist erstaunlich, da Frauen im Vergleich zu Männern eine geringere Muskelkraft aufweisen (33), vermehrt zur körperlichen Inaktivität neigen (34) und somit mit der Nutzung von E-Bikes körperlich fitter und in Bewegung bleiben. Eine weitere Studie berichtet, dass Frauen öfter ein E-Bike nutzen, um mit ihrem oftmals fitteren Ehemann, der mit einem herkömmlichen Fahrrad fährt, mithalten zu können. (35)

4.1.1.2 E-Bike vs. E-Scooter vs. Fahrrad

Im Rahmen dieser Studie wurde eine vergleichende Analyse von E-Bike-, E-Scooter- und Fahrradunfällen durchgeführt, da ein solcher Vergleich in der Literatur bislang nur selten vorgenommen wurde. (36) Trotz der Markteinführung der Ridesharing-Elektroscooter im Jahr 2017 und dem weltweiten Anstieg von E-Scooter-Sharing-Diensten (37) wurden bisher in Graz noch keine entsprechenden Dienste angeboten. Diese Erkenntnis korreliert auch mit der statistischen Auswertung, da lediglich nur 6% der stationären Patientinnen und Patienten E-Scooter-Fahrerinnen und -Fahrer sind. Die Mehrheit der Studien-PatientInnen (80%) ist fährt Fahrrad, während 14% E-Bike-FahrerInnen sind.

4.1.1.3 Altersverteilung

Die vorliegende Erhebung ergab, dass das mittlere Alter der Nutzerinnen und Nutzer von E-Mobilität 53,6 Jahre beträgt. Im Kontrast dazu, lässt sich feststellen: Das Durchschnittsalter der Fahrradfahrerinnen und Fahrradfahrer ohne E-Bikes lag bei 48,7 Jahren. In der Studie von Grill et al. aus dem Jahr 2022 wurde ein mittleres Alter von FahrradfahrerInnen von 47,3 Jahren ermittelt. In der Kohorte der E-Scooter-NutzerInnen lag das mittlere Alter bei 33,2 Jahren. (38) In einer weiteren Studie von Osti et al. aus dem Jahr 2023 waren 87% der PatientInnen, die einen E-Scooter, ein E-Bike oder ein Fahrrad genutzt hatten, in der Altersgruppe von 18 bis 50 Jahren. (39) Erwähnenswert ist, dass in der vorliegenden Arbeit sowohl die Kohorte der E-Scooter-FahrerInnen als auch die der FahrradfahrerInnen jeweils zwei Peaks in der Altersverteilung aufweisen. Die höchste Unfallrate wurde in der Altersgruppe zwischen 30 und 39 Jahren, sowie zwischen 50 und 59 Jahren beobachtet. In diesen Altersgruppen ereigneten sich die meisten Unfälle mit einem elektrisch betriebenen Fahrrad, einem E-Scooter oder einem herkömmlichen Fahrrad.

4.1.1.4 Aufnahmejahre

Die Analyse der Aufnahmejahre zeigt, dass die stationären Aufenthalte der eingeschlossenen Kohorten im Jahr 2020 im Vergleich zu den Vorjahren gesunken sind. Dieser Rückgang könnte auf die Einschränkungen im Zusammenhang mit der Verbreitung des Virus (COVID) zurückzuführen sein. Diese Beobachtung deckt sich mit den Resultaten anderer Studien. (4), (30), (38), (39)

4.1.1.5 Aufnahmemonat

Im Verlauf der fünf Jahre wurde im Monat Juli die höchste Anzahl an Patientinnen und Patienten aufgrund eines E-Mobilitäts- oder Fahrradunfalls vorstellig. Die Ergebnisse der Studie aus München zeigen, dass der Peak der E-Scooter-Verletzten im September, der der E-Bike-FahrerInnen im Oktober und der der FahrradfahrerInnen im Mai lag. (4) Auch eine Vergleichsstudie aus Manhattan ergab, dass im Jahr 2021 der größte Peak im Aufnahmemonat Juni lag. (39) Bei einer Studie von Grill et al. hingegen zeigte sich, dass E-Scooter-FahrerInnen gehäuft im Februar und Oktober stürzen. (38)

4.1.1.6 Aufenthaltsdauer

Die durchschnittliche Krankenhaus-Aufenthaltsdauer war bei beiden Kohorten der vorliegenden Studie annähernd identisch. Die mittlere Verweildauer der PatientInnen der E-Mobilitätsgruppe betrug 5,3 Tage mit einer Standardabweichung von 3 Tagen. Die PatientInnen der Vergleichsgruppe der FahrradfahrerInnen waren im Mittelwert 5,7 Tage in stationärer Behandlung. Die Standardabweichung beträgt in diesem Fall 4,7 Tage. Diese Ergebnisse weichen von denen vergleichbarer Studien ab. Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus in der prospektiven Studie von Meyer et al. betrug bei PatientInnen nach einem E-Scooter-Unfall drei Tage, nach einem E-Bike-Unfall vier Tage und nach einem Fahrradunfall zwei Tage. (4) Auch in der Studie aus München liegt die mittlere Aufenthaltsdauer bei 3,3 Tagen bei E-Scooter-Verletzten und bei PatientInnen nach einem Fahrradsturz bei 3,5 Tagen. (38)

4.1.1.7 FISS

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der Facial Injury Severity Score als Hauptparameter definiert. Der Median des FISS liegt in der Kohorte der E-Mobilitäts-NutzerInnen bei 2,5. In der Vergleichsgruppe der FahrradfahrerInnen bei 2,0. Die Hypothese, dass der Schweregrad bei E-Mobilitäts-Unfällen ersichtlich höher ist, konnte somit nicht bestätigt werden. Der Facial Injury Severity Score

wurde in anderen internationalen Studien nicht als Richtwert verwendet. Obgleich der Kopf laut zahlreichen Vergleichsstudien am häufigsten bei einem Unfall mit einem E-Bike, E-Scooter oder Fahrrad verletzt wird (30), wurde in der Vergangenheit ein „ISS“ (Injury Severity Score) verwendet, der nicht nur Kopfverletzungen, sondern auch andere Körperregionen wie beispielsweise die Extremitäten in die Beurteilung des Schweregrades miteinschließt. Bei einer Gegenüberstellung der beiden Scores zeigt sich, dass das Ergebnis eines FISS von 2,0 bzw. 2,5 mit dem Ergebnis einer im Jahr 2021 veröffentlichten Studie, in der ein ISS von 2,0–2,5 ermittelt wurde, annähernd identisch ist. (30) Demgegenüber wurde in einer prospektiven Studie von Meyer et al. bei allen E-Bike-, E-Scooter- und FahrradfahrerInnen ein ISS von über 16 sowie zusätzlich eine längere Krankenhausverweildauer in der Gruppe der E-Scooter-FahrerInnen dokumentiert. (4)

4.1.1.8 Zahntraumen

Die innerhalb der vorliegenden Studie am häufigsten registrierten Zahntraumata waren Kronenfrakturen mit Dentinbeteiligung sowie Schmelzfrakturen. Im Allgemeinen sind Verletzungen an den Zähnen nach Fahrradunfällen häufiger aufgetreten als nach E-Mobilitätsunfällen. Die Ergebnisse der groß angelegten Vergleichsstudie von Toofany et al. legen nahe, dass insbesondere Zahntraumen nach E-Scooter-Unfällen und bei den dadurch verursachten kraniofazialen Verletzungsmustern gehäuft auftreten. (40) Im Rahmen der statistischen Auswertung wurde festgestellt, dass dentoalveoläre Verletzungen in vielen Fällen erst zu einem späteren Zeitpunkt im Verlauf der Behandlung dokumentiert wurden. Diese Ergebnisse decken sich mit einer Studie aus Israel aus dem Jahr 2021, bei der 64,5% der untersuchten Patientinnen und Patienten beim Erstbesuch keine Untersuchung auf dentoalveoläre Verletzungen erhielten. Die übrigen Patientinnen und Patienten wiesen eine Kronen- oder Wurzelfraktur, eine Subluxation oder ein Alveolarfortsatztrauma auf. (30) Die Häufigkeit von Zahnfrakturen war gemäß Hamzani et al. bei E-Bike-FahrerInnen doppelt bzw. dreifach höher als bei E-Scooter-FahrerInnen. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass Zahntraumen bei PatientInnen, die einen Helm trugen, signifikant seltener auftraten als bei jenen, die keinen Helm verwendeten. (30) In einer weiteren Vergleichsstudie wurde

festgestellt, dass rund 20% der PatientInnen nach einem E-Bike- oder E-Scooter-Sturz ein Zahntrauma erleiden. Die Mehrheit der Patientinnen und Patienten war zwischen 16 und 29 Jahre alt, gefolgt von Erwachsenen im Alter von 30 bis 44 Jahren. (41)

4.2 Limitationen

Aufgrund des gewählten Untersuchungszeitraums (01.01.2018–15.11.2022) und des Antrags an die Ethikkommission im Jahr 2022 ergibt sich ein nicht vollständig auswertbares Jahr 2022, da der Ethikantrag für eine retrospektive Studie nur bis zu dem Datum der Einreichung (15.11.2022) ausreichend ist. Dies hat zur Konsequenz, dass die Statistik bis zum 31.12.2022 Lücken aufweist.

Eine weitere Einschränkung ist die Fallzahl, die anfänglich auf 250 Patientinnen und Patienten innerhalb dieses Zeitraums geschätzt wurde. Aufgrund des zeitintensiven händischen Auswertens der Daten aller Patientinnen und Patienten wurden nach Rücksprache lediglich Patientinnen und Patienten eingeschlossen, die stationär auf der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie am LKH Graz in Behandlung waren. In der vorliegenden Arbeit wurde lediglich auf Daten eingegangen, die im Großteil der Dekurseinträge der Patientinnen und Patienten schriftlich dokumentiert wurden. In Konsequenz dessen kann die Signifikanz der einzelnen Parameter aufgrund der geringen vergleichbaren Fallzahl nicht bestätigt werden.

Eine der wesentlichen Einschränkungen war die uneinheitliche Dokumentation der erstversorgenden Ärztinnen und Ärzte. So wurde beispielsweise angenommen, dass bei fehlender Dokumentation eines habituellen Bisses bei der Erstvorstellung des Unfallopfers davon ausgegangen wird, dass der Biss normal ist und als solcher ausgewertet wird. Des Weiteren wurden die exakte Uhrzeit der Erstvorstellung, die Einnahme von Alkohol oder Drogen sowie das Tragen eines Helmes zum Unfallszeitpunkt im Vergleich zu anderen Studien (beispielsweise „Osti et al., E-scooter and E-bike injury pattern profile in an inner-city trauma center in upper Manhattan“, (39) aufgrund der fehlenden Dokumentation nicht erhoben.

Der zusätzliche Parameter von Begleiterkrankungen wurde zwar erhoben, allerdings waren einige PatientInnen von Gesellschafts- und Lifestyle-Erkrankungen wie beispielsweise Bluthochdruck betroffen. Diese Information wurde für die statistische Auswertung als nicht relevant erachtet.

4.3 Conclusio

Die Nutzung von E-Mobilitätsfahrzeugen stellt einen aktuellen Trend im Verkehrswesen dar. In Anbetracht der globalen Erderwärmung, der steigenden Energiepreise sowie der bevorstehenden Besteuerung von Kraftstoffen wird ein weiterer Anstieg der Nutzung von Elektrofahrzeugen prognostiziert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich Menschen zukünftig vermehrt für grüne Energie entscheiden und sich von der Masse abgrenzen wollen. Obgleich Elektrofahrzeuge eine Vielzahl positiver Eigenschaften aufweisen und für die breite Bevölkerung leicht zugänglich sind, bergen sie dennoch ein potenzielles Risiko für die öffentliche Gesundheit. Die Gesetzgebung ist in vielen Fällen uneinheitlich und variiert zwischen Städten. Singapur und das Vereinigte Königreich haben beispielsweise die Nutzung von E-Scootern allgemein verboten. (37)

Die zusätzliche Literaturrecherche in der vorliegenden Studie hat ergeben, dass E-Mobilitäts-NutzerInnen häufig Verletzungen im Kopfbereich aufweisen. (37), (39) Diese Schlussfolgerung lässt sich daraus ableiten, dass insbesondere E-Scooter-FahrerInnen oftmals keinen Helm tragen. (40)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass anders als initial angenommen, E-Mobilitätsfahrzeuge im Vergleich zu Fahrrädern bei einem Sturz keine schwerwiegenderen Verletzungen nach sich ziehen. Allerdings ist bei E-Scootern im Speziellen die Etablierung einheitlicher Maßnahmen und Verhaltensregeln erforderlich. Wie in Abbildung 20 ersichtlich, existieren derzeit beispielsweise in Wien Sicherheitshinweise, die auf E-Scootern grafisch abgebildet sind. Die Förderung des sicheren Fahrverhaltens ist jedoch trotzdem nicht immer gewährleistet.



Abbildung 20: E-Scooter in Wien

Eine allgemeine Helmpflicht könnte dazu beitragen, die Schwere und die Vielzahl an Verletzungen zu minimieren. Die vorliegende Studie veranschaulicht den quantitativen Einfluss auf das Gesundheitssystem und unterstreicht die Dringlichkeit, Präventivmaßnahmen zu ergreifen. Die Ergebnisse legen nahe, dass die öffentliche Politik in Bezug auf die Nutzung von E-Bikes und E-Scootern die Durchsetzung von Gesetzen gegen Trunkenheit am Steuer, die Helmpflicht, die Geschwindigkeitskontrolle und das Bereitstellen von Fahrradwegen kontrollieren muss. Des Weiteren wird empfohlen, dass Krankenanstalten und Erstversorgende Ärzte den spezifischen Typ des beteiligten Fahrzeugs, den Helmstatus, den Alkoholisierungsgrades sowie die Umstände des Unfalls genauer und einheitlicher dokumentieren, um die Verletzungsmuster und zukünftige Studien besser charakterisieren zu können. Weiters wäre eine Vereinheitlichung durch den Injury Severity Score und die zusätzliche Erhebung von Verletzungen am gesamten Körper und nicht ausschließlich nur von Kopfverletzungen für einen besseren Vergleich zwischen internationalen Studien von Vorteil.

5 Literaturverzeichnis

1. Trivedi B, Kesterke MJ, Bhattacharjee R, Weber W, Mynar K, Reddy LV. Craniofacial Injuries Seen With the Introduction of Bicycle-Share Electric Scooters in an Urban Setting. *J Oral Maxillofac Surg*. November 2019;77(11):2292–7.
2. Haider M. Alarmierende Dynamik bei E-Scootern: viele Alkoholunfälle und eine Verfünfachung der Verletzten [Internet]. KfV - Kuratorium für Verkehrssicherheit. 2024 [zitiert 18. April 2024]. Verfügbar unter: <https://www.kfv.at/alarmierende-dynamik-bei-e-scootern-viele-alkoholunfaelle-und-eine-verfuenffachung-der-verletzten/>
3. oesterreich.gv.at - Österreichs digitales Amt [Internet]. [zitiert 2. Juli 2024]. Elektro-Scooter. Verfügbar unter: <https://www.oesterreich.gv.at/themen/mobilitaet/Elektro-Scooter,-Quads-und-Co/Seite.610110.html>
4. Meyer HL, Kauther MD, Polan C, Abel B, Vogel C, Mester B, u. a. E-Scooter-, E-Bike- und Fahrradverletzungen im gleichen Zeitraum – eine prospektive Vergleichsstudie eines Level-1-Traumazentrums. *Unfallchirurgie*. März 2023;126(3):208–17.
5. Rechtsgrundlage für E-Bikes & Pedelecs | ÖAMTC [Internet]. [zitiert 2. Juli 2024]. Verfügbar unter: <https://www.oeamtc.at/thema/fahrrad/rechtsgrundlage-fuer-e-bikes-pedelecs-16180796>
6. Haider M. Helmpflicht bei E-Bikes könnte 300 Schädel-/Hirn-Verletzungen pro Jahr verhindern [Internet]. KfV - Kuratorium für Verkehrssicherheit. 2024 [zitiert 25. Mai 2024]. Verfügbar unter: <https://www.kfv.at/helmpflicht-bei-e-bikes-koennte-300-schaedel-hirn-verletzungen-pro-jahr-verhindern/>
7. Baierlein S. Frakturklassifikationen. 1. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2011.
8. Howald HP, Schmelzeisen R. Einführung in die Mund- Kiefer-, Gesichtschirurgie. 2. Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2015.
9. Niethard FU, Biberthaler P, Pfeil J. Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie. 9. überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2022.
10. Al Shetawi AH. Initial Evaluation and Management of Maxillofacial Injuries. 13. Dezember 2021 [zitiert 2. Januar 2024]; Verfügbar unter: <https://emedicine.medscape.com/article/434875-overview#showall>
11. Holtmann H. BASICS Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie. 2. Auflage. Elsevier GmbH; 2020.
12. Siewert JR, Brauer RB. Basiswissen Chirurgie: mit 101 Tabellen. 2., überarb. und aktualisierte Aufl. Heidelberg: Springer Medizin; 2010. 486 S. (Springer-Lehrbuch).
13. Kruse Gujer A, Jacobsen C, Grätz KW, Herausgeber. Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013 [zitiert 2. Januar 2024]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-642-30003-5>
14. Hino S, Yamada M, Araki R, Kaneko T, Iizuka T, Horie N. What Are Possible Contributors to Associated Dental Injury in Mandibular Fractures? *J Oral Maxillofac Surg*. Januar 2022;80(1):127–36.

15. Schwenzer N, Ehrenfeld M, Bacher M. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2011.
16. Unterkieferfraktur - Wissen @ AMBOSS [Internet]. [zitiert 6. Januar 2024]. Verfügbar unter: <https://www.amboss.com/de/wissen/unterkieferfraktur>
17. Hausamen JE, Machtens E, Reuther J, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H. Mund-Kiefer und Gesichtschirurgie, Operationslehre und Atlas. 4. Auflage. Springer Berlin Heidelberg; 2012.
18. Maxa V.
19. Gutwald R, Gellrich NC, Schmelzeisen R. Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie 3. A.: Für Studium, Examen und Beruf [Internet]. Deutscher Zahnärzte Verlag; 2018 [zitiert 5. Januar 2024]. Verfügbar unter: <https://www.beck-elibrary.de/index.php?doi=10.47420/9783769136869>
20. Weiss W, Gosau M, Koyama K, Reichert TE. Frakturen von Maxilla und Mandibula: Kieferchirurgische Behandlungskonzepte. HNO. November 2011;59(11):1079–87.
21. springermedizin.de [Internet]. [zitiert 6. Januar 2024]. e.Med Interdisziplinär. Verfügbar unter: <https://www.springermedizin.de/frakturen-von-maxilla-und-mandibula/8033744?searchResult=1.frakturen%20von%20maxilla%20und%20mandibula&searchBackButton=true>
22. Hoffmann A, Mast G, Ehrenfeld M. Verwendung von IMF-Schrauben zur mandibulo-maxillären Fixation. OP-J. April 2003;19(1):70–5.
23. Pak B, Schulte-Geers M. IMF-Schrauben vs. Schuchardt-Schienung.
24. Rex S, Max M, Flondor M. Anästhesie in der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie und in der Zahnheilkunde [Internet]. 2017 [zitiert 6. Januar 2024]. Verfügbar unter: https://www.springermedizin.de/emedpedia/die-anaesthesiologie/anaesthesie-in-der-mund-kiefer-gesichtschirurgie-und-in-der-zahnheilkunde?epediaDoi=10.1007/978-3-662-45539-5_73
25. Gängler P, Hoffmann A, Willershausen B, Schwenzer N, Ehrenfeld M. Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie. 3. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2010.
26. Krämer N. Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne: Zusammenfassung der aktualisierten S2k-Leitlinie. Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd. November 2022;44(4):6–9.
27. Galler K. Die offene Pulpa: Episode I - Die offene Pulpa (Angriff der Mikroorganismen). Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd. November 2023;45(4):218–20.
28. Weiger R. Wurzelfraktur: Episode III - Wurzelfrakturen (Eine neue Hoffnung). Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd. September 2023;45(3):129–30.
29. Bagheri SC, Dierks EJ, Kademani D, Holmgren E, Bell RB, Hommer L, u. a. Application of a Facial Injury Severity Scale in Craniomaxillofacial Trauma. J Oral Maxillofac Surg. März 2006;64(3):408–14.
30. Hamzani Y, Bar Hai D, Cohen N, Drescher MJ, Chaushu G, Yahya BH. The impact of helmet use on oral and maxillofacial injuries associated with electric-powered bikes or

- powered scooter: a retrospective cross-sectional study. *Head Face Med.* Dezember 2021;17(1):36.
31. Cha Sow King C, Liu M, Patel S, Goo T, Lim W, Toh H. Injury patterns associated with personal mobility devices and electric bicycles: an analysis from an acute general hospital in Singapore. *Singapore Med J.* Februar 2020;61(2):96–101.
 32. Van Cauwenberg J, De Bourdeaudhuij I, Clarys P, De Geus B, Deforche B. Older E-bike Users: Demographic, Health, Mobility Characteristics, and Cycling Levels. *Med Sci Sports Exerc.* September 2018;50(9):1780–9.
 33. Brady AO, Straight CR, Evans EM. Body Composition, Muscle Capacity, and Physical Function in Older Adults: An Integrated Conceptual Model. *J Aging Phys Act.* 1. Juli 2014;22(3):441–52.
 34. Althoff T, Sosič R, Hicks JL, King AC, Delp SL, Leskovec J. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality. *Nature.* 20. Juli 2017;547(7663):336–9.
 35. Popovich N, Gordon E, Shao Z, Xing Y, Wang Y, Handy S. Experiences of electric bicycle users in the Sacramento, California area. *Travel Behav Soc.* 1. Mai 2014;1(2):37–44.
 36. Ärzteblatt DÄG Redaktion Deutsches. Deutsches Ärzteblatt. [zitiert 9. Juni 2024]. Accident Mechanisms and Injury Patterns in E-Scooter Users (26.02.2021). Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/int/archive/article?id=217959>
 37. Kappagantu A, Yaremchuk K, Tam S. Head and Neck Injuries and Electronic Scooter Use in the United States. *The Laryngoscope* [Internet]. November 2021 [zitiert 25. Mai 2024];131(11). Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lary.29620>
 38. Grill FD, Roth C, Zyskowski M, Fichter A, Kollmuss M, Stimmer H, u. a. E-scooter-related craniomaxillofacial injuries compared with bicycle-related injuries – A retrospective study. *J Cranio-Maxillofac Surg.* September 2022;50(9):738–44.
 39. Osti N, Aboud A, Gumbs S, Engdahl R, Carryl S, Donaldson B, u. a. E-scooter and E-bike injury pattern profile in an inner-city trauma center in upper Manhattan. *Injury.* Mai 2023;54(5):1392–5.
 40. Toofany M, Mohsenian S, Shum LK, Chan H, Brubacher JR. Injury patterns and circumstances associated with electric scooter collisions: a scoping review. *Inj Prev.* Oktober 2021;27(5):490–9.
 41. Lin S, Goldman S, Peleg K, Levin L, Group W support of the IT. Dental and maxillofacial injuries associated with electric-powered bikes and scooters in Israel: A report for 2014-2019. *Dent Traumatol.* 2020;36(5):533–7.