

Aus der Klinik und Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Akzeptanz von Amalgamfüllungen -  
Eine Umfrage zu zahnärztlichen Werkstoffen

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der  
Zahnmedizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Marina Khan  
aus Buxtehude

Mainz, 2021

Tag der Promotion: 06.07.2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung .....	2
1.2 Forschungsmethode .....	4
1.2.1 Quantitative Forschungsmethoden .....	4
1.2.2 Qualitative Forschungsmethoden .....	8
1.3 Forschungsvorgehen und Struktur der Arbeit .....	10
<b>2 Zahnärztliche Werkstoffe .....</b>	<b>13</b>
2.1 Eigenschaften zahnärztlicher Werkstoffe .....	13
2.2 Metalle (Goldhämmerfüllungen) .....	16
2.3 Glasionomerezemente .....	17
2.4 Komposite .....	18
2.4.1 Kompomere .....	20
2.4.2 Ormocere .....	20
2.4.3 Polymergläser .....	21
2.4.4 Nanofüllerkomposite .....	21
2.4.5 Silorane .....	21
2.4.6 Bulk-Fill-Komposite .....	22
2.5 Amalgam .....	22
2.5.1 Zusammensetzung .....	23
2.5.2 Eigenschaften von Amalgam .....	26
2.5.3 Biokompatibilität .....	29
<b>3 Statistische Erhebung .....</b>	<b>32</b>
3.1 Erhebungsmethode .....	32
3.2 Auswertungsmethoden .....	35
<b>4 Evaluierung der Akzeptanz von Amalgam .....</b>	<b>40</b>
4.1 Fragebogen .....	40
4.2 Erhebung .....	42
4.3 Ergebnis .....	43
<b>5 Fazit .....</b>	<b>54</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>59</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>63</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf einer quantitativen Forschung (eigene Darstellung in Anlehnung an Reinders & Ditton (2011, S. 49)) .....	5
Abbildung 2: Ablauf einer qualitativen Forschung (eigene Darstellung in Anlehnung an Reinders & Ditton (2011, S. 50)) .....	8
Abbildung 3: Vorgehen und Struktur der Arbeit (eigene Darstellung) .....	11
Abbildung 4: Versorgung einer Kavität der Klasse V (eigene Darstellung) .....	16
Abbildung 5: Einlagefüllung mit Gold (eigene Darstellung) .....	17
Abbildung 6: Eine Komposit-Füllung eingesetzt in einer Kavität (eigene Darstellung) .....	19
Abbildung 7: Amalgamfüllung eingesetzt in eine Kavität (eigene Darstellung) .....	23
Abbildung 8: Korrodierte Amalgamfüllung (eigene Darstellung) .....	24
Abbildung 9: Herstellung von konventionellen Alloys und Reaktion mit Quecksilber (eigene Darstellung in Anlehnung an Hellwig et al. (2018, S. 287)) .....	25
Abbildung 10: Reaktion zwischen einer Amalgam- und Goldfüllung (eigene Darstellung) .....	27
Abbildung 11: Füllungsbruch bei einer insuffizienten Amalgamfüllung (eigene Darstellung) .....	28
Abbildung 12: Amalgamfüllung mit überfülltem Rand (eigene Darstellung) .....	28
Abbildung 13: Füllung mit einem zu großen Spalt zum Nachbarzahn (eigene Darstellung) .....	28
Abbildung 14: Amalgamfüllung mit einer fehlenden Retentionsform (eigene Darstellung) .....	29
Abbildung 15: Darstellung einer endpunktbenannten Skala (eigene Darstellung) .....	36
Abbildung 16: Formel zur Berechnung des Stichprobenumfangs nach Rinne (1995, S. 370 f.) und Puhani (2020, S. 162) .....	43
Abbildung 17: Anzahl der Teilnehmer nach Geschlecht (eigene Darstellung) .....	44
Abbildung 18: Der höchste Bildungsabschluss der Probanden*innen (eigene Darstellung) .....	45
Abbildung 19: Anzahl der eigenen Zähne der Probanden (eigene Darstellung) .....	45

Abbildung 20: Anzahl der Implantate kombiniert mit der Häufigkeit der Zahnvorsorge  
(eigene Darstellung) ..... 46

Abbildung 21: Angaben zu den Zahnerkrankungen der Teilnehmer (eigene Darstellung)  
..... 47

Abbildung 22: Anzahl der Teilnehmer mit einer Amalgamfüllung (eigene Darstellung)  
..... 47

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gründe für die Ablehnung von Amalgamfüllungen (Quelle: eigene Darstellung) .....	48
Tabelle 2: Informationsquellen für Bedenken zu Amalgam (Quelle: eigene Darstellung) .....	48
Tabelle 3: Ursachen für die Entfernung von einer Amalgamfüllung (Quelle: eigene Darstellung) .....	49
Tabelle 4: Ergebnisse der "sonstigen Angaben" (Quelle: eigene Darstellung) .....	49
Tabelle 5: Teil 1 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell eine Amalgamfüllung haben (Quelle: eigene Darstellung) .....	51
Tabelle 6: Teil 2 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell eine Amalgamfüllung haben (Quelle: eigene Darstellung) .....	51
Tabelle 7: Teil 1 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell keine Amalgamfüllung haben und die vorherige Füllung entfernen ließen (Quelle: eigene Darstellung) .....	51
Tabelle 8: Teil 2 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell keine Amalgamfüllung haben und die vorherige Füllung entfernen ließen (Quelle: eigene Darstellung) .....	52
Tabelle 9: Füllungsmaterialien verwendet bei den Probanden (Quelle: eigene Darstellung) .....	53

---

## Abkürzungsverzeichnis

ADA .....	American Dental Association
Bis-GMA .....	Bisphenol-A-Diglycidyl-Methacrylat
EGDMA .....	Ethylen-Glycol-Dimethacrylat
FZ .....	Forschungsziel
TEGDMA .....	Triethylen-Glycol-Dimethacrylat
UDMA .....	Urethandimethacrylat
UFZ.....	Unterforschungsziel

## 1 Einleitung

Zur Gewährleistung der kontinuierlichen Weiterentwicklung in der Zahnmedizin werden Werkstoffe gesucht, die haltbar, ästhetisch und biokompatibel sind sowie die Kaufähigkeit der Zahnhartsubstanz erhalten. In der Dentalchirurgie werden deshalb Polymere, keramische und metallische Werkstoffe verwendet. Unter den metallischen Werkstoffen kamen in den letzten Jahrzehnten Titan, Co-Cr-Legierungen, Goldlegierungen und Titanlegierungen sowie Amalgam zur Anwendung (Faltermeier, 2008, S. 1467). Amalgam besteht in seiner modernen Verarbeitungsform zur Hälfte aus Quecksilber, zu einem Viertel aus Silber und zu je einem Achtel aus Zinn und Kupfer. Aufgrund seiner hohen Belastbarkeit und der unästhetischen Farbe wird es schon seit fast 1500 Jahren zunehmend im Seitenzahnbereich (Halbach, 2009, S. 471), erstmals durch den chinesischen Arzt Su Kung, verwendet (Malvin E., 1997; Riethe, 1980, S. 443).

In Europa tauchte Amalgam als Dentalmaterial erstmals im 16. Jahrhundert auf. Im Jahr 1826 entdeckte der Franzose Auguste Taveau Amalgam als Zahnfüllmaterial und verwendete es zusammen mit einer Mischung aus Silberspäne. In den darauffolgenden Jahren folgte eine wissenschaftliche Diskussion über das Zahnfüllmaterial, welches teilweise verboten und anschließend aus ökonomischen Gründen wieder zugelassen wurde (Eley, 1997). Insbesondere der Quecksilber-Anteil führt seit der Verwendung von Amalgam in den letzten 150 Jahren zu Diskussionen unter Medizinern und Chemikern (Metzler & Metzler, 1998). Grundlage der Diskussion ist, dass aus Amalgam freigesetztes Quecksilber vom menschlichen Körper resorbiert wird und damit Teil der Gesamtbelastung des Körpers durch Quecksilber wird (Metzler & Metzler, 1998). Jedoch kann auf wissenschaftlicher Basis, mit Ausnahme von Allergien, keine gesundheitliche Belastung durch gewissenhaft gelegte Amalgamfüllungen nachgewiesen werden (Harhammer, 2001). Durch keine Studie konnte bewiesen werden, dass zahnärztliche Amalgamfüllungen die Ursache für degenerative oder sonstige Krankheiten die Ursache darstellt (Bundeszahnärztekammer, 2018). Allerdings konnten allergische Reaktionen gegen Amalgam nachgewiesen werden (Harhammer, 2001). Selbst die Belastung durch Quecksilber ist bei der Verwendung von Amalgam nicht höher als die durch bestimmte Nahrungsbestandteile, die auch kleinste Mengen von Quecksilber enthalten können (Bundeszahnärztekammer, 2018).

Trotzdem wird der zahnärztliche Gebrauch von Amalgam bis heute kontrovers diskutiert. Studien von Klinghardt et al. (1997) und Svare et al. (1981) belegen eine Toxizität von Amalgam mit Hinweis auf die Löslichkeit von Amalgam im Mundraum. Demnach erhöht



sich der Quecksilbergehalt in der ausgeatmeten Luft nach dem Zähneputzen eines Probanden um das 15-Fache im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Amalgam als Zahnfüllung. Die Belastung durch Quecksilberdampf erhöht sich auf 50 Mikrogramm pro Kubikmeter und überschreitet damit die Vorgabe der Weltgesundheitsorganisation eines Mikrogramms pro Kubikmeter (Weiß & Maier, 1999). Weiterhin belegen Egglestone et al. (1987) eine erhöhte Quecksilberkonzentration im Gehirn durch die Verwendung von zahnärztlichen Amalgamfüllungen. Hahn et al. (1990) konnten eine erhöhte Quecksilberkonzentration in Lungen, Nieren, Magen-Darm-Trakt und Kiefer sowie in intestinalen Lymphknoten feststellen.

In den letzten Jahrzehnten ist der Einsatz von Amalgam in Europa und in vielen westlichen Industrienationen im Vergleich zu anderen metallischen Verbindungen zurückgegangen (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung, 2017). Als Ursache hierfür nennt die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung insbesondere einen erhöhten ästhetischen Anspruch der Patienten. Eine weitere Ursache könnte die Quecksilberverordnung aus dem Jahr 2017 sein, die eine Einschränkung der Nutzung von Amalgam bei Risikogruppen vorsieht (Bundeszahnärztekammer, 2018). Aber auch aufgrund der vermehrten Diskussion um das metallische Füllmaterial werden Patienten zunehmend verunsichert, sodass sie wissenschaftlichen Argumenten, im Rahmen eines aufklärenden Gespräches durch den Zahnarzt, oft nicht mehr zugänglich sind (Stahle, 1992). Stahle (1994) und Nilsson et al. (1995) berichten von einer steigenden Zahl von Patienten, die sich weniger durch die Inhaltsstoffe an sich, als durch die Angst vor Quecksilber vermeintlich krank fühlen und Amalgamfüllungen entfernen lassen. Dieser durch die Massenmedien ausgelöste Effekt wird von Nilsson et al. als sogenanntes „Environmental Somatization Syndrom“ bezeichnet. Die vorliegende Arbeit untersucht deshalb die aktuelle Akzeptanz von Amalgam bei den Patienten und unterschiedliche zuvor genannte Bedenken sowie deren Quellen der Information. Ein detailliertes Vorgehen wird in den folgenden Kapiteln, 1.2 und 1.3, beschrieben und später erneut durch die Vorstellung des Fragebogens aufgegriffen.

## 1.1 Zielsetzung

Trotz der wissenschaftlich erklärten Unbedenklichkeit von Amalgam bestehen bei den Patienten, wie in der Einleitung erklärt, erhebliche Bedenken und der Füllungswerkstoff wird deshalb seltener verwendet. Aber auch ästhetische Aspekte, neue Verordnungen

oder die rege Diskussion im wissenschaftlichen Bereich könnten zur Ablehnung von Amalgam als Füllmaterial beitragen.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, die Akzeptanz von Amalgamfüllungen bei Patienten anhand einer empirischen Untersuchung zu ermitteln. Dazu wird folgendes Forschungsziel (FZ) definiert:

FZ     Feststellung der Akzeptanz von Amalgamfüllungen bei Patienten, um geeignete Maßnahmen für die zahnärztliche Patientenberatung zu formulieren.

Um das Forschungsziel der vorliegenden Dissertation zu erreichen, bedarf es der Untersuchungsziele (UFZ) 1 bis 14, die zum Gesamtergebnis und zur Klärung der Fragestellung beitragen.

1. Welche zahnärztlichen Füllungswerkstoffe gibt es?
2. Was ist Amalgam?
3. Wie wird Amalgam aktuell in der Wissenschaft diskutiert?
4. Mit welchen statistischen Methoden kann die Akzeptanz von Amalgam festgestellt werden?
5. Welche Softwarelösungen bieten eine Auswertung der empirischen Daten an?
6. Wie sehr ist Amalgam unter zahnärztlichen Patienten bekannt?
7. Wie häufig wird Amalgam als zahnärztlicher Werkstoff bei Patienten verwendet?
8. Wie zufrieden sind Patienten mit ihrer Amalgamfüllung?
9. Welche gesundheitlichen Probleme verursacht Amalgam bei den Patienten?
10. Welche Bedenken haben Patienten bei der Verwendung von Amalgam als zahnärztlichen Füllungswerkstoff?
11. Wie häufig lassen sich Patienten eine Amalgamfüllung entfernen?
12. Was sind die Gründe für die Entfernung von Amalgam?
13. Aus welchen Quellen beziehen Patienten Ihre Informationen über den zahnärztlichen Werkstoff Amalgam und wann werden sie darüber aufgeklärt?
14. Welche Maßnahmen können aus den bisherigen Erkenntnissen für die zahnärztliche Patientenberatung abgeleitet werden?

Die Grundstruktur des Vorgehens stellt das in Kapitel 1.3 erwähnte Vorgehensmodell aus Abbildung 4 der Arbeit dar.

UFZ 1 bis 3 stellen die theoretische Grundlage dieser Arbeit dar, da sie die zur Verfügung stehenden Werkstoffe der konservierenden Zahnmedizin aufzeigen. Die theoretische Grundlage zur statistischen Erhebung stellen UFZ 4 und 5 dar. Darauf folgend wird durch UFZ 6 bis 13 die Akzeptanz von Amalgam sowie deren mögliche Einflussfaktoren untersucht. Darunter sind die Bekanntheit sowie die Häufigkeit der Verwendung von Amalgam zu ermitteln, mögliche gesundheitliche Probleme, Bedenken der Patienten und Informationsquellen der Probanden, durch die sie sich die aktuelle Meinung gebildet haben. Auf der Basis von UFZ 6 bis 13 werden mit UFZ 14 geeignete Maßnahmen zur zahnärztlichen Patientenberatung formuliert, um eine Verbesserung der allgemeinen Wahrnehmung von Amalgam zu ermöglichen.

## **1.2 Forschungsmethode**

Zur Beantwortung der vorliegenden Fragestellung wird die quantitative Forschungsmethode ausgewählt. Darunter wird, gemäß der vorliegenden zentralen Forschungsfrage, eine Befragung mittels eines Fragebogens als ein geeignetes Mittel befunden, da es die Erhebung von Meinungen und Einstellungen der Befragten zulässt. Mit den empirischen Daten können dann Rückschlüsse auf die Akzeptanz von Amalgam gezogen werden (Porst, 2014, S. 53ff.).

Bei den Forschungsmethoden wird zwischen quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden unterschieden (Hussy, et al., 2013, S. 7).

### **1.2.1 Quantitative Forschungsmethoden**

Zu Beginn der quantitativen Forschung steht, wie in Abbildung 1 dargestellt, eine Theorie oder Hypothese. Daraufhin folgt die Auswahl einer geeigneten Methode, um die Daten in dem später folgenden Schritt zu erheben und damit die Theorie beziehungsweise Fragestellung zu überprüfen. Die Methoden können eine Befragung, eine Beobachtung, ein Experiment, eine Inhaltsanalyse, eine Gruppendiskussion, ein Test oder eine Sekundäranalyse sein.

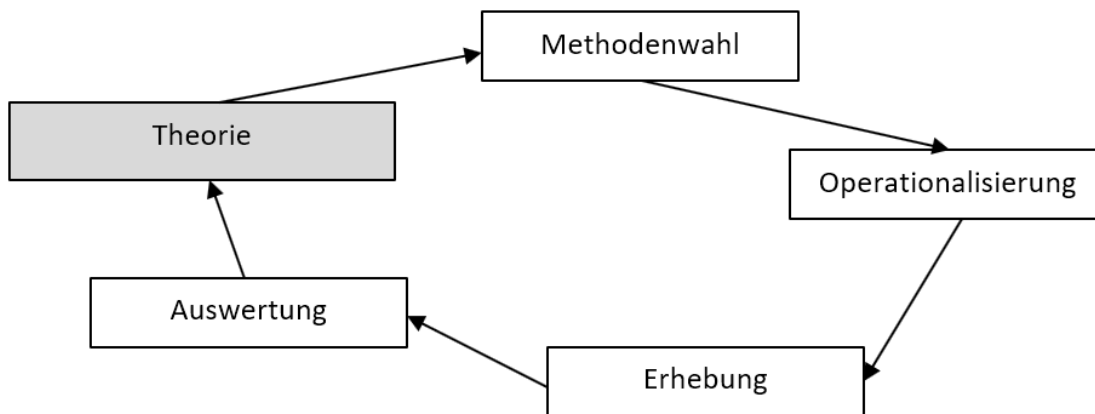


Abbildung 1: Ablauf einer quantitativen Forschung (eigene Darstellung in Anlehnung an Reinders & Ditton (2011, S. 49))

Bevor die Erhebung erfolgen kann, muss, nach Auswahl der passenden Methode, die Forschungsfrage definiert und in Unterziele aufgebrochen werden. Diese Unterziele werden anschließend genutzt, um die konkreten Fragen an den Probanden zu formulieren. Dieser Prozess wird, in Abbildung 1 dargestellt, Operationalisierung genannt. Anschließend werden die Testfragen, auf Basis der Unterziele, für das Messinstrument formuliert und deren Antworten in der jeweiligen Zielgruppe erhoben (Reinders & Ditton, 2011, S. 49). Als letzter Schritt erfolgt die Auswertung der Ergebnisse. Mittels statistischer Verfahren, wie der Inferenzstatistik, der deskriptiven oder multivariaten Statistik, werden die Theorie sowie die jeweiligen Unterziele anhand der Datensätze überprüft (Reinders & Ditton, 2011, S. 49ff.). Im Folgenden werden die quantitativen Methoden der Datenerhebung einleitend erklärt.

## Zählen

Das Zählen unterscheidet zwischen qualitativen sowie quantitativen Merkmalen, der Indexbildung und der quantitativen Inhaltsanalyse. Bei den qualitativen Merkmalen werden dichotome Merkmale, die zweifache oder polytome Merkmale enthalten, durch den Forscher ermittel beziehungsweise deren Ergebnisse erhoben. Dabei müssen die einzelnen Kategorien exakt definiert werden und sich gegenseitig ausschließen. Zudem ist es erforderlich, dass die Kategorien ein Merkmal vollständig beschreiben. Die Datenerhebung wird bei dieser Methode mit dem Zählen der einzelnen Kategorien und durch eine grafische Darstellung der Zahlen oder Auflistung in Prozentzahlen beendet (Döring & Bortz, 2016, S. 139ff.).

Die Ermittlung von quantitativen Merkmalen, wie Körpergröße, Pulsfrequenz oder Intelligenzquotient, wird benutzt, um Verteilungen festzustellen und diese im Vergleich zu anderen Kategorien zu betrachten (Döring & Bortz, 2016, S. 143).

Bei einer Indexbildung wird ein Messwert ermittelt, der auch durch verschiedene Einflussfaktoren berechnet werden kann, wie zum Beispiel der Bildung eines Durchschnittswertes, der aus mehreren Indikatorvariablen besteht. Häufig wird dabei eine Formel mit den Einflussvariablen gebildet, die eine Gesamtbetrachtung darstellt. Je nach Art der Rechnung wird zwischen ungewichtetem additiven Index, multiplikativem Index, gewichtetem additiven Index und der Gewichtsbestimmung durch Expertenrating unterschieden (Döring & Bortz, 2016, S. 143).

Bei Anwendung der quantitativen Wortanalyse wird Wortmaterial hinsichtlich zuvor definierter Aspekte analysiert. Zum Beispiel werden Wörter oder pragmatische Merkmale quantifiziert, die dann eine Schlussfolgerung auf den Inhalt zulassen (Döring & Bortz, 2016, S. 149).

### **Urteilen**

Bei diesem Verfahren wird versucht, die vorliegenden Daten durch das Bilden von Rangordnungen, Dominanzpaarvergleiche, Ähnlichkeitspaarvergleiche, Ratingskalen und Magnitude-Skalen zu bewerten (Döring & Bortz, 2016, S. 154 ff.).

### **Testen**

Der Test innerhalb der quantitativen Forschungsmethode stellt ein wissenschaftliches Verfahren dar, welches eine oder mehrere abgrenzbare Persönlichkeitsmerkmale untersucht. Es wird hierbei zwischen Leistungstest und Persönlichkeitstest unterschieden. Beim Leistungstest werden objektive Fragen beantwortet und durch weitere Maßnahmen, wie Zeit oder Schwierigkeitsgrad, messbar gemacht. Der Persönlichkeitstest hingegen konzentriert sich auf die subjektive Wahrnehmung oder Einstellung des Probanden mit einer Fokussierung auf die Persönlichkeit (Döring & Bortz, 2016, S. 189).

### **Befragung**

Eine Befragung vereint die bisher genannten Methoden, wie die Bildung von Kategorien, Ratingskalen oder Tests. Dabei wird zwischen mündlicher und schriftlicher Befragung

unterschieden. Bei einer mündlichen Befragung werden die Teilnehmer durch den Forscher zu einzelnen Aspekten befragt. Bei der schriftlichen Befragung wird den Teilnehmern ein standardisierter oder teilstandardisierter Fragebogen vorgelegt, den sie eigenständig ausfüllen sollen. Dieses Vorgehen wird zur Ermittlung von Meinungen, Interessen und psychologischen Merkmalen eingesetzt. Ein wesentlicher Vorteil ist die Standardisierung von Antwortmöglichkeiten, bei der allen Befragten die gleichen Fragen vorgelegt werden und nur aus den vorgegebenen Antworten gewählt werden kann (Porst, 2014, S. 53 ff.).

Für den Fragebogen werden zwei Arten von Fragen genutzt, die offenen und geschlossenen Fragen. Bei offenen Fragen kann der Teilnehmer eigene Ausführungen angeben. Bei geschlossenen Fragen kann er ausschließlich aus den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auswählen. Bei einem schriftlichen Fragebogen sind die geschlossenen Fragen den offenen Fragen vorzuziehen, da sie eine objektive Bewertung zulassen (Porst, 2014, S. 53 ff.).

### **Beobachtung**

Eine Beobachtung ist eine zielgerichtete Wahrnehmung und kann quantitative sowie qualitative Daten produzieren. Es wird zwischen teilnehmender und nicht teilnehmender Beobachtung beziehungsweise zwischen offener und verdeckter Beobachtung unterschieden. Bei der teilnehmenden Beobachtung nimmt der Forschende selbst an dem Geschehen teil, bei der nicht teilnehmenden Beobachtung hingegen findet keine direkte Teilnahme am Geschehen statt. Dies kann mit einer offenen und verdeckten Beobachtung kombiniert werden (Döring & Bortz, 2016, S. 263 ff.).

### **Physiologische Messungen**

Die physiologischen Messungen dienen einer objektiven Erfassung von quantitativen Merkmalen. Hierzu werden elektrische Biosignale eines Probanden mittels Elektroden gemessen und als physiologische Indikatoren festgehalten. Die Biosignale entstehen durch Differenzen zwischen den zwei Elektroden. Dazu werden die Elektroden bipolar oder unipolar angelegt, um immer einen Referenzwert zu ermitteln. Beispiele für Messwerte können die Herzfrequenz, Hirnaktivität oder die Pulsfrequenz eines Probanden sein. Diese Indikatoren lassen anschließend Rückschlüsse auf Stressempfinden, Depressivität oder Aggressivität zu (Döring & Bortz, 2016, S. 278-279).

## 1.2.2 Qualitative Forschungsmethoden

Die qualitative Forschung ist offen und explorativ konzipiert. Bei diesem Vorgehen werden die Fragestellung, Methode und Auswertung eng miteinander verknüpft (Heinz Reinders & Hartmut Ditton). Im Kern wird dabei gering strukturiertes Material, wie Text-, Bild- oder Videomaterial, gesammelt und anschließend kategorisiert sowie interpretiert (Reith, et al., 2016, S. 48 ff.).

Zu Beginn der qualitativen Forschung steht, wie in Abbildung 2 dargestellt, nicht eine Theorie, sondern eine Fragestellung, zu der eine Antwort gesucht wird. Zur Beantwortung dieser Frage wird eine passende Methode gewählt, wie zum Beispiel das qualitative Interview oder die unstrukturierte Beobachtung. Diese Methoden machen wenige Vorgaben hinsichtlich der Erhebung und geben dem Befragten mehr Raum für eigene Ausführungen (Reinders & Ditton, 2011, S. 50).

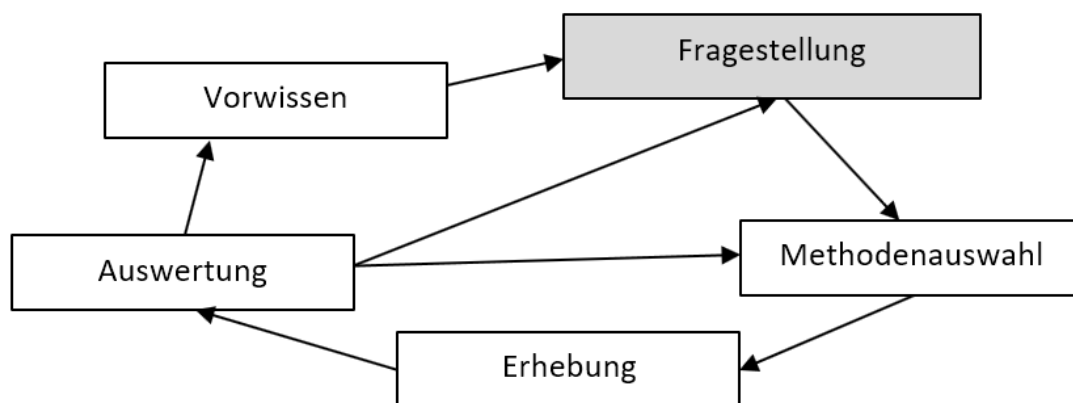


Abbildung 2: Ablauf einer qualitativen Forschung (eigene Darstellung in Anlehnung an Reinders & Ditton (2011, S. 50))

Der auf die Methodenwahl sowie Erhebung folgende und in Abbildung 2 dargestellte Auswertungsprozess ist bei der qualitativen Forschung dynamisch angelegt. Einzelne Aufzeichnungen eines Interviews werden zum Beispiel schriftlich erfasst und direkt ausgewertet. Durch die Ergebnisse können wiederum weitere Fragen entstehen, die den Einsatz von neuen Methoden erfordern. Aufgrund dieses Rückkopplungsprozesses können die Forscher ihr Forschungsdesign den neuen Erkenntnissen anpassen und somit eine enge Bindung zwischen Forschungsmethode, Erhebung und Auswertung herstellen. In der qualitativen Forschung werden die Methoden der qualitativen Befragung, der

qualitativen Beobachtung sowie nonreaktive Verfahren angewandt, um Daten zu erheben. Im Folgenden werden diese Verfahren einzeln erklärt (Reinders & Ditton, 2011, S. 50 ff.).

### **Qualitative Befragung**

Der Unterschied zwischen der quantitativen und der qualitativen Befragung ist, dass bei einer qualitativen Befragung kein standardisierter Fragebogen vorliegt. Vielmehr werden Zukunftspläne, Meinungen, diverse Beschwerden oder Erfahrungen offen erfragt. Dabei wird der Verlauf der Befragung vom Interviewten gesteuert sowie gestaltet. Die Sitzungen werden selten schriftlich durchgeführt, um die Spontaneität seitens der Probanden zu erhalten. Bei der halbstandardisierten qualitativen Befragung werden die offenen Fragen durch satzergänzende Fragen erweitert (Hopf, 2012, S. 349 ff.; Baur & Blasius, 2019).

### **Qualitative Beobachtung**

Im Gegensatz zur quantitativen Beobachtung ist die qualitative Beobachtung frei von Laborbedingungen und findet in einem natürlichen Umfeld statt. Bei dieser Methode, die der Feldforschung zugerechnet wird, werden Forscher und Proband aktiv und konzentrieren sich auf größere Systeme, anstatt, wie bei einem Fragebogen, auf einzelne Variablen einzugehen. Die Methode erlaubt eine offene Einsicht in den Forschungsgegenstand durch ein undefiniertes Vorgehensschema. Beispiele für eine qualitative Beobachtung sind die Beobachtung von Rollenspielen, die Einzelfallbeobachtung und die Selbstbeobachtung (Döring & Bortz, 2016, S. 321ff; Baur & Blasius, 2019, S. 1165 ff.).

### **Nonreaktive Verfahren**

Zusammenfassend sind nonreaktive Verfahren eine Bezeichnung für Datenerhebungsmethoden, bei denen die Sammlung von Daten keinerlei Einfluss auf den Probanden oder andere Untersuchungsobjekte nimmt. Die Beobachter treten dabei mit dem Untersuchungsgegenstand nicht in Kontakt und jegliche Effekte, wie Beeinflussung durch den Moderator beziehungsweise Interviewer, werden ausgeschlossen. Beispiele für nonreaktive Verfahren sind physische Spuren, die zum Beispiel bei einem Fußpfad entstehen oder ein abgenutzter Boden im öffentlichen Raum. Weitere Verfahren sind Schilder oder Hinweistafeln, die zur Deklaration von Regeln aufgestellt werden und damit Rückschlüsse auf den Ersteller zulassen. Weiterhin kann die Analyse der Häufigkeit von Begriffen bei



Büchern, Zeitschriften, Filmen und anderen Medien ebenfalls Rückschlüsse auf den Inhalt oder den Autor zulassen, ohne jemals mit einem der Beteiligten in Kontakt zu treten. Weitere Verfahren sind Archive, Verzeichnisse, Verkaufsstatistiken und Einzeldokumente (Döring & Bortz, 2016, S. 325; Hussy, et al., 2013, S. 242).

Qualitative Forschung unterscheidet sich in drei grundlegenden Aspekten von der quantitativen Forschung. Zunächst ist das Ziel der Forschung nicht das Abtesten von präzisen formulierten Thesen und Theorien. Diese Theorien werden innerhalb der qualitativen Forschung erst unter Zuhilfenahme von empirischen Daten entwickelt. Zweitens werden die Daten nicht mit Messinstrumenten standardisiert, sondern durch sogenannte offene Verfahren analysiert und als Ergebnis wird wenig strukturiertes Material zurückgeliefert. Zuletzt werden die erhobenen Daten durch Interpretation und Kategorisierung ausgewertet, anstatt durch statistische Verfahren, wie es die quantitative Forschung vorschreibt (Reith, et al., 2016, S. 48). Allerdings ist eine Kombination der quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden möglich (Mayring, 2015, S. 17 ff.).

Die quantitative Forschungsmethode erhebt standardisierte Daten mit einem Fragebogen, mittels Interviews oder mit der Hilfe von Beobachtungsinventaren. Die erhobenen Daten werden anschließend mit statistischen Mitteln untersucht, um Schlussfolgerungen daraus zu ziehen (Reith, et al., 2016, S. 27).

### **1.3 Forschungsvorgehen und Struktur der Arbeit**

Für die vorliegende Arbeit wurde die quantitative Forschungsmethode in Form eines Fragebogens ausgewählt. Dieser Fragebogen basiert auf den theoretischen Grundlagen von zahnärztlichen Werkstoffen sowie statistischen Auswertungsmethoden. Der Ablauf der Arbeit wird in Abbildung 3 visualisiert.

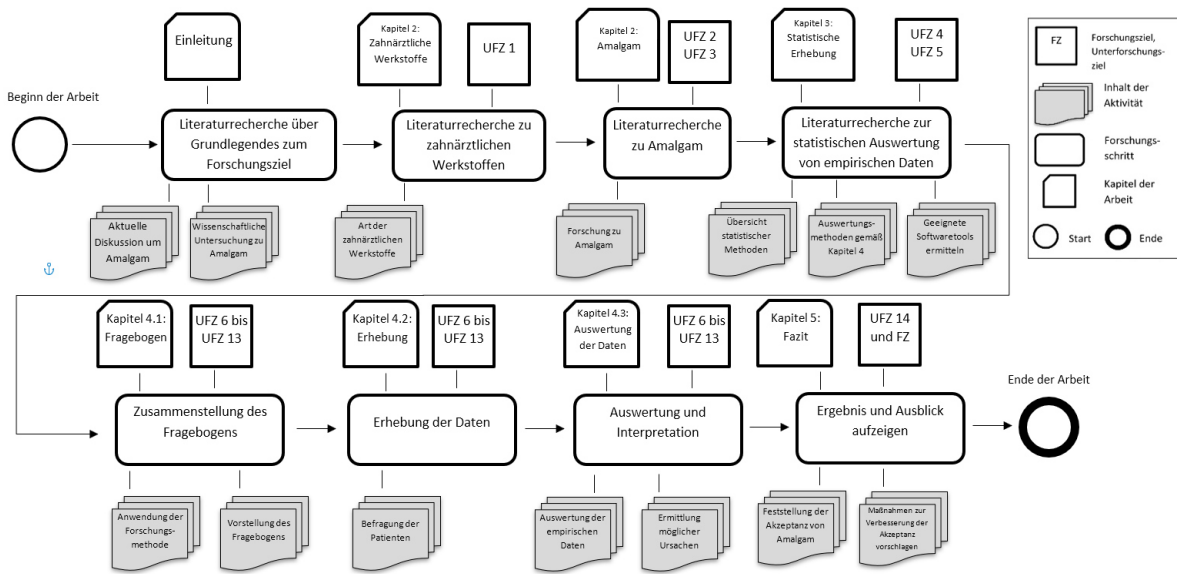


Abbildung 3: Vorgehen und Struktur der Arbeit (eigene Darstellung)

Demnach wurde zu Beginn der Arbeit eine Literaturrecherche zu grundlegenden Themen des Forschungszieles durchgeführt, die sich auf aktuelle Diskussionen, die Notwendigkeit des Forschungsvorhabens und auf wissenschaftliche Untersuchungen zu Amalgam beschränkte. Ebenso wurde eine grobe Übersicht über die bestehende Literatur zum Thema erstellt. Anschließend erfolgte die Formulierung der Einleitung auf Grundlage der Literaturrecherche. Eine zweite, intensive Literaturrecherche zum Thema Amalgam beziehungsweise zahnärztliche Werkstoffe diente der feingranularen Betrachtung und der fundierten Kenntnis des Themas im Kapitel 2. Somit konnten die Fragen im Kapitel 4 für den Fragebogen erstellt und die UFZ 1 bis 3 beantwortet werden. Auf diese Weise schuf die zweite Literaturrecherche ebenso die Grundlage zur Messung der Akzeptanz von Amalgam als zahnärztlichen Werkstoff. Zur Auswertung der erhobenen Daten war eine dritte Literaturrecherche hinsichtlich der statistischen Grundlagen notwendig. Mithilfe dieser konnte eine Übersicht der statistischen Methoden, der Auswertungsmöglichkeiten und geeigneter Softwaretools in Kapitel 3 erstellt sowie die UFZ 4 und 5 beantwortet werden.

Auf Basis der in den Kapiteln 2 und 3 recherchierten Inhalte, wird in Kapitel 4 die Evaluierung der Akzeptanz von Amalgam vorgenommen. Dieses Kapitel besteht aus drei Teilen und beantwortet als Ganzes die UFZ 6 bis 13. In Kapitel 4.1 wird zunächst der Fragebogen zur Messung der Zufriedenheit erstellt. Die Basis für die Fragen an den Patienten bilden die Inhalte des Kapitel 2. Darauffolgend werden in Kapitel 4.2 die Erhebung

der Daten und die dafür verwendeten Werkzeuge beschrieben. Abschließend, zur Beantwortung von UFZ 6 bis 13, erfolgt die Auswertung der ermittelten Daten. Hierbei dienen die in Kapitel 3 recherchierten Inhalte als Basis. Die Daten werden nach den zuvor beschriebenen geeigneten statistischen Konzepten sowie Werkzeugen analysiert. Das letzte UFZ 14 wird in Kapitel 5 beantwortet. An dieser Stelle werden die ermittelten Erkenntnisse zusammengefasst und interpretiert.

## 2 Zahnärztliche Werkstoffe

In diesem Kapitel wird eine Übersicht der zahnärztlichen Werkstoffe aufgezeigt. Dabei liegt der Fokus auf jenen Werkstoffen, die für eine Zahnfüllung verwendet werden. Bei diesen Materialien wird zwischen plastischen Füllungen und Einlagefüllungen unterschieden. Plastische Füllungen werden in einem formbaren Zustand in die Kavität gefüllt, wobei Einlagefüllungen zuvor außerhalb des Mundes vorbereitet und anschließend in die offene Kavität gesetzt werden (Bundesvereinigung, 2020). Aufgrund der zentralen Fragestellung dieser Arbeit wird dem Amalgam ein eigenes Unterkapitel zugewiesen und feingranular auf den Werkstoff eingegangen. Hierbei wird, als Erweiterung zur grundlegenden Erklärung, die Geschichte von Amalgam und die Diskussion im wissenschaftlichen Bereich aufgezeigt.

### 2.1 Eigenschaften zahnärztlicher Werkstoffe

In diesem Kapitel werden nur solche zahnärztlichen Werkstoffe vorgestellt, die der Zahnarzt nach der Präparation der Kavität nutzt, um den Zahn entsprechend zu befüllen und dabei die okklusale und proximale Fläche umfasst. Zusätzlich kann dabei auch ein Zahnhöcker umfasst werden. Dabei ist das grundlegende Ziel der konservativen Zahnheilkunde der Ersatz von Zahnhartsubstanz durch Materialien, die möglichst die gleiche Funktion wie die ursprüngliche Zahnhartsubstanz erfüllen und gleichzeitig ästhetischen Ansprüchen genügen. Die Auswahl der Materialien erfolgt vor der Behandlung des Patienten und wird auf deren zukünftige Verwendung und der Art der Restaurierung analysiert. Befindet sich der Bereich zur Restaurierung im vorderen sichtbaren Teil des Mundes, dann kommen primär zahnfarbene Materialien zur Anwendung. Die Festigkeit des Materials ist in diesem Fall zweitrangig. Befindet sich der Bereich zur Restaurierung im Seitenzahnbereich, dann werden bevorzugt metallische oder keramische Werkstoffe verwendet. In diesem Bereich ist der Werkstoff höheren Kaukräften ausgesetzt. Daher ist der ästhetische Anspruch sekundär. Allerdings verlangen vermehrt Patienten auch im Seitenzahnbereich nach zahnfarbenen Werkstoffen (Craig, et al., 2006, S. 1 ff.).

Insgesamt müssen Werkstoffe zur Befüllung der Kavität physikalischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften genügen. Von der Forschung wurden daher Mindeststandards entwickelt, wonach die Werkstoffe beurteilt werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Eigenschaften für Füllungswerkstoffe erläutert. Diese sind Dimensionsänderung, Wärmeleitfähigkeit, elektrische Eigenschaften, Wasseraufnahmefähigkeit,

Benetzbarkeit, mechanische Eigenschaften, Elongation, Zähigkeit, Härte sowie auch dynamische Eigenschaften (Craig, et al., 2006, S. 14 ff.).

Die Dimensionsänderung wird als eine prozentuale Verkleinerung oder Expansion eines Materials bezeichnet. Diese Eigenschaft ist wichtig bei der Herstellung von Restaurationen, da sie eine Genauigkeit bei der zu erstellenden Restauration erlauben. Darunter zeigt die thermische Dimensionsänderung eine lineare Änderung des Werkstoffes durch einen Längenunterschied einer Probe an. Zum Vergleich zwischen den Materialien wird der Koeffizient der thermischen Expansion berechnet, bei welchem eine Längenänderung in Längeneinheit pro Grad der Temperatureinheit angezeigt wird. Diese Eigenschaft ist insofern wichtig, da das Material beim Abbinden eine Dimensionsänderung erfährt und später, nach dem Einsetzen im Mund, thermischen Veränderungen ausgesetzt ist. Bei einer hohen Dimensionsänderung des Materials kann ein Spalt zwischen dem Material und der Zahnhartsubstanz entstehen. Dies kann, durch das Eindringen von Speichel und Essensresten, zu weiteren Erkrankungen des Zahnes und folglich möglicherweise sogar zum Verlust des ganzen Zahnes führen (Powers, et al., 2012, S. 64-65).

Die Wärmeleitfähigkeit eines Werkstoffes wird durch die Anzahl der Kalorie pro Sekunde ( $\text{cal/sec/cm}^2$ ) berechnet, die durch eine Fläche von  $1 \text{ cm}^2$  fließen und deren Temperaturabfall  $1 \text{ }^\circ\text{C/cm}$  beträgt. Damit zeigt dieser Term die Geschwindigkeit des Temperaturflusses innerhalb eines Werkstoffes an. Die Zahnhartsubstanz ist ein schlechter Wärmeleiter und schützt somit vor Schmerzentwicklung bei zu warmen oder zu kalten Speisen (Craig & Peyton, 1961, S. 411).

Elektrische Eigenschaften weisen Werkstoffe auf, wenn Patienten einen metallischen Geschmack beklagen. In der Forschung wird zwischen Galvanismus, also der Leitfähigkeit des Materials und der Korrosion, der Auflösung von Metallen im Mund, unterschieden. Galvanismus kann auftreten, wenn ein elektrischer Spannungsunterschied zwischen zwei Materialien im Mund besteht. Beispielsweise haben Aluminium und Gold ein unterschiedliches Elektrodenpotential und können bei einem Aufeinandertreffen elektrische Ströme auslösen, wobei der Speichel bei dieser Kombination als Elektrolyt wirkt. Eine Korrosion entsteht durch eine ähnliche Konstellation. Als Resultat kann sich der Werkstoff teilweise auflösen oder sogar Lochfraß aufweisen (Powers, et al., 2012, S. 67-68).

Eine weitere bedeutende Eigenschaft von Werkstoffen ist eine mögliche Löslichkeit sowie Wasseraufnahmefähigkeit. Sie charakterisiert, wie sehr sich ein Material im Mund auflöst beziehungsweise wieviel Mundflüssigkeit es aufnehmen kann. Die Löslichkeit

wird in Massenprozent angegeben oder als gelöstes Material in Milligramm pro Quadratmeter gemessen (Powers, et al., 2012, S. 70).

Die Benetzbarkeit von Werkstoffen zeigt, wie stark ein Werkstoff den Tropfen einer Flüssigkeit aufnimmt. Sie zeigt die Ausbreitung dieses Tropfens auf dem Festkörper. Dabei wird die Form des Tropfens durch den Kontaktwinkel, ermittelt durch die Tangente zum äußeren Rand des Tropfens, identifiziert. Bei einem kleinen Winkel weist der Werkstoff eine gute Benetzbarkeit auf. Hingegen weist ein Kontaktwinkel über 90 Grad eine niedrige Benetzbarkeit auf (Rupp, et al., 2014, S. 2894ff.).

Aufgrund der im Mund herrschenden Kaukräfte muss ein Werkstoff gute mechanische Eigenschaften aufweisen. Die Belastung auf den Zahn wird in Kraft pro Fläche gemessen. Je größer die Fläche ist, desto kleiner ist die Belastung und umgekehrt. Je kleiner die Fläche ist, desto größer ist die Belastung. Es wird zwischen Druck-, Zug- und Scherbelastung unterschieden (Craig, et al., 2006, S. 18). Bei der Druckbelastung wird das Material komprimiert, bei einer Zugbelastung wird das Material auseinandergezogen (Fischer, 2009, S. 1541-1543) und bei der Scherbelastung wird ein Teil des Werkstoffes zu einer Verschiebung gezwungen (Roydhouse, 1970, S. 131-132). Eine weitere mechanische Eigenschaft stellt die Spannung eines Materials dar. Dies bezeichnet die Längenänderung durch Verformung des Werkstoffes pro Längeneinheit. Menschlicher Zahnschmerz hat eine sehr geringe Spannung unter Belastung. Auch muss die Bruchfestigkeit eines Materials dem Einsatz entsprechend bewertet werden. Diese Eigenschaft stellt die Belastungsgrenze eines Werkstoffes dar, bei der ein Bruch auftritt (Craig & Peyton, 1958, S. 710-712). Die Härteeigenschaft, eine weitere mechanische Eigenschaft, ist die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen das Eindringen eines anderen Materials. Zur Messung der Härte werden mithilfe einer Diamantnadel längsdiagonale Einkerbungen in das Material vorgenommen. Anschließend wird deren Länge gemessen. Je kleiner die Einkerbung, desto härter der Werkstoff (Fischer, 2009, S. 1542-1543; Craig & Peyton, 1958, S. 661ff.).

Alle hier genannten Eigenschaften werden im Kapitel 2.6 erneut aufgegriffen. Anhand derer wird der Werkstoff Amalgam bewertet. Je nach Ergebnis der Untersuchung sind dadurch Annahmen über Ursachen zur Akzeptanz oder Ablehnung von Amalgam zu treffen. Gewiss können diese Eigenschaften nicht der einzige entscheidende Faktor sein. Dennoch handelt es sich um einige der Einflussfaktoren zur Auswahl eines Werkstoffes zur Füllung einer Kavität.

## 2.2 Metalle (Goldhämmerfüllungen)

Zur Restauration mit Füllungsmaterialien wird auch das Edelmetall Gold verwendet. Dieser Werkstoff wird in der Form einer Goldhämmerfüllung in die Kavität eingebracht. Dabei werden kleine Rollen aus Goldfolie Stück für Stück in den Zahn eingeklopft und so in der Kavität kalt verschweißt (Marxkors & Meiners, 2005, S. 165).

Heute konkurriert die Goldhämmerfüllung mit den plastischen Füllungsmaterialien, wie Zement oder verschiedenartigen Kompositen, und wird insbesondere aufgrund des zeitlich zu investierenden Aufwandes seltener verwendet. Eine Füllung dieser Art eignet sich vor allem für Kavitäten der Klasse I (okklusale Kavität), II (approximale Kavität im Seitenzahnbereich) und V (zahnfleischnahe Kavität am Zahnhals). In Abbildung 4 wird eine Kavität der Klasse V aufgezeigt, die mit einer Goldhämmerfüllung versorgt wurde. Das Material wird ebenfalls, wie in Abbildung 5 dargestellt, für Einlagefüllungen aus Gold verwendet.



Abbildung 4: Versorgung einer Kavität der Klasse V (eigene Darstellung)

Bei dieser Füllungsart wird ausschließlich reines Gold verwendet, das in der Form von Goldfolie, Schwammgold und Mat Foil dargereicht wird. Bei Verwendung der Goldfolie wird das Material zunächst in kleinere Kügelchen gerollt, indem zunächst kleinere Quadrate herausgetrennt und auf die Größe von bis zu 1/128 der ursprünglichen Foliengröße gefaltet werden. Diese Pellets werden dann in die Kavität eingesetzt. Bei Schwammgold und Mat Gold bzw. Mat Foil wird das Material zunächst nach den Umrissen der Kavität geformt und dann eingesetzt. Vor der Überführung in die Kavität wird das Gold zunächst unter einer Flamme erhitzt, um so mögliche Unreinheiten zu beseitigen. Anschließend

wird das Material mittels Kaltverschweißung miteinander manuell sowie mechanisch in Kontakt gebracht. Für die Unterfüllung des Materials wird, aufgrund seiner Druckfestigkeit, Phosphatzement genutzt (Kamann & Kamann, 2000, S. 599ff.).



Abbildung 5: Einlagefüllung mit Gold (eigene Darstellung)

### 2.3 Glasionomerzemente

Das konventionelle Glasionomerzement, auch Polyalkenoatzement, besteht aus den Komponenten Pulver und Flüssigkeit, die durch eine Säure-Basen-Reaktion ausgehärtet werden (Frankenberger & Krämer, 1999). Die Bestandteile des Pulvers sind zum einen Polyacrylsäure, Itakonsäure oder Maleinsäure und Kalzium-Aluminium-Silikat-Glas. Für die Flüssigkeit wird destilliertes Wasser oder wässrige Weinsäure verwendet. Die Abbinde-reaktion verläuft in drei Schritten. Im ersten Schritt werden Aluminium- und Kalziumionen aus dem Silikat gelöst. Darauffolgend reagiert zuerst Kalzium mit der Säure und bildet ein Kalziumpolykarboxylatgel, welches sehr empfindlich gegenüber Austrocknung und Flüssigkeit ist. Bei einer Kontamination mit Feuchtigkeit kann es zu einer verzögerten Abbindung kommen. Aus diesem Grund werden Matrizen, Bonds oder Lacke zum Schutz aufgetragen. Im dritten und letzten Schritt lagern sich ebenfalls Aluminiumionen in die Matrix ein und das Material, bezeichnet als Kalzium-Aluminium-Karboxylat-Gel, erhält seine gewünschte Stabilität (Gente & Willamowski, 2018, S. 107ff.).

Bei Glasionomerzementen wird zwischen Cermetzementen, hoch viskösen Glasionomerzementen und kunststoffmodifizierten Glasionomerzementen (Gente & Willamowski, 2018, S. 106) unterschieden. Cermetzemente werden durch Sinterung gebildet. Dabei



werden die Glaspartikel starker Hitze, unter dem Schmelzpunkt, ausgesetzt und Metall wird hineingeschmolzen. Dieses Verfahren erhöht die Biege- und Abriebfestigkeit der Füllung (Frankenberger & Krämer, 1999, S. 6). Hochvisköse Glasionomerzemente sind eine Weiterentwicklung der konventionellen Glasionomerzemente und geben mit der Zeit Fluorid ab. Dieses Material wird in Entwicklungsländern bei Kavitäten der Klasse V verwendet. Grund hierfür ist, dass die Karies nicht komplett aus der Kavität entfernt werden kann und mit der viskösen Eigenschaft eine Sekundärkaries vermieden werden soll (Frankenberger & Krämer, 1999, S. 9). Kunststoffmodifizierte Glasionomerzemente beinhalten in der Flüssigkeit, neben den bereits erwähnten Stoffen, zusätzlich noch Hydroxyethylmethacrylat, bisphenol A-glycidyl methacrylate und Fotoakzeleratoren. Durch die Polymerisation von mehreren Monomersorten mit der Polyacrylsäure kommt es zu kovalenten und ionischen Bindungen. Dieses Verfahren verleiht dem Material zusätzliche Härte und erlaubt, durch Diversifikation der Polymerisation, eine chemische Verbindung zwischen Werkstoff und Zahnhartsubstanz (Frankenberger & Krämer, 1999, S. 7ff.).

## 2.4 Komposite

Komposite in der Zahnmedizin sind zahnfarbene plastische Füllungswerkstoffe. Sie bestehen aus unterschiedlichen Materialien. Die Hauptbestandteile sind dabei die organische Matrix, die disperse Phase und die Verbundphase (Wolfgang H, et al., 2010, S. 178). Die organische Matrix besteht aus Monomeren, Initiatoren, Stabilisatoren, Farbstoffen, Pigmenten und Additiven. Das Monomer ist dabei das bisphenol A-glycidyl methacrylate (Bis-GMA) oder Urethandimethacrylat (UDMA). Als Komonomer wird Triethylen-Glycol-Dimethacrylat (TEGDMA) und Ethylen-Glycol-Dimethacrylat (EGDMA) verwendet. Diese Stoffe sind vor allem für die physikalischen sowie mechanischen Eigenschaften des Endproduktes verantwortlich. Das UDMA fungiert zusammen mit TEGDMA und EGDMA als organisches Zwischenglied in der Matrix. Dieses zentrale Molekül ist insbesondere für die mechanischen Eigenschaften verantwortlich, unter anderem für die Wasseraufnahmefähigkeit, Viskosität und Schrumpfung. Die Methacrylsäureester-Reste mit den Bis-GMA und UDMA sind hingegen für die physikalischen Eigenschaften von Bedeutung. Die Moleküle reagieren schon bei niedrigen Temperaturen, haben eine hohe Farbstabilität, sind toxisch unbedenklich und geruchs- sowie geschmacksneutral (Dermann, et al., 1995, S. 537ff.; Wolfgang H, et al., 2010, S. 178-179).

Weiterhin werden die Stoffe Benzoylperoxid oder Kampherchinon als Initiatoren verwendet. Diese Stoffe sind notwendig, da sie bei Aktivierung in Moleküle zerfallen und mit

den Doppelbindungen der Monomere reagieren. Der Prozess führt anschließend zur Aushärtung des Materials. Die Stabilisatoren in der organischen Matrix sind für die Lagerfähigkeit des Materials entscheidend. Hierbei wird Hydrochinonmethyläther zur Reaktion mit den Monomeren genutzt. Dies verhindert eine ungewollte vorzeitige Polymerisation. Eisenoxide werden als Pigmente benutzt, um dem Material eine natürliche Zahnfarbe zu geben. Zuletzt sind unter Additiva Materialien wie Weichmacher oder Lichtschutzmittel zu verstehen (Dermann, et al., 1995, S. 538).

Während der dispersen Phase werden anorganische Füllungswerkstoffe, wie Quarz, Keramik und Siliziumoxid, der Matrix zugegeben. Diese Materialien verbessern die Stabilität des Werkstoffes und verringern die Expansion des Materials unter thermischen Einflüssen. Weiterhin verringern sie die Schrumpfung während der Polymerisation. Bei den Füllungswerkstoffe wird zwischen konventionellen Kompositen und mikrogefüllten Kompositen unterschieden. Konventionelle Komposite bestehen aus Quarz, Glas, Aluminium oder Keramik. Aufgrund der erschwerten Polierbarkeit werden konventionelle Komposite weniger genutzt. Bei den mikrogefüllten Kompositen wird zwischen homogenen, inhomogenen und Hybridkompositen unterschieden. Homogene Komposite bestehen aus Aerosil und werden durch organische Siliziumverbindungen gewonnen. Sie haben eine höhere Dichte als konventionelle Komposite und sind somit für eine Hochglanzpolitur geeignet. Bei den inhomogenen Mikrofüllerkompositen werden Aerosil und Monomere zuvor polymerisiert und anschließend zermahlen. Die dadurch entstandene Masse wird mit weiteren feinsten Aerosil und einer organischen Matrix vermischt. Das daraus resultierende inhomogene Komposit enthält einen höheren Anteil des Füllungswerkstoffes. Bei der letzten Variante, den Hybridkompositen, werden die Vorteile der konventionellen Komposite und der mikrogefüllten Komposite vereint. Dabei überwiegt der Anteil der konventionellen Komposite und wirkt somit der Polymerisationsschrumpfung, also einer Schrumpfung des Materials während der Abbindung, entgegen (Hellwig, et al., 2018, S. 211-215).



Abbildung 6: Eine Komposit-Füllung eingesetzt in einer Kavität (eigene Darstellung)

Zuletzt findet zwischen den anorganischen Füllstoffen und der organischen Monomermatrix, zum Verbund zu einer organischen Matrix, eine Silanisierung statt. Zur Herstellung der Wechselwirkung wird das 3-Methacryloyloxypropyltrimetoxysilan verwendet und ermöglicht damit eine Hydrophobierung des Füllungswerkstoffes und einer Polymerisation der Monomere. Aus dieser Reaktion entsteht der gewünschte Verbundstoff, das Komposit, welcher in Abbildung 6 als bereits gesetzte Zahnfüllung dargestellt ist (Gente & Willamowski, 2018, S. 83).

Im Folgenden wird auf neuere Komposite, wie Kompomere, Ormocere, Polymergläser, Silorane und Bulk-Fill-Komposite, eingegangen. Diese Materialien sind allesamt Variationen von Kompositen, aber sie stellen den Versuch dar, die negativen Eigenschaften zu verringern und dabei die positiven Eigenschaften des Materials, wie zum Beispiel die mechanischen Eigenschaften, zu erhöhen.

#### **2.4.1 Kompomere**

Kompomere bestehen aus mit Polyalkensäure modifizierten Kompositen, denen Glasionomerbestandteile zugefügt werden und die unter Licht härten (Zimmerli, et al., 2010, S. 983). Die Matrix enthält, neben den bei Kompositen verwendeten Materialien, zusätzlich mit Dimethacrylate säuremodifizierte Monomere, die eine erhöhte Wasseraufnahmefähigkeit aufweisen als herkömmliche Komposite. Aufgrund der Doppelbindungen bei den Karbonsäuren der Kompomere wird die Säure-Basen-Reaktion der Glasionomerzemente sowie die radikalische Polymerisation der Komposite ermöglicht (Wolfgang H, et al., 2010, S. 178; Craig, et al., 2006, S. 77-78). Durch die Mischung der zwei Komponenten sollen die positiven Eigenschaften beider Materialien erhalten bleiben. Dabei handelt es sich einerseits um die einfache Handhabung sowie um die Fluoridabgabe von Zementen. Bei den Kompositen sind es vor allem die Ästhetik sowie die guten mechanischen Eigenschaften (Zimmerli, et al., 2010, S. 984).

#### **2.4.2 Ormocere**

Der Begriff der Ormocere setzt sich aus dem englischen Begriffen Organically Modified Ceramics zusammen. Ormocere sind modifizierte Keramikmaterialien, bestehend aus drei Komponenten. Bei der ersten Komponente handelt es sich um organische Polymere aus siliziumorganischen Monomeren. Der zweite Teil besteht aus anorganischen

Keramikanteilen, die zur chemischen und thermischen Stabilität des Materials beitragen. Die dritte Komponente besteht aus Polysiloxanen zur Definition der Elastizität, der Grenzflächeneigenschaften und der Verarbeitung. Je nach Menge der einzelnen Komponenten erhält die Matrix ihre mechanischen, thermischen und optischen Eigenschaften (Zimmerli, et al., 2010, S. 982; Marxkors & Meiners, 2005, S. 277; Ernst, 2010).

### **2.4.3 Polymergläser**

Polymergläser sind eine weitere Art von Kompositen, die aus einer Matrix mit höherer Vernetzungsdichte bestehen als herkömmliche Monomere. Zusätzlich werden der Matrix fluoridfreigebende polyglobuläre Füllstoffe zugegeben, die einen Teil der Polyglasmatrix aufnehmen sollen. Weitere Füllkörper, die der Matrix zugesetzt werden, sind Ba-Al-Si-F-Gläser und Sr-F-Gläser (Hellwig, et al., 2018, S. 224).

### **2.4.4 Nanofüllerkomposite**

Ein weiteres neueres Kompositmaterial sind die Nanofüllerkomposite. Es handelt sich hierbei um eine Matrix mit Füllmaterialien, die eine ähnliche Größe wie Mikrofüller besitzen. Doch sie weisen, aufgrund des höheren Füllkörpergehaltes, bessere mechanische Eigenschaften auf. Weitere Vorteile sind die sehr guten Poliereigenschaften sowie der daraus resultierende Glanz (Ernst, 2010, S. 198ff.).

### **2.4.5 Silorane**

Der Begriff Siloran setzt sich aus seinen chemischen Bestandteilen, Siloxan und Oxiran, zusammen. Die Grundstruktur des Materials stellt ein Polysiloxangerüst dar, das mit einem Anteil von Oxiran, welcher für die darauffolgende Reaktion bedeutsam ist, vermischt wird. Silorane polymerisieren, im Gegensatz zu anderen Kunststoffen, durch eine kationische Polymerisation. Anschließend wird bei Siloranen, zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, eine chemische Reaktion mit Füllkörpern durch Silan, als Füllkörper, durchgeführt. Aufgrund dieses Vorgehens kann eine Schrumpfung des Materials verringert werden (Görmann, et al., 2012, S. 242ff.).

### 2.4.6 Bulk-Fill-Komposite

Bulk-Fill-Komposite werden als sogenannte Fast-Track-Füllungstechnik verstanden. Diese Materialien ermöglichen es, durch einfache Anwendung, Kavitäten von 4-5 mm zu füllen und schnell aushärten zu lassen. Bei den Bulk-Fill-Kompositen wird zwischen den Bulk-Flow-Kompositen (niedrigviskös) und den Bulk-Fill-Kompositen (hochviskös) unterschieden. Bulk-Fill-Komposite beinhalten weniger Füllkörper. Sie eignen sich daher für mechanisch gering belastete Bereiche und werden deshalb in Kombination mit Hybridkompositen verwendet. Bulk-Fill-Komposite haben einen Füllkörperanteil von 58 – 70 Vol.-% mit einer Matrix bestehend aus UDMA. Sie sind daher in allen Bereichen anwendbar. Aufgrund ihrer guten Modellierbarkeit lassen sie eine Kauflächengestaltung nach dem Einsatz des Materials zu. Zudem weisen sie eine geringe Schrumpfung auf. Allerdings sehen die Füllungen aufgrund ihrer hohen Lichtdurchlässigkeit häufig grau aus (Tauböck, 2013, S. 318ff.; Manhart & Ilie, 2015, S. 28ff.).

## 2.5 Amalgam

Erstmals wurde Amalgam im Jahr 659 in den Schriften des chinesischen Arztes Su Kung und um 1107 als sogenannter „silberner Teig“ erwähnt (Malvin E., 1997). Im arabischen Raum tauchte dieser Stoff, ebenfalls im 12. Jahrhundert, erstmals als „al malgam“ auf, was „weich werdende Salbe“ bedeutet (Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, 2019; Dauderer, 1992). In Europa wurde Amalgam im 16. Jahrhundert in den Schriften des Ulmer Arztes Johannes Stocker zur Restaurierung von Kavitäten gefunden (Riethe, 1980, S. 443). Allerdings stehen heute Amalgamfüllungen, dargestellt in Abbildung 7, aufgrund seines Quecksilbergehaltes in der Kritik. Seit dem Jahr 2018 darf es nicht mehr bei Kindern, stillenden Müttern sowie bei Schwangeren angewandt werden. Trotzdem ist Amalgam der einzige Werkstoff, für deren Kosten die Krankenkassen vollumfänglich aufkommen. Das Bundesgesundheitsministerium stellte im Jahr 1992 fest, dass Amalgam nur bei Kavitäten der Klasse I und II zum Einsatz kommen sollte und nur dann, wenn keine andere Möglichkeit mehr besteht.



Abbildung 7: Amalgamfüllung eingesetzt in eine Kavität (eigene Darstellung)

### 2.5.1 Zusammensetzung

Bisher wird zwischen zwei Arten von Amalgamen unterschieden: Zum einen gibt es Kupfer-Amalgame und zum anderen Silber-Zinn-Amalgame. Kupfer-Amalgame werden heute nicht mehr verwendet. Bevor im Einzelnen auf diese zwei Arten eingegangen wird, erfolgt zunächst eine allgemeine Beschreibung des Amalgams (Wolfgang H, et al., 2010, S. 173).

Das Füllmaterial Amalgam entsteht, wenn eine Metallfeilung mit reinem Quecksilber vermischt werden. Das Alloy besteht aus einer Silber-Zinn-Kupfer-Legierung mit Zusätzen von Zink und Quecksilber. Die Anteile werden zunächst gewogen und eingeschmolzen, anschließend vermischt und in eine Form gegossen. Nach Abkühlung der Form werden die Barren herausgelöst und verspannt oder verdüst. Je nach Methode entsteht dabei Splitteramalgam (verspannt), Kugelamalgam (verdüst) bzw. sphäroidales Amalgam. Allerdings bestehen im Material noch Spannungen. Deshalb reagiert das Amalgam nach Zugabe von Quecksilber sehr schnell zu einer Art Paste, die bei Zimmertemperatur erhärtet. Dies hat den positiven Effekt, dass die Verarbeitungszeit erheblich verkürzt wird. Je nach Zusammensetzung und Legierung sowie Partikelgröße und Form kann die Abbindegeschwindigkeit gesteuert und damit dem Anwender die Verarbeitung erleichtert werden. Nach 10 Stunden erreicht das Amalgam etwa 90 % seiner vollkommenen Härte (Dermann, et al., 1995, S. 537).

Bei den Amalgamen wird zwischen Gamma-2-freien Amalgamen und konventionellen Amalgamen unterschieden (Hellwig, et al., 2018, S. 287-288), wobei Gente und Willamowski (2018, S. 242) eine Unterscheidung zwischen Kupfer-Amalgamen und Silber-Zinn-Amalgamen vornehmen. Im Folgenden werden diese zwei Arten beschrieben.

Kupfer-Amalgame werden heute in der Zahnmedizin nicht mehr verwendet. Dieses Amalgam enthielt bis zu 35 % Kupfer, der Rest bestand aus Quecksilber. Dieser Stoff bestand, bei Raumtemperatur, in der ersten Phase zunächst aus reinem Kupfer und in einer weiteren Phase, nach der Reaktion, aus Kupfer und Quecksilber, getrennt bei einer Solidustemperatur von 98 °C. Bei Abkühlung der Stoffe wurde das Gemisch zu einer Paste. Auf diese Weise war es verarbeitbar bis es nach mehreren Stunden eine geeignete Härte annahm. Der Vorteil des Kupfer-Amalgams lag in der karieshemmenden Wirkung. Doch die zahlreichen Nachteile, wie die Schwarz- und Grünfärbung der Zähne aufgrund des Kupfers (Korrosion), haben, neben den zusätzlichen gesundheitlichen Gefahren bei der Verarbeitung von Quecksilber, eine weitere Verwendung nicht mehr sinnvoll erscheinen lassen (Gente & Willamowski, 2018, S. 242). Die Abbildung 8 zeigt eine Amalgamfüllung, die bereits korrodiert ist.

Silber-Zinn-Amalgame werden aktuell in der Zahnmedizin verwendet. Dabei ist es entscheidend, ob der Werkstoff Gamma-2-Phasen enthält oder nicht. Dies ist insbesondere für die Entstehung von Sekundärkaries von Bedeutung, da bei einer Gamma-2-Phase während der Korrosion Zinnoxide freigesetzt werden und das Quecksilber mit dem vorhandenen Silber erneut zu einer Gamma-1-Phase reagiert. Das Resultat ist die Expansion der Füllung und eine Brüchigkeit an den Rändern zur Kavität. Die Füllung bricht unter dem Einfluss von Kaukräften heraus.

Ein konventionelles Amalgam ist ein solches Silber-Zinn-Amalgam mit einer höheren Gamma-2-Phase. Dieser Füllungswerkstoff besteht aus Silber (65%), Zinn (29%), Zink (2%) und Kupfer (6%). Diese Stoffe reagieren zusammen mit Quecksilber in zwei Phasen. Die erste Phase ist die Gamma-Phase ( $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ) und die zweite Phase ist die Epsilon-Phase ( $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ), wie in Abbildung 9 dargestellt. Bei der Zugabe von Quecksilber werden



Abbildung 8: Korrodierte Amalgamfüllung (eigene Darstellung)

Silber und Zinn aus den Alloys herausgelöst und ergeben die Gamma-1-Phase ( $\text{Ag}_5\text{Hg}_6$ ) und die Gamma-2-Phase ( $\text{Sn}_8\text{Hg}$ ) (Hellwig, et al., 2018, S. 286-288).

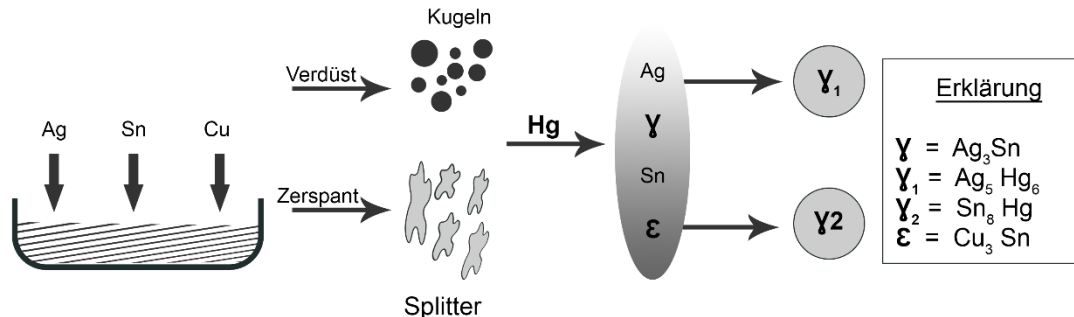


Abbildung 9: Herstellung von konventionellen Alloys und Reaktion mit Quecksilber (eigene Darstellung in Anlehnung an Hellwig et al. (2018, S. 287))

Bei Gamma-2-freien Amalgamen hingegen werden in der Feilung 13 % oder mehr Kupfer verwendet und Silber in Höhe von 40 bis 70 % beigemischt. Dadurch wird die Gamma-2-Phase unterdrückt und es kommt nicht zu einer unerwünschten erneuten Reaktion von Quecksilber und Silber in dem Maße, dass eine unerwünschte Expansion des Materials stattfindet oder es toxikologisch bedenklich ist (Hellwig, et al., 2018, S. 287-288). Gamma-2-freie Amalgame sind weniger korrosionsanfällig, polierbeständiger und randdichter (Hellwig, et al., 2018, S. 289). Das High Copper Dispersant (HCD), mit einem hohem Kupferanteil der sphärischen Partikel, und das High Copper Single Composition (HCSC), mit Splitteramalgame und sphäroidalem Amalgam, sind zwei Gamma-2-freie Amalgame mit jeweils hohem Kupferanteil. Je nach Zusammensetzung der metallischen Werkstoffe wird ein Metall als binäres, ternäres oder quaternäres Amalgam bezeichnet. HDC ist demnach ein quaternäres und HCSC ein ternäres Amalgam (Wolfgang H, et al., 2010, S. 173).

Amalgam wird in einer Kapselform dargereicht. Die Abbindung von Amalgam erfolgt durch die Verreibung des Legierungspulvers und des Quecksilbers mittels Kristallisation zu einer plastischen Masse. Diese Masse kann anschließend in die Kavität hineingedrückt werden. Amalgam verbindet sich nicht mit der Zahnhartsubstanz, die Kavität muss deshalb speziell mit untersichgehenden Retentionsstellen präpariert werden (Gente & Willamowski, 2018, S. 244; Albert, et al., 2000, S. 301).



## 2.5.2 Eigenschaften von Amalgam

Zu Beginn des Kapitels 2 wurden unter anderem die Eigenschaften der Werkstoffe erläutert und deren Notwendigkeit dargelegt. Hinsichtlich dieser Eigenschaften wird Amalgam nun mithilfe einer Literaturrecherche untersucht.

Zunächst ist die Festigkeit eines Werkstoffes entscheidend. Je nach Partikelart der Alloys erhält das Amalgam seine Zug- und Druckfestigkeit. Amalgam kann nicht direkt nach dem Legen der Füllung, im Gegensatz zu Komposit, voll belastet werden und erhält erst nach etwa 24 Stunden seine volle Festigkeit. Gemäß der American Dental Association (ADA) sollte die Druckfestigkeit einer Füllung nach einer Stunde 80 MPa betragen. Bei Amalgam ist nach einer Stunde, bei einem kugelförmigen Alloy oder einem gemischten Alloy, eine Druckfestigkeit von 188 MPa beziehungsweise 109 MPa erreicht (Craig, et al., 2006, S. 94). Je länger eine Füllung gelegt ist, desto stärker werden die mechanischen Eigenschaften. Dies liegt insbesondere am Auspressen des vorhandenen Quecksilbers und dem Verschluss von Poren, die innerhalb der Füllung bestehen können (Gente & Willamowski, 2018, S. 246).

Hinsichtlich der Dimensionsänderung entwickelt sich Amalgam nach 24 Stunden negativ. Bei der Herstellung beziehungsweise Verreibung der Materialien kommt es zu einer Expansion sowie zu einer Kontraktion des Werkstoffes. Die Dimensionsänderung von  $-3 \mu\text{m}/\text{cm}$  beziehungsweise  $-5 \mu\text{m}/\text{cm}$  ist die Summe aus den beiden Dimensionsänderungen (Craig, et al., 2006, S. 95).

Die Formveränderung (auch als „Creep“ bezeichnet), ist die Eigenschaft eines Materials, sich aufgrund von Kaukräften zu verformen. Bei Amalgam liegt der Creep-Wert bei 0,44 % beziehungsweise bei kugelförmigen Alloys bei 0,15 %. Dieser Wert liegt somit im Rahmen der für Füllungen vorgegebenen Werte der ADA von unter 3 % (Gente & Willamowski, 2018, S. 247).

Hinsichtlich des Anlaufens und der Korrosion reagiert Amalgam mit den im Speichel enthaltenen Elektrolyten, unter anderem mit Chloriden und Sulfiden. Aufgrund dieser chemischen Reaktion im Mund werden die zuvor polierten Füllungen dunkler und stumpf. Eine fortdauernde Korrosion hingegen kann die Restauration deutlich beschädigen. Um dem entgegenzuwirken, baut die Amalgamfüllung eine Passivierungsschicht auf, die ein Fortschreiten der Korrosion und damit der Zerstörung des Materials vorbeugt. Insbesondere Füllungen mit einer rauen Oberfläche erleiden häufiger eine Korrosion. Eine Reduzierung kann jedoch durch den Abtrag von Plaque, einer Schließung oder Vermeidung von Rändern und einer Politur der Füllung erreicht werden. Trotz der guten

mechanischen sowie physikalischen Eigenschaften von Amalgam wird dieser Werkstoff aufgrund des Anlaufens des Materials nur im Seitenzahnbereich genutzt (Metzler & Metzler, 1998, S. 756-758; Albert, et al., 2000, S. 300; Marxkors & Meiners, 2005, S. 253-254).

Bei der Therapie mit Amalgam können Fehler auftreten, die dann zu einer Verschlechterung der Zahngesundheit des Patienten führen können. Zusammen mit Speichel kann es zu einer galvanischen Reaktion verschiedenartiger benachbarter Materialien kommen, bei der das unedle Metall korrodiert (Harhammer, 2001, S. 152). Die Abbildung 10 zeigt eine solche galvanische Reaktionskette durch benachbarte Amalgamfüllungen und einer Goldfüllung.



Abbildung 10: Reaktion zwischen einer Amalgam- und Goldfüllung (eigene Darstellung)

Eine weitere Ursache für Probleme ist die ungenügende Kondensation von Amalgam. Wenn das Amalgam in zu großen Mengen in die Kavität eingeführt wird, dann kann der Werkstoff nicht gleichmäßig kondensieren und es kommt zu einem inhomogenen Füllungskörper. Die Folge sind Korrosion, Füllungsbruch, Creep, zu breite Randspalten und Füllungsbrüche (Wolfgang H, et al., 2010, S. 176). Die Abbildung 11 zeigt eine solche Restauration, bei der zu viel Amalgam aufgetragen wurde und es deshalb zu einem Füllungsbruch kam.



---

Abbildung 11: Füllungsbruch bei einer insuffizienten Amalgamfüllung (eigene Darstellung)

---

In Abbildung 12 wird eine Füllung gezeigt, die am Rand überläuft. Die Abbildung 13 zeigt ein Beispiel mit zu großem Rand zum Nachbarzahn. Beide Lösungen führen zu einem inhomogenen Füllkörper.



---

Abbildung 12: Amalgamfüllung mit überfülltem Rand (eigene Darstellung)

---



---

Abbildung 13: Füllung mit einem zu großen Spalt zum Nachbarzahn (eigene Darstellung)

---

Ungenügende Retentionsformen bei einer Restauration mit Amalgam können dem Patienten zusätzliche Probleme verursachen. Dabei muss sich die Retention aus der konvergierenden Gestaltung korrespondierender Schmelz- und Dentinwände ergeben (Wolfgang H, et al., 2010, S. 176). Die Abbildung 14 zeigt eine zu hohe Amalgamrestauration, die die Verankerung einschränken kann und die Okklusion beschädigt.



Abbildung 14: Amalgamfüllung mit einer fehlenden Retentionsform (eigene Darstellung)

Weitere Probleme treten auf, wenn die Karies unvollständig beseitigt wird und sich unter der Füllung weiter ausbreitet, wenn die Widerstandsform ungenügend ist und dadurch die Schmelzwände brechen oder wenn Feuchtigkeit bei unzureichender Trockenlegung eindringt und dadurch die Kondensation der Restauration nicht ausreichend gewährleistet ist. Zuletzt kann eine unsachgemäße Politur eine Überhitzung des Materials erzeugen. Dies kann zu Sekundärkaries führen oder eine undichte Kontaktbeziehung zum Nachbarzahn zur Folge haben (Wolfgang H, et al., 2010, S. 177).

### 2.5.3 Biokompatibilität

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt eine Gesamtaufnahme von Quecksilber zwischen 10 – 20 µg pro Tag. Ein Mensch nimmt mit der Nahrung, insbesondere durch Fisch und Thunfisch, auch Quecksilber auf, welches sich im Magen-Darm-Trakt resorbiert. Bedenklich allerdings ist die Eigenschaft von Amalgamfüllungen, verschiedene Metallionen in die Mundhöhle abzugeben. Das dabei freiwerdende Quecksilber führt zu wissenschaftlichen Diskussionen und bedenklicher Toxizität von Amalgam (Harhammer, 2001, S. 150ff.). In keinem der bisherigen wissenschaftlichen Studien

konnte eine größere Beeinträchtigung des gesundheitlichen Zustandes durch Amalgam oder Quecksilber nachgewiesen werden (Hellwig, et al., 2018, S. 302). Selbst in Langzeitstudien konnten keine neuropsychologischen oder kognitiven Funktionsstörungen bei zahnmedizinischem Personal, welches bei der Verarbeitung von Amalgam mitwirkt, festgestellt werden (Schweinsberger, 2011, S. 29ff.).

Der Werkstoff Quecksilber ist bei Raumtemperatur flüssig und ein gewisser Prozentsatz geht in die Gasphase über. Das Element geht mit zahlreichen Metallen intermetallische Phasen ein und liegt dann als einwertige oder zweiwertige ionische Form vor. Quecksilber kommt in der Natur vor, zum Beispiel bei Vulkanismus, Bodenerosionen oder Verwitterung. Liegt Quecksilber in flüssiger Form vor, entsteht Quecksilberdampf, der zu 80 % von der Lunge absorbiert wird und als toxikologisch bedenklich eingestuft werden muss. Quecksilberdampf kann während der Verarbeitung einer Füllung oder beim Herausbohren entstehen. Aber auch eine Amalgamfüllung kann Quecksilber als Dampf abgeben. Dieses inhalierte Quecksilber wird dann zu einem hohen Anteil über die Lunge aufgenommen und gelangt anschließend ins Blut. Von dort aus kann der Stoff die Blut-Hirn-Schranke passieren und bleibt langfristig im Zentralnervensystem gespeichert. Das resorbierte Quecksilber wird über die Nieren sowie über den Stuhl wieder ausgeschieden (Schweinsberger, 2011, S. 32).

Beim Legen oder beim Entfernen von Amalgamfüllungen können durch Schleimhaut- oder Hautkontakt Allergien auftreten. Hierbei wurden bisher Reaktionen der Haut durch Ekzeme oder Dermatitis beobachtet. In einzelnen Fällen konnten zudem Schleimhautreaktionen beobachtet werden. Eine Allergie gegen Quecksilber bedeutet jedoch nicht auch eine Allergie gegen Amalgam. Trotz dessen besteht ein Zusammenhang zwischen der Konzentration von Quecksilber im Blut und im Urin mit der Anzahl der Amalgamfüllungen eines Patienten. Dies ist insbesondere nach dem Legen der Amalgamfüllung zu beobachten, dies reduziert sich aber nach einiger Zeit wieder auf Normalwerte zurück (Wolfgang H, et al., 2010, S. 173). Jedoch tragen zahlreiche Amalgamfüllungen zu der Gesamtbelastung des Menschen durch Quecksilber bei und können diese erhöhen. In einer Studie wurde festgestellt, dass sich die Quecksilberbelastung von Menschen mit typischen Krankheitssymptomen, von denen einer Kontrollgruppe aus der Studie unterscheidet. Die Konzentration gebildeter Quecksilberdepots in den Nieren, die aufgrund einer Amalgamfüllung entstehen, ist zwar erhöht aber liegt im Normalbereich und unterschreitet stark die Höhe der Quecksilberbelastung bei Personen mit vorliegender Quecksilbervergiftung. Aus diesem Grund wird festgestellt, dass Amalgam zwar zu einer erhöhten Quecksilberbelastung des Patienten beiträgt, aber dies nicht signifikant zur

Bildung von Krankheiten führt und somit keinen Rückschluss auf Quecksilber aus Amalgam ermöglicht (Schweinsberger, 2011, S. 29-32; Wolfgang H, et al., 2010, S. 173).

Trotz der unbewiesenen Belastung sowie geringer Toxizität für den Menschen durch Amalgam, geben das Bundesgesundheitsministerium und das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte relative und absolute Empfehlungen zur Verwendung von Amalgam bekannt. Absolute Kontraindikation, das heißt Amalgam sollte unter keinen Umständen genutzt werden, gilt, wenn Allergien gegenüber Bestandteilen von Amalgam bestehen, das Material zum Aufbau von Kronen oder als Füllungsmaterial in Kronen verwendet werden soll (Wolfgang H, et al., 2010, S. 173).

Die Kriterien, bei denen eine Amalgamfüllung vermieden werden sollte, aber trotzdem erfolgen kann, sind folgende Fakten: Beim okklusalen oder approximalen Kontakt mit einer vorhandenen Amalgamfüllung oder einer Goldrestauration, durch die elektrochemische Reaktionen auftreten können, sollte auf eine neue Amalgamfüllung verzichtet werden. Zudem ist Amalgam seit dem 1. Juli 2018 bei Schwangeren, Stillenden sowie Kindern, nach Vorgabe des BGA und der Bundeszahnärztekammer (2018), unter keinen Umständen anzuwenden. Eine Prüfung auf einen kompletten Verzicht von Amalgam ab dem Jahr 2030 ist aktuell in der Diskussion. Zuletzt wird von der Verwendung von Amalgam bei Patienten mit schweren Nierenfunktionsstörungen abgeraten (Schweinsberger, 2011, S. 32).

### **3 Statistische Erhebung**

In der vorliegenden Arbeit wird ein Fragebogen, vorgestellt in Kapitel 4, zur Untersuchung der Akzeptanz von Amalgam verwendet. Gemäß den darin gesammelten Daten müssen die Methoden der deskriptiven Statistik verwendet werden. In diesem Kapitel werden ebendiese Methoden der Statistik vorgestellt und einige Software-Lösungen präsentiert, die den Nutzer bei der Auswertung unterstützen. Damit beantwortet dieses Kapitel die UFZ 4 und 5, die eine statistische Auswertung der Daten vorsehen und nach möglichen Softwarelösungen fragen.

#### **3.1 Erhebungsmethode**

Zur Erhebung der Daten und Untersuchung der zentralen Forschungsfrage wird ein Fragebogen verwendet. Dieser Art der Erhebung entspricht der in Kapitel 1.2.1 beschriebenen quantitativen Forschungsmethode und dient, gemäß der Forschungsfrage, der schriftlichen Befragung der Meinung von Patienten über Amalgam.

##### **Arten von Fragen**

Der Fragebogen kann, wie in Kapitel 1.2.1 beschrieben, aus offenen und geschlossenen Fragen bestehen und stellt daher eine strukturierte Befragung dar. Im vorliegenden Fall werden beide Fragearten verwendet und auch Mischfragen genutzt, die einen offenen Teil für eigene Angaben des Probanden beinhalten.

##### **Gestaltung der Antworten**

Zur Erhebung der Daten sollen die Antworten entsprechend formatiert werden. In der Literatur wird zwischen dem freien Antwortformat, dem gebundenen Antwortformat, dem dichotomen Antwortformat und Ratingskalen zur Formatierung unterschieden (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 54ff.).

Das freie Antwortformat dient der Darstellung von offenen Fragen. Die Antwortmöglichkeiten bei diesem Format sind vom Probanden frei wählbar. Dabei kann zum Beispiel nur das Medium vorgegeben werden und der Proband soll selbstständig eine vorgegebene Aufgabe erledigen. Bei einer weiteren Form wird dem Probanden ein bestimmtes Verhalten vorgegeben, wie zum Beispiel die Aufforderung zur Nennung von drei Antworten.

Zuletzt kann das freie Antwortformat in der Form eines Lückentextes umgesetzt werden, bei dem der Proband die Lösung selbst angeben muss (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 54).

Das gebundene Antwortformat ist eine Form zur Gestaltung der geschlossenen Fragen. Bei dieser Art der Gestaltung werden dem Probanden genaue Antwortmöglichkeiten vorgegeben, was den Antwortbereich damit stark eingeschränkt (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 55).

Bei dem dichotomen Antwortformat werden geschlossene Fragen umgesetzt. Doch dem Probanden liegen hier nur zwei Antwortmöglichkeiten vor. Auf diese Weise wird er dazu gezwungen, eine von diesen Möglichkeiten auszuwählen. Diese Form des Antwortformats wird auch „Forced-Choice“-Format genannt.

Als Ratingskalen werden solche Fragen bezeichnet, die abgestufte Antwortkategorien darstellen und damit mehr Informationen erheben können. Die Antwortkategorien stellen für den Probanden eine Rangordnung dar und können sich sowohl nur auf eine Frage des Fragebogens beziehen als auch mehrere Fragen umfassen. Diese Art von Skala wird auch Likert-Skala genannt. Des Weiteren können Skalen eine unipolare Darstellung haben, bei der eine Steigung in eine Richtung erfolgt. Bipolare Skalen hingegen haben eine Ausdehnung in beide Richtungen, das heißt, eine Steigung in der Richtung eines negativen und eines positiven Pols. Die Anzahl der Abstufungen sollte dabei zwischen 5 und 7 liegen. Ob eine gerade oder eine ungerade Anzahl der Abstufungen gewählt wird, liegt an den Bedürfnissen des jeweiligen Forschers. Gerade Anzahlen erzwingen eine Antwort, wobei ungerade Anzahlen die negative Folge haben, dass der Proband die mittlere Antwortmöglichkeit wählt, die einer Verweigerung der Antwort gleichkommt. Die Benennung der Kategorien kann hierbei mit Zahlen, Symbolen oder mit Worten erfolgen, wobei eine Rangordnung bei der Beschreibung mit Worten nicht immer ersichtlich ist. Eine weitere Darstellung der Antworten kann mittels einer Analogskala erfolgen. Dieses Format bietet dem Probanden die Möglichkeit, auf einem Kontinuum zu antworten. Dabei können zwei Ränder festgelegt werden, zwischen denen der Proband eine Beurteilung abgeben kann.

### **Einleitung eines Fragebogens**

Ein Fragebogen sollte zunächst aus einer inhaltlichen Einleitung für den Nutzer bestehen. Daraus kann der Befragte einen ersten Eindruck über die Befragung erhalten und wird über die Ziele der Befragung informiert. Eine Person zur Unterstützung für eventuelle



Rückfragen ist zwar vor Ort, aber greift nicht aktiv in die Befragung ein. Der Fragebogen wird daher selbst vom Probanden ausgefüllt. Bei einem Online-Fragebogen ist keine andere Person zugegen (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 45ff.; Hussy, et al., 2013, S. 75). Aus diesem Grund sollte in der Einleitung eine klare und kurze Darstellung der forschenden Person sowie der Einrichtung erfolgen. Weiterhin sollte die Fragestellung grob dargestellt werden und eine Erklärung zur Weiterverwendung der Daten erfolgen. Darüber hinaus sollte dem Probanden die Notwendigkeit seiner Teilnahme erläutert werden, mit der Bitte um korrekte Angabe der Daten sowie dem Hinweis, dass es weder richtige noch falsche Antworten gibt. Zuletzt sollte dem Probanden gedankt werden. Die Einleitung des Fragebogens ist sehr wichtig, da diese Missverständnisse ausräumt und einen eventuellen Bearbeitungsabbruch vorbeugen kann (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 50-52).

Allgemein sollte ein Fragebogen eine einfache Formulierung nutzen und die Fragen verständlich gestalten. Dabei sollte keine zu hohe Anforderung an die mentale oder kognitive Fähigkeit des Probanden gelegt werden. Trotzdem sollte die Formulierung entsprechend des Adressaten erfolgen und die gleiche Sprache beziehungsweise den identischen Wortschatz verwenden. Weiterhin sollten die Fragen keine Verneinungen enthalten und sie sollten nicht überfrachtet formuliert sein. Zudem sollten nicht solche Fragen verwendet werden, welche von den Befragten ähnlich beantwortet werden können und sich damit inhaltlich nicht klar abgrenzen. Ferner sollte hinsichtlich eines bestimmten Bereiches nicht nur eine Frage formuliert werden, vielmehr sollten mehrere Fragen erstellt werden, die alle Aspekte des Untersuchungsgegenstandes abbilden. Eine weitere Gefahr sind die sogenannten „Forced Choice“-Fragen, weil sich bei diesen Fragen die Antwortoptionen nicht logisch ausschließen (Hussy, et al., 2013, S. 76-77).

Als weiterer Hinweis für die Erstellung eines Fragebogens gilt, dass negative Antworttendenzen ausgeschlossen werden. Dies sind solche Tendenzen, die eine Auswertung des Fragebogens negativ hinsichtlich der Verfälschbarkeit beeinflussen. Dies kann geschehen, wenn sich der Proband absichtlich verstellt, da er eventuell negative Folgen für sich vermutet oder sich mit einer betroffenen Zielgruppe solidarisiert. Weiterhin kann ein Proband falsch antworten, wenn er eine Antwortmöglichkeit für eine soziale Erwünschtheit ansieht. Auch kann eine Frage so vorformuliert sein, dass jeder Proband dazu geneigt ist, die Frage mit der gleichen Antwortmöglichkeit zu beantworten. Zudem konnte beobachtet werden, dass Probanden auffallend oft die Mitte oder die Extreme einer Skala bevorzugen. Die Ursache dafür kann darin liegen, dass der Proband eventuell keine Informationen preisgeben will oder vorab nicht ausreichend aufgeklärt wurde. Der Primary-Recency-Effekt ist ein weiterer Effekt, der das Ergebnis verfälschen kann. Bei diesem Effekt

wählt der Proband seine Antwort nach der Wortlänge oder Wortfolge aus. Dies kann ebenfalls dadurch hervorgerufen werden, wenn er zu Beginn nicht ausreichend aufgeklärt wurde oder am Ende des Testes die Ermüdung steigt oder die Motivation sinkt. Weitere Tendenzen zur Verfälschung sind die rasche Bearbeitung aufgrund von Zeitmangel, die Tendenz zur ersten passenden Kategorie, die Beeinflussung durch motivationale Bedingungen oder Mustermalen, das heißt, eine Überforderung des Probanden aufgrund der Dauer der Befragung oder aufgrund von sich wiederholenden Fragen. Dadurch wird, im Fall des Mustermalens, ein grafisches Muster bei den Antworten ersichtlich. Dies weist auf eine geringe Motivation des Probanden hin.

Bei der Erstellung des Fragebogens sollte auf solche Effekte geachtet werden. Mithilfe eines vorherigen Testes sollten diese Effekte entdeckt beziehungsweise ausgeräumt werden.

### **Prüfung des Fragebogens**

Nach Fertigstellung des Fragebogens kann durch erste Probanden eine Prüfung der Fragen und damit des ganzen Fragebogens durchgeführt werden. Hierbei wird der gesamte Fragebogen auf Brauchbarkeit und Qualität getestet. Dadurch können negative Einflüsse auf die Befragung, wie negative Antworttendenzen und eine fehlende Plausibilität des Fragebogens, frühzeitig verbessert beziehungsweise behoben werden (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 61).

## **3.2 Auswertungsmethoden**

Die Statistik ist die Konzeption und Anwendung von formalen Methoden und Modellen. Dies wiederum ermöglicht die Gewinnung, Aufbereitung und Analyse von Daten, wodurch sich weiterführende Maßnahmen zur Behebung der untersuchten Problematik formulieren lassen (Assenmacher, 1996, S. 1). Statistische Methoden sind für die Auswertung von empirischen Daten unerlässlich. Die erhobenen Daten dieser Arbeit werden mittels deskriptiver Statistik untersucht. Auf diese Weise werden die ermittelten Daten mithilfe von Tabellen, Diagrammen, Parametern und Maßzahlen übersichtlich sowie durch Abstraktion dargestellt und geordnet. In diesem Kapitel werden die Ausprägungen der deskriptiven Statistik vorgestellt und anschließend in Kapitel 4, anhand der erhobenen Daten, verwendet. Zuvor erfolgt eine Vorstellung der in der deskriptiven Statistik verwendeten Skalen.

## Skalenniveaus

Zur Messung der Ergebnisse müssen die Antworten durch eine Skala messbar gemacht werden. Die Ausprägungen der Skala, welche ein Bezugssystem für die Antworten darstellen, werden mit den Skalenniveaus ausgedrückt. Grundsätzlich werden vier Skalenniveaus unterschieden: Nominal-Skala, Ordinal-Skala, Intervall-Skala und Ratio-Skala, (Porst, 2014, S. 71).

Bei einer Nominal-Skala werden den Ausprägungen Symbole oder Ziffern derart zugeordnet, dass Sie sich gegenseitig ausschließen. Beispielsweise kann bei der Frage nach dem Geschlecht nur mit „männlich“, „weiblich“ oder „divers“ geantwortet werden. Zusätzlich wird, zwecks Auswertung, diesen Antworten eine Ziffer zugeordnet, wie zum Beispiel „1=weiblich“ und „2=männlich“ (Porst, 2014, S. 71-72).

In einer Ordinal-Skala stehen die Antwortmöglichkeiten in einer relationalen Beziehung zueinander. Dabei unterliegen die Ausprägungen einer Rangordnung. Ein Beispiel hierfür ist die Frage nach der Häufigkeit der Zahnpflege, die mit „selten, oft, sehr oft“ beantwortet werden kann. Bei diesem Beispiel stehen die drei Antwortmöglichkeiten in einer Rangordnung zueinander, aber wie groß die Abstände zwischen den Antwortmöglichkeiten sind, wird nicht definiert (Porst, 2014, S. 73-74).

Liegt zwischen den Antwortmöglichkeiten ein definierter gleichbleibender Abstand, dann wird von einer Intervall-Skala gesprochen. Ein Beispiel hierfür ist die Temperaturskala, bei der jeder Wert genau 1 °C voneinander entfernt liegt. Für die Auswertung beziehungsweise Bildung von arithmetischen Mitteln oder Korrelationen, ist diese Skala gegenüber den anderen geeigneter. Selbst Ordinal-Skalen werden mittels einer endpunktbenannten Skala zum Zweck der Auswertung zu einer Intervall-Skala modifiziert. Dazu werden bei der Konstruktion des Fragebogens zwei Endpunkte festgelegt und der Proband soll sich, dargestellt in Abbildung 15, anhand von Antwortkästchen in eine Richtung entscheiden.

Trifft überhaupt nicht zu 

--	--	--	--	--

 trifft voll und ganz zu

Abbildung 15: Darstellung einer endpunktbenannten Skala (eigene Darstellung)

Bei Ratio-Skalen handelt es sich letztlich um Intervall-Skalen mit einem Nullpunkt. Dabei haben die einzelnen Werte den gleichen Abstand zueinander. Diese Skala wird häufig zur Messung von Längen oder Zeiträumen verwendet, wie zum Beispiel die Höhe des Einkommens, das Alter oder die Anzahl der Kinder.

## Tabellen

Unter der tabellarischen Darstellung werden Häufigkeitstabellen und Kreuztabellen unterschieden. Eine einfache Häufigkeitstabelle umfasst die Darstellung der einzelnen Parameter nach der Höhe und der prozentualen Verteilung auf die Gesamtheit. Kreuztabellen hingegen setzen die Häufigkeitsverteilung bestimmter Ausprägungen in Zusammenhang von Merkmalen. Eine analytische Auswertung dieser Daten kann mithilfe des Chi-Quadrat-Testes erfolgen. Bei diesem Test wird überprüft, ob es eine auffällige Kombination von Merkmalen gibt (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 86-87; Assenmacher, 1996, S. 173). Zur Analyse der Akzeptanz von Amalgam können derartige Kombinationen von Merkmalen aufschlussreich sein. Diese Methode wird deshalb in Kapitel 4 angewendet.

## Diagramme

Mittels Balken- oder Liniendiagrammen können die Ausprägungen von nominal-, rational- sowie ordinalskalierten Daten dargestellt werden. Dabei wird die Merkmalsausprägung auf der X-Achse und die jeweilige Häufigkeit auf der Y-Achse angezeigt. Balkendiagramme eignen sich dabei für ordinal- oder nominalskalierte Daten, Liniendiagramme für rational skalierte Daten (Puhani, 2020, S. 10).

Ein Histogramm ist eine weitere Möglichkeit, um ermittelte Merkmale darzustellen. Diese Diagrammart besteht aus unmittelbar angrenzenden Rechtecken und ist für intervallskalierte Daten geeignet. Diese Art von Darstellung kommt zum Einsatz, wenn viele verschiedene Ergebniswerte vorliegen und in Klassen zusammengefasst werden müssen. Daher wird als Ergebnis die Häufigkeit der Klassen gezeigt und nicht die einzelnen Werte (Puhani, 2020, S. 11; Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 92).

Boxplots sind Diagramme zur Darstellung von intervallskalierten Daten. Häufig wird diese Diagrammart zur Darstellung von Lage- und Streuungsmaßen, wie dem arithmetischen Mittel oder der Normalverteilung, genutzt. Eine weiterführende Erklärung hinsichtlich der Maßzahlen erfolgt innerhalb dieses Kapitels.

Eine weitere Möglichkeit zur Darstellung von Merkmalen sind Streudiagramme. Diese Diagrammart wird zur Darstellung von rational skalierten und intervallskalierten Daten genutzt. Hierbei ist nicht nur die Werteverteilung eines Merkmales interessant, sondern auch deren Zusammenhang. Um diesen Zusammenhang aufzuzeigen, wird ein Merkmal auf der X-Achse und das andere Merkmal auf der Y-Achse dargestellt. Die Punkte des Streudiagrammes verdeutlichen dann den Zusammenhang zwischen diesen beiden

Merkmalen. In Abbildung 19 wird ein solches Streudiagramm bzw. Punktdiagramm vorgestellt. Es zeigt die Anzahl der eigenen Zähne von Probanden.

### **Lageparameter**

Unter den Lageparametern werden solche Werte verstanden, die eine zentrale Tendenz darstellen, wie das arithmetische Mittel, der Median und der Modalwert.

Das arithmetische Mittel wird bei intervallskalierten und rational skalierten Daten angewandt. Diese bedeutet, dass die Werte  $1 \dots n$  addiert werden und das Ergebnis anschließend durch die Anzahl der addierten Werte geteilt wird. Der daraus resultierende Durchschnittswert stellt einen Schwerpunkt der Daten dar und gibt darüber Auskunft, je nach Merkmal, wie hoch die Ausprägung durchschnittlich ausfällt. Weitere Möglichkeiten sind das gewogene arithmetische Mittel, bei dem jeder Wert zusätzlich mit deren Häufigkeit des Auftommens multipliziert wird und das arithmetische Mittel für klassierte Merkmalsausprägungen. Bei Letzteren werden die einzelnen Werte zusätzlich mit deren Klassen multipliziert und anschließend durch die Gesamtausprägung geteilt (Puhani, 2020, S. 23ff.).

Der Median wird bei der deskriptiven Statistik verwendet, um einen Punkt zu ermitteln, unter und über welchem jeweils die Hälfte der Verteilung liegt. Dieser wird bei nominalskalierten Daten angewendet. Dieser Wert sollte zusätzlich zum arithmetischen Mittel ermittelt werden, da das arithmetische Mittel allein eine verzerrte Darstellung von der Verteilung der Daten liefern kann. Sollte mehr als ein Zentralwert ermittelt werden, dann besteht die Möglichkeit, das arithmetische Mittel aus beiden Werten zu ermitteln (Puhani, 2020, S. 25; Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 101).

Der Modalwert, Modus oder auch häufigster Wert genannt, ist jener Wert, der in den Ausprägungen am häufigsten vorkommt. Diese Zahl kann bei allen Skalenniveaus ermittelt werden (Puhani, 2020, S. 26).

### **Streuungsparameter**

Unter den Streuungsparametern werden Auswertungen der Spannweite, Varianz, Standardabweichung und dem Variationskoeffizienten durchgeführt. Insgesamt geben diese Parameter an, inwiefern sich die Merkmalsausprägungen voneinander unterscheiden, wie die Merkmalsausprägungen verteilt sind und wie sehr sie von der Mitte der Werte abweichen.

Die Spannweite ist ein Parameter, der die Distanz zwischen der geringsten und der höchsten Ausprägung darstellt. Eine Betrachtung des Wertebereiches zwischen diesen beiden Extremwerten erfolgt nicht (Puhani, 2020). Bei der Varianz hingegen wird eine Formel für alle Ergebnisse ermittelt. Dabei wird für alle Ausprägungen eine Funktion erstellt, womit eine grundlegende Struktur der vorliegenden Daten offenbart wird. Die Varianz ist für intervallskalierte und rational skalierte Daten anwendbar. Das Vorgehen umfasst zunächst die Berechnung des arithmetischen Mittels, die Subtraktion des arithmetischen Mittels von jeder Merkmalsausprägung und die anschließende Quadrierung der Werte, die beim Abzug des arithmetischen Mittels erhalten bleiben. Zuletzt wird eine Summe der quadrierten Werte ermittelt und durch die Anzahl der Merkmalsausprägungen  $N - 1$  dividiert (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 103-105). Die mit der Varianz verknüpfte Standardabweichung ist die Quadratwurzel aus der Varianz. Wenn dieser Wert klein ist, dann liegen alle Werte nah am arithmetischen Mittel (Mittelwert). Ist dieser Wert hingegen groß, dann sind die Werte weiter vom Mittelwert entfernt. Die Werte der Varianz und der Standardabweichung sind gleich Null, wenn alle Werte die gleiche Distanz zueinander haben (Raab-Steiner & Benesch, 2012, S. 104-105). Zuletzt ist der Variationskoeffizient geeignet, um eine Aussage von der relationalen Standardabweichung vom arithmetischen Mittel zu treffen. Dieser Parameter ist für intervallskalierte Werte geeignet (Puhani, 2020, S. 35). Die Deutung dieses prozentual ausgegeben Koeffizienten erfolgt je nach vorliegenden Merkmalen. Im Kapitel 4 wird auf die Merkmalsausprägungen eingegangen und, je nach Verwendung, eine Interpretation der Ergebnisse durchgeführt.

## 4 Evaluierung der Akzeptanz von Amalgam

In diesem Kapitel liegt der Fokus auf der Vorstellung der Erhebungsmethode in der vorliegenden Arbeit sowie auf der Interpretation der Ergebnisse. Aufgrund der anfangs formulierten Forschungsfragen stellt der Fragebogen das geeignete Mittel zur Evaluation dar. Zunächst werden im Folgenden der Fragebogen und die darin enthaltenen Fragen vorgestellt. Anschließend erfolgt die Erläuterung des Vorganges der Erhebung der Daten. Abschließend wird die Auswertung der Daten durchgeführt.

### 4.1 Fragebogen

Der für diese Forschungsarbeit erstellte Fragebogen wurde nach den Vorschlägen von Porst (2014) angefertigt. Die drei wesentlichen Bereiche des Fragebogens umfassen die persönlichen Fragen zur Abfrage demografischer Daten, der Mundstatus des Probanden und der Bereich zur Untersuchung der Kenntnisse über zahnärztliche Werkstoffe.

#### Demografische Daten

Die Fragen zur Erhebung der demografischen Daten, den sogenannten heiklen Fragen, sind am Ende des Fragebogens positioniert. An dieser Stelle hat der Proband sich an die Umfrage gewöhnt, dadurch mehr Vertrauen gefasst sowie eine Bereitschaft dazu entwickelt, seine Daten preiszugeben. Die demografischen Daten umfassen Fragen nach Alter, Gewicht, Körpergröße, Geschlecht, Familienstand, Bildungsabschluss, Staatsangehörigkeit, Erwerbsstatus sowie die Fragen nach den Rauchgewohnheiten. Diese Daten dienen der Herstellung einer Korrelation zwischen der Akzeptanz von Amalgam und beispielsweise dem Alter, dem Bildungsgrad, den Rauchgewohnheiten oder anderen demografischen Merkmalen.

#### Mundstatus

Der Mundstatus ist der Bereich des Fragebogens, welcher den zahnmedizinischen Zustand des Probanden aus seiner Sicht erfasst. Die erste Frage, nach der Anzahl der Zähne, gibt später Aufschluss darüber, ob diese Person ein Zahnimplantat haben könnte und ob die Frage nach dem Zahnimplantat und die Frage nach der Anzahl der Zähne korrekt beantwortet wurden. Eine weitere Frage betrachtet die Methode zur Reinigung der Zähne.

In Kombination mit den Fragen nach der Häufigkeit der Zahnreinigung und der Häufigkeit des Besuches bei der Zahnvorsorge, ist dies aufschlussreich in Bezug auf die Zahnerkrankungen, nach denen im Anschluss gefragt wird, sowie hinsichtlich der Anzahl der Füllungen im Bereich der zahnärztlichen Werkstoffe. Weiterhin wird nach den Zahnerkrankungen des Patienten gefragt, die, zusammen mit den Fragen nach einem Zahnersatz sowie den Fragen nach dem Zahnimplantat, Aufschluss über den gesundheitlichen Zustand des Probanden geben. Der gesundheitliche Zustand des Probanden und die Verwendung beziehungsweise die Akzeptanz von Amalgam könnte auf eine Korrelation untersucht werden.

### **Zahnärztliche Werkstoffe**

Der zentrale Bereich zur Untersuchung des Forschungszieles ist der Bereich der zahnärztlichen Werkstoffe. In diesem Bereich des Fragebogens wird konkret auf die Fragen zum Werkstoff Amalgam eingegangen und versucht, gezielt eine Akzeptanz zu ermitteln. Da die Akzeptanz eine subjektive Empfindung ist, ist es notwendig, mehrere Fragen zur Kenntnis über den Werkstoff zu stellen. Dazu ist zunächst zu erfragen, ob der Proband den Werkstoff kennt, eine Amalgamfüllung hat, die Anzahl seiner Amalgamfüllungen kennt, die Bereitschaft hat, sich eine Amalgamfüllung setzen zu lassen und ob er Bedenken gegenüber Amalgam hat. Die Antworten auf diese Fragen ergeben in der Gesamtheit die Akzeptanz von Amalgam als zahnärztlichen Werkstoff. Zusätzlich werden die Informationsquellen über Amalgam erfragt, um später eventuell weitere Maßnahmen zu formulieren und eine bessere Darstellung von Amalgam zu bewirken.

Zur Ermittlung weiterer Ursachen beziehungsweise einer Korrelation zwischen der Akzeptanz von Amalgam und eventuell durch Quecksilber verursachte Krankheiten, wird erfragt, ob und aus welchem Grund bereits eine Amalgamfüllung entfernt wurde und welche eventuellen Beschwerden der Proband hatte oder hat. Zuletzt soll noch die aktuelle Alternative zu Amalgam ermittelt werden, indem nach anderen verwendeten Füllungsworkstoffen gefragt wird.

Mittels dieser drei Bereiche und den darin enthaltenen Fragen soll die zentrale Forschungsfrage beantwortet werden. In den folgenden Kapiteln wird die statistische Analyse der Daten vorgenommen.



## 4.2 Erhebung

Vom verwendeten Fragebogen wurde eine digitale Version durch LimeSurvey erstellt. Diese Software ist eine OpenSource-Lösung zur Erstellung von Fragebögen und kann auf dem eigenen Web-Speicherplatz installiert werden. Dies erleichtert die Erhebung sowie die Digitalisierung der Daten. Darüber hinaus bietet LimeSurvey die Möglichkeit, dass ein User nur einmal den Fragebogen ausfüllen kann und somit eine Verzerrung der Daten vermieden wird. Die Verzerrung der Daten kann aber auch durch einen schriftlichen Fragebogen vermieden werden, da der Forscher beim Ausfüllen präsent ist und dem Probanden nur ein Bogen ausgegeben wird.

LimeSurvey gibt darüber hinaus auch die Möglichkeit, einige Fragen nur dann anzuzeigen, wenn der Proband eine entsprechende und relevante Antwort gibt. Wird ein Proband zum Beispiel danach gefragt, ob er eine Amalgamfüllung hat und beantwortet er diese Frage mit einem „Nein“, dann werden Fragen nach der Zufriedenheit mit seiner Amalgamfüllung logisch ausgeschlossen. Der Link zur Umfrage wurde über die sozialen Medien verteilt und die Nutzer wurden zu einer Teilnahme aufgerufen.

Die ausgedruckten Exemplare des Fragebogens wurden zur Erhebung an Zahnarztpraxen sowie an Dentallabore geschickt. Die entsprechenden Praxen und Labore haben Ihre Kunden um eine Beantwortung gebeten. So konnten auch jene Menschen befragt werden, die direkten Bezug zu Zahnbehandlungen haben und sich vermutlich daher mit den zahnärztlichen Werkstoffen besser auskennen.

Zielgruppe der Befragung sind alle Menschen jeglichen Alters sowie Geschlechtes zwischen 18 und 69 Jahren. Dies entspricht einer Gesamtheit von circa 69 Millionen Menschen in Deutschland. Gemäß der statistischen Abschätzung, mittels der Ermittlung eines Stichprobenumfangs, sind für die Erhebung 385 vollständig ausgefüllte Fragebögen notwendig. Dieser Wert wurde durch die Berechnung des Stichprobenumfangs nach Rinne (1995, S. 370 f.) und Puhani (2020, S. 162) aus der Abbildung 16 berechnet.

Dabei beträgt das Konfidenzniveau 95 % und es wird eine Fehlerspanne von 5 % angenommen. Die Populationsgröße entspricht, wie bereits aufgeführt, 69 Millionen Menschen. Aus diesen Angaben berechnet sich nach der Formel von Rinne (1995, S. 370 f.) und Puhani (2020, S. 162) aus Abbildung 16 eine notwendige Anzahl vollständig ausgefüllter Fragebögen.

$$n \geq \frac{z^2 * P (1 - P)}{\varepsilon^2}$$

---

Abbildung 16: Formel zur Berechnung des Stichprobenumfangs nach Rinne (1995, S. 370 f.) und Puhani (2020, S. 162)

---

Dabei ist n die Anzahl der notwendigen ausgefüllten Fragebögen. Der Wert z ist die zentrale Wahrscheinlichkeit der Standardnormalverteilung. Wenn ein Konfidenzniveau angegeben wird, dann ist der zugehörige Wert aus der Tabelle der Standardnormalverteilung abzulesen. Im vorliegenden Fall entspricht  $z=1,96$ .

Die Variable  $\varepsilon$  ist der gewählte tolerierte Fehler. Für die vorliegende Arbeit wird ein tolerierter Fehler von 5 % gewählt und entspricht somit einem  $\varepsilon = 0,05$ . Der Wert P ist der tatsächliche Mittelwert der Grundgesamtheit. In der vorliegenden Erhebung ist dies die Annahme derer Personen, die eine Amalgamfüllung haben. Der Term (1-P) wird auch im Wert Q zusammengefasst und entspricht denjenigen Personen, die keine Amalgamfüllung haben. Beide Werte, Q und P, werden so geschätzt, dass sie einen höchsten möglichen Wert annehmen, um damit bei einem ungünstigen Fall noch ausreichend Ergebnisse bzw. ausgefüllte Fragebögen zu haben. Im vorliegenden Fall wird  $P=0,5$  angenommen. Damit ist auch Q, aufgrund der Abhängigkeit von P, ebenfalls mit 0,5 zu bewerten. Nach der Berechnung aus der Formel in Abbildung 16 ergibt sich somit folgendes Ergebnis:

$$1,96^2 * 0,25/0,05^2 = 384,16 \approx 385$$

Da eine optimale Anzahl von Fragebögen angenommen wird, wie schon bei der Schätzung von P, wird die Zahl auf 385 aufgerundet.

### 4.3 Ergebnis

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt mit dem Programm Microsoft Excel. Dazu erfolgt zunächst eine einfache Auswertung durch Microsoft Excel, anschließend werden mögliche Korrelationen untersucht. Die Auswertung unterteilt sich, gemäß den drei Bereichen, in die demografischen Daten, den Mundstatus und die Fragen über die zahnärztlichen Werkstoffe.

## Demografische Daten

Von den 385 Befragten (n=385) sind, wie aus Abbildung 17 hervorgeht, 147 männlich und 238 weiblich. Diese Anzahl wird als Grundgesamtheit verstanden.

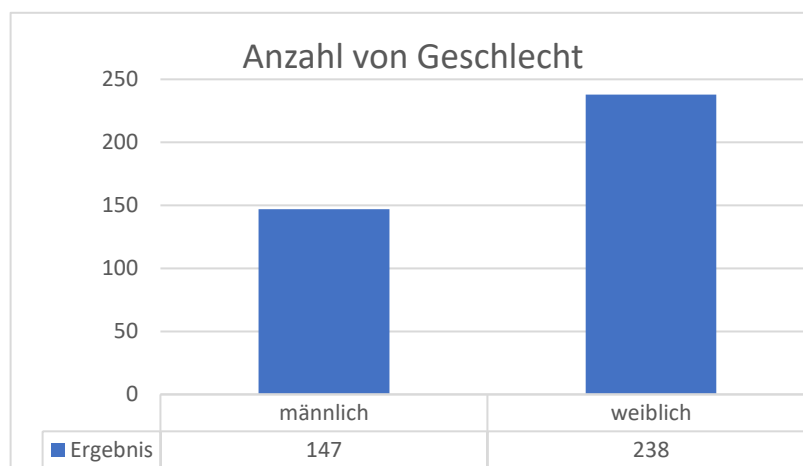


Abbildung 17: Anzahl der Teilnehmer nach Geschlecht (eigene Darstellung)

Die Mehrheit der Menschen aus der Grundgesamtheit haben die Mittlere Reife als höchsten Bildungsabschluss angegeben. Allerdings ist in Abbildung 18 zu erkennen, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Angaben hinsichtlich des Bildungsabschlusses nur marginal sind. Die Anzahl der weiblichen Absolventen in jeder dieser Kategorien ist höher als der Anteil der männlichen Probanden. Die Ursache dafür liegt an der höheren Anzahl von weiblichen Teilnehmern. Ebenso hat die überwiegende Mehrheit der Probanden die deutsche Staatsangehörigkeit. Andere Nationalitäten sind die pakistanische, syrische, polnische, russische und die türkische.

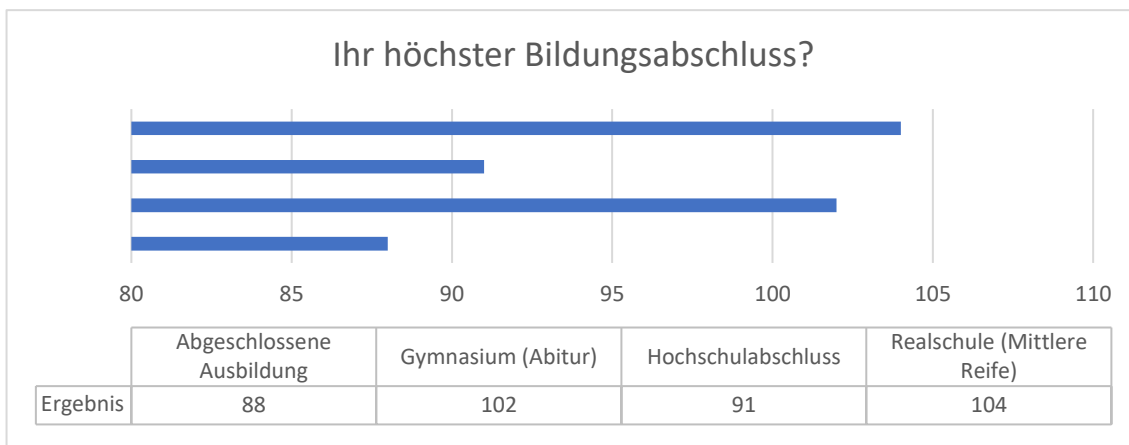


Abbildung 18: Der höchste Bildungsabschluss der Probanden\*innen (eigene Darstellung)

Hinsichtlich des Erwerbsstatus befindet sich die Mehrheit der Probanden (n=192) in einem Angestellten-Verhältnis. Am zweithäufigsten sind die Teilnehmer in einer Hochschulausbildung (62). Die weiteren Häufigkeiten der Teilnehmer sind: Nicht erwerbstätig (53), selbstständig (23), Schüler (22) und in Mutterschutz (22). Der kleinste Anteil der Teilnehmer übt eine Nebentätigkeit aus (11). Zuletzt hat die überwiegende Mehrheit der Personen (317) angegeben, nicht zu rauchen. Daraus ergibt sich, dass nur ein kleiner Anteil der Probanden raucht (68).

### Mundstatus

Die Mehrheit der Teilnehmer besitzt noch den Großteil der eigenen Zähne. Die Abbildung 19 zeigt anhand eines Punktdiagrammes, dass sich die Mehrheit im oberen Drittel des Diagrammes befindet. Nur einige Probanden hatten weniger oder keine Zähne und deshalb auch einen Zahnersatz im Mund. Dies lässt sich an den Antworten der Fragen

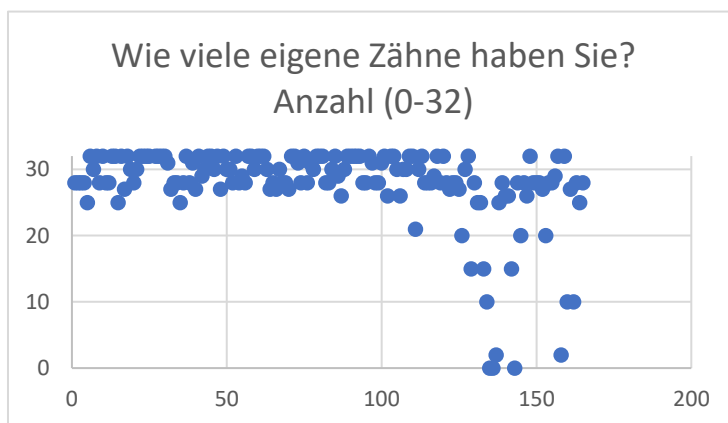


Abbildung 19: Anzahl der eigenen Zähne der Probanden (eigene Darstellung)

nach dem herausnehmbaren Zahnersatz erkennen, bei der nur 22 Personen eine solche Vorrichtung besitzen. Ähnlich verhält es sich mit der Anzahl der Zahnimplantate, bei der die überwiegende Mehrheit (360) kein Implantat besitzt. Von denjenigen (24 Personen), denen ein Implantat eingesetzt wurde, liegt der auffälligste Wert bei 12 Zahnimplantaten pro Person (bei einer Person). Die Hälfte der Probanden hat lediglich ein Implantat eingesetzt und der restliche Teil der Probanden hat jeweils 2 Implantate (bei 3 Probanden), 3 Implantate (2 Probanden), 4 Implantate bei 5 Probanden und bei einem Probanden 6 Implantate. Gefragt nach der Methode der Zahnreinigung, putzen nahezu zwei Drittel der Teilnehmer die Zähne mit einer Handzahnbürste. Wird dieser Wert mit der Anzahl der Implantate zusammengelegt, dann haben die Teilnehmer, die eine Handzahnbürste verwenden, auch mehr Implantate (52 insgesamt).

Gefragt nach der Häufigkeit der Zahnreinigung geben 357 Teilnehmer an, dass Sie 1- bis 2-mal am Tag die Zähne reinigen. Lediglich 20 Personen geben an, 3-mal am Tag eine Reinigung der Zähne durchzuführen. 8 Teilnehmer reinigen unregelmäßig ihre Zähne. Ähnlich verhält es sich dabei, wie oft ein Teilnehmer zur Zahnvorsorge geht. Zwei Drittel der Teilnehmer gehen mindestens 1- bis 2-mal im Jahr zur Zahnvorsorge. Der restliche Teil von 108 Teilnehmern geht unregelmäßig zur Zahnvorsorge. Werden diese Daten, dargestellt in Abbildung 20, mit der Anzahl der Implantate verbunden, dann gehen jene Menschen, die mehr Zahnimplantate haben, auch öfters im Jahr zur Zahnvorsorge.

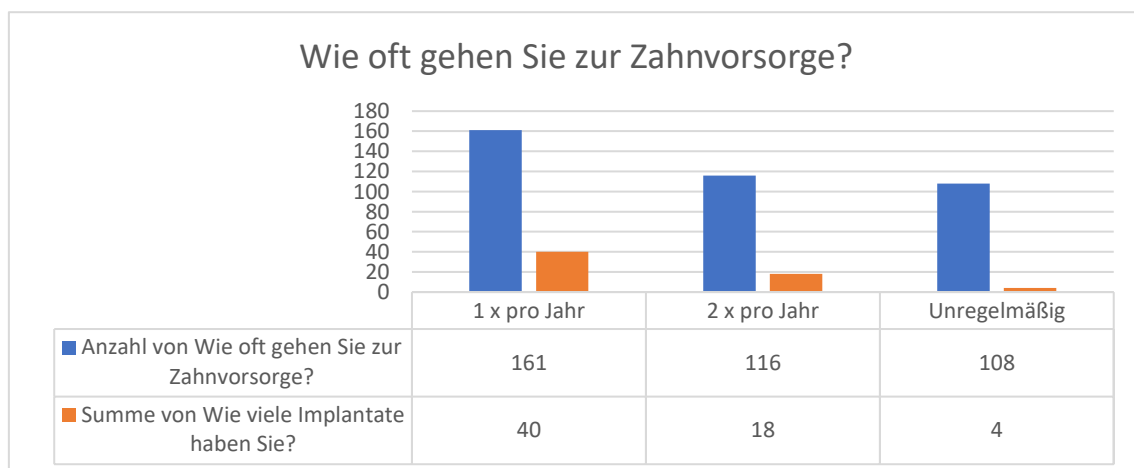


Abbildung 20: Anzahl der Implantate kombiniert mit der Häufigkeit der Zahnvorsorge (eigene Darstellung)

Die häufigste Beschwerde der Teilnehmer, bezogen auf die Arten von Zahnerkrankungen, ist die Parodontitis. Diese Erkrankung hatten 43 Teilnehmer. An zweiter Stelle stehen die

Beschwerden von Aphthen, an dritter Stelle eine chronische Entzündung des Zahnfleisches und Kieferzysten. Insgesamt leiden 91 Teilnehmer an einer Zahnerkrankung. Die Abbildung 21 zeigt eine Übersicht aller Angaben zu den Zahnerkrankungen.

	Abszesse	Aphthen	Gingivitis	Kieferzysten	Parodontitis	Periimplantitis	Pulpitis	Taubheitsgefühle im Mundraum
<b>Nein</b>	380	367	374	374	341	383	383	380
<b>Ja</b>	5	17	10	10	43	1	1	4

Abbildung 21: Angaben zu den Zahnerkrankungen der Teilnehmer (eigene Darstellung)

### Zahnärztliche Werkstoffe

Die Frage nach der Kenntnis über Amalgam konnten 252 Teilnehmer mit einem „Ja“ beantworten. Etwa ein Drittel der Teilnehmer kannte den Werkstoff Amalgam nicht. In der Abbildung 22 ist dargestellt, dass 89 Teilnehmer angaben, eine Amalgamfüllung zu haben. Verknüpft mit der Frage nach der Zufriedenheit mit der Amalgamfüllung, geben 66 Teilnehmer an, dass sie „sehr zufrieden“ oder „vollkommen zufrieden“ mit der Amalgamfüllung sind. Lediglich 23 Teilnehmer, also weniger als ein Viertel, geben an, „weniger zufrieden“ oder „unzufrieden“ mit ihrer Amalgamfüllung zu sein.

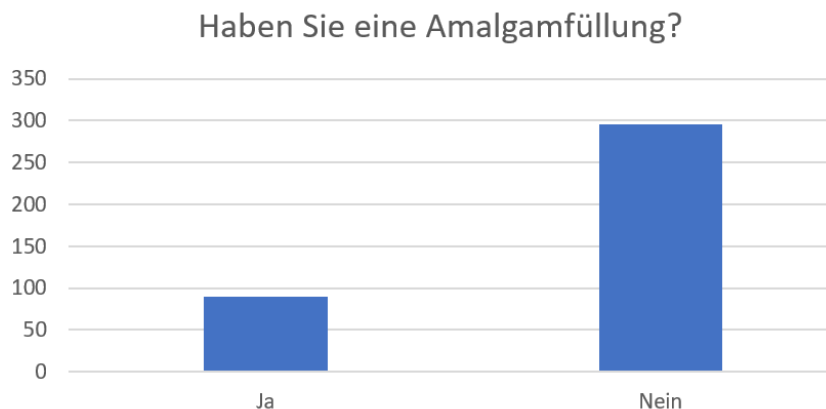


Abbildung 22: Anzahl der Teilnehmer mit einer Amalgamfüllung (eigene Darstellung)

Die weitere Frage zu Amalgam lautet, wie viele Füllungen bei den Probanden mit Amalgam vorliegen. Hierbei wurde das arithmetische Mittel berechnet und damit die durchschnittliche Anzahl von vier Füllungen pro Proband festgestellt. Von den 89 Personen mit einer Amalgamfüllung geben 56 an, nicht erneut eine Amalgamfüllung setzen zu lassen, von diesen Personen haben 37 Personen auch tatsächlich Bedenken. Auf die Frage

hinsichtlich der Bedenken zu Amalgam gibt es, aufgrund der offen formulierten Frage, unterschiedliche Aussagen. Diese Aussagen wurden klassifiziert und in der Tabelle 1 zusammengefasst.

<b>Klasse</b>	<b>Ästhetik</b>	<b>Gesundheitsge- fährdend</b>	<b>Es gibt Alterna- tiven</b>	<b>Presse</b>	<b>Keine Angabe</b>
<b>Anzahl</b>	5	23	2	1	6

Tabelle 1: Gründe für die Ablehnung von Amalgamfüllungen (Quelle: eigene Darstellung)

Der häufigste Grund für die Ablehnung von Amalgam resultiert aus der Meinung, dass der Werkstoff gesundheitsschädlich sei. Abgesehen von den Probanden, die keine Angabe machten, geben 5 Personen an, es wegen der Ästhetik abzulehnen. 2 Personen geben an, dass Alternativen genauso gut sind, eine Person würde Amalgam aufgrund der negativen Presse nicht mehr einsetzen lassen.

Die Informationsquellen sowie die Ursachen für die negative Einstellung zu Amalgam werden in Tabelle 2 dargestellt.

<b>Ursache</b>	<b>Fernsehen</b>	<b>Freunde/ Bekannte</b>	<b>Zeitung</b>	<b>Soziale Medien</b>	<b>Radio</b>	<b>Sonstige</b>
<b>Anzahl</b>	J= 9 N= 26 N/A= 2	J=12 N= 24 N/A=1	J=17 N= 19 N/A=1	J=10 N= 25 N/A=2	J=1 N= 34 N/A=2	Arzt=4 Erfahrung= 3 N/A=30

Tabelle 2: Informationsquellen für Bedenken zu Amalgam (Quelle: eigene Darstellung)

Die Mehrheit der Teilnehmer haben Bedenken aufgrund von Informationen aus der Zeitung. An zweiter Stelle wurde die Quelle von Freunden oder Bekannten genannt. Knapp nebeneinander ist die Quelle Fernsehen, mit 9 Angaben, und die Quelle der sozialen Medien, mit 10 Angaben. Interessant ist außerdem die Angabe, dass die Bedenken durch die Beratung des eigenen Arztes (4 Teilnehmer) entstanden sind.

Auf die Frage, ob die Personen schon eine Amalgamfüllung entfernen lassen haben, antworten 76 mit „Ja“. Die Gründe für die Entfernung der Amalgamfüllung sind in Tabelle 3 dargestellt.

Ursache	Allergie	Zahnfleischprobleme	Ästhetik	Falsche Verarbeitung
Anzahl	1	5	33	15

Tabelle 3: Ursachen für die Entfernung von einer Amalgamfüllung (Quelle: eigene Darstellung)

Demnach ist die häufigste Ursache für die Entfernung einer Amalgamfüllung die Ästhetik. Erst an zweiter Stelle wird die falsche Verarbeitung als Ursache genannt. Der geringste Anteil der Befragten hat angegeben, dass sie ein gesundheitliches Problem (Allergie und Zahnfleischprobleme) mit der Amalgamfüllung hatten. Die Ergebnisse der sonstigen Angaben wurden aus den Werten der Tabelle 3 herausgefiltert und separat bewertet. Einige Angaben der Klassifizierung sind aus Tabelle 3 ersichtlich, die restlichen Angaben erforderten jedoch eine neue Klassifizierung. In Tabelle 4 werden die Ergebnisse der sonstigen Angaben dargestellt.

Ursache	Empfehlung (eines Arztes/sonstige Meinung)	Falsche Verarbeitung	Ästhetik	Bedenken	Gesundheitliche Probleme	N/A
Anzahl	10	(15 +) 4	(33 +) 2	1	5	1

Tabelle 4: Ergebnisse der "sonstigen Angaben" (Quelle: eigene Darstellung)

Der höchste Wert ist hierbei die Angabe, dass die Füllungen aufgrund einer Empfehlung entfernt wurden. Dies ist, den Angaben nach zu urteilen, auf Empfehlung des Zahnarztes geschehen. An zweiter Stelle wurden gesundheitliche Probleme angegeben. Dies waren allerdings nicht Allergien oder Zahnfleischprobleme, sondern der Abbruch eines Zahnes



oder erneute Karies. Als dritthäufigster Wert wurde die falsche Verarbeitung der Füllung angegeben. Weitere Gründe für die Entfernung der Füllung waren die Ästhetik, unbegründete Bedenken gegen Amalgam und bei einem Fall erfolgte diesbezüglich „keine Angabe“ (N/A).

Werden die Werte aus Tabelle 3 und Tabelle 4 kombiniert, dann ergibt sich folgende Rangordnung der Ursachen, unterteilt nach Häufigkeit:

1. Ästhetik (35)
2. Falsche Verarbeitung (19)
3. Empfehlung eines Arztes/Sonstige Meinung (10)
4. Gesundheitliche Probleme (5) und Zahnfleischprobleme (5)
5. Allergie (1), Bedenken (1), N/A (1)

Demnach ist die häufigste Ursache für eine Entfernung einer Amalgamfüllung die ästhetische Empfindung und an zweiter Stelle eine falsche Verarbeitung. An dritter Stelle liegt die Ursache in der Empfehlung eines Arztes oder aufgrund der eigenen Meinung. Erst an vorletzter Stelle stehen die gesundheitlichen Probleme.

Die Ergebnisse auf die Frage nach Beschwerden, die aus einer Amalgamfüllung hervorgehen können, werden in Tabelle 5 und 6 zusammengefasst. Die Ausgangssituation war die Frage, ob der Proband aktuell eine Amalgamfüllung hat und ob er eine Amalgamfüllung hat entfernen lassen. Wenn die Person die erstgenannte Frage mit „Ja“ (Haben Sie eine Amalgamfüllung?) und die zweite Frage mit „Nein“ (Haben Sie sich schon eine Amalgamfüllung entfernen lassen?) beantwortet hat, dann wurden die Krankheitsbeschwerden aus Tabelle 5 und 6 ausgewertet. Insgesamt trifft diese Kombination auf 52 Probanden zu.

Wie den Ergebnissen zu entnehmen ist, tritt als häufigste Beschwerde bei Menschen mit einer Amalgamfüllung eine erhöhte Müdigkeit (12) auf. An zweiter Stelle wurden häufige Kopfschmerzen (9) und Stimmungsschwankungen (9) genannt. An dritter Stelle beschwerten sich in die Probanden 7 Fällen über Konzentrationsstörungen. In 5 Fällen klagen Patienten über Stoffwechselerkrankungen, in 4 Fällen bestehen Beschwerden in der Störung der Regelblutung und in 3 bzw. 2 Fällen haben die Probanden psychische Krankheiten und Herzrhythmusstörungen zu beklagen.

Ursache	Quecksilbervergiftung	Herzrhythmusstörungen	Konzentrationsstörungen	Störung der Regelblutung	Stimmungsschwankungen
Anzahl	0	2	7	4	9

Tabelle 5: Teil 1 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell eine Amalgamfüllung haben (Quelle: eigene Darstellung)

Ursache	Häufige Müdigkeit	Psychische Krankheiten	Häufige Kopfschmerzen	Stoffwechselerkrankungen	Erhöhte Fehlgeburtenrate
Anzahl	12	3	9	5	0

Tabelle 6: Teil 2 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell eine Amalgamfüllung haben (Quelle: eigene Darstellung)

Bei dieser Auswertung haben 23 von 52 Probanden, die auf Ausgangsfragen dieser Auswertung zutreffen, angegeben, Bedenken bei der Verwendung von Amalgam zu haben. Dies sind allesamt Personen, die aktuell eine Amalgamfüllung haben und über Beschwerden klagen.

Zur weiteren Betrachtung wurde jene Probandenmenge analysiert, die aktuell keine Amalgamfüllung hat (Haben Sie eine Amalgamfüllung?), aber eine Amalgamfüllung hat entfernen lassen (Haben Sie sich schon eine Amalgamfüllung entfernen lassen?). Bei 39 Teilnehmern trifft diese Kombination zu. Eine Auswertung der Zahlen erfolgt in Tabelle 7 und 8.

Ursache	Quecksilbervergiftung	Herzrhythmusstörung	Konzentrationsstörungen	Störung der Regelblutung	Stimmungsschwankungen
Anzahl	1	5	2	0	3

Tabelle 7: Teil 1 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell keine Amalgamfüllung haben und die vorherige Füllung entfernen ließen (Quelle: eigene Darstellung)

Den Ergebnissen nach ist die häufigste Beschwerde eine Herzrhythmusstörung (5). Am zweithäufigsten wurde erhöhte Müdigkeit in 4 Fällen angegeben. In 3 Fällen klagen Probanden über Stoffwechselerkrankungen und in 2 Fällen über Konzentrationsstörungen sowie häufige Kopfschmerzen. Lediglich zur Quecksilbervergiftung, erhöhten Fehlgeburtenrate und psychischen Krankheiten gab es je einen Fall.

<b>Ursache</b>	<b>Häufige Müdigkeit</b>	<b>Psychische Krankheiten</b>	<b>Häufige Kopfschmerzen</b>	<b>Stoffwechselerkrankungen</b>	<b>Erhöhte Fehlgeburtenrate</b>
<b>Anzahl</b>	4	1	2	3	1

*Tabelle 8: Teil 2 der Ergebnisse nach den Beschwerden bei Menschen, die aktuell keine Amalgamfüllung haben und die vorherige Füllung entfernen ließen (Quelle: eigene Darstellung)*

Bei der Möglichkeit, sonstige Angaben hinsichtlich der Beschwerden zu machen, haben 3 Personen angegeben, Taubheitsgefühle zu haben, eine Person vermutet eine negative Wirkung auf die Leber. Die Mehrheit dieser Menschen hat die Informationen aus den Medien, wie dem Radio und Fernsehen.

Die letzte Frage an den Probanden dient der Ermittlung weiterer Materialien, die beim Probanden zur konservierenden Zahnbehandlung genutzt wurden. Auf diese Frage antworteten insgesamt 172 Personen mit einem „Ja“. Die um undefinierte Materialien bereinigten Zahlen (auf 157 Personen) sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Gemäß diesen Ergebnissen ist der Kunststoff das am häufigsten verwendete Material und damit zusammenhängend auch die Komposite mit 26 Füllungen. Zusammengerechnet ergibt dies ein Ergebnis von 111 gelegten Füllungen mit einem Material, welches der Zahnfarbe sehr ähnelt. An zweiter Stelle wird Keramik mit 29 Füllungen verwendet, welches ebenfalls in Komposit-Füllungen enthalten ist. Weniger Füllungen werden mit Gold (11 Füllungen) und mit Glasionomermaterial (6) gelegt, wobei Letzteres nicht als langfristiges Material eingesetzt werden soll.

Ursache	Keramik	Komposit	Gold	Glasionomerzement	Kunststoff
Anzahl	29	26	11	6	85

Tabelle 9: Füllungsmaterialien verwendet bei den Probanden (Quelle: eigene Darstellung)

Weiterhin haben insgesamt 45 Personen angegeben, ein weiteres Füllungsmaterial bei deren Kavitäten verwendet zu haben. Unter diesen Materialien, als kumuliertes Ergebnis, werden Keramik (18 Personen), Kunststoff (9 Personen) und Komposit (5 Personen) mit 32 Füllungen am häufigsten verwendet. Gold mit 9 Restaurationen steht an zweiter Stelle, Glasionomerzement sowie Zirkon sind mit jeweils 2 Füllungen das am seltensten verwendete Füllmaterial.

Zum Abschluss war zu analysieren, welches Material eine Person bevorzugt auswählt, wenn sie sich eine Amalgamfüllung entfernen lässt. Dazu wurden die Fragen „Haben Sie sich schon eine Amalgamfüllung entfernen lassen?“ und „Wurden bei Ihren Füllungen auch andere Materialien (außer Amalgam) verwendet?“ auf „Ja“ gefiltert. Die Ergebnismenge daraus beträgt 57 Probanden, die eine Amalgamfüllung entfernen ließen und gleichzeitig ein anderes Material erhalten haben. Auch setzt sich das Verhältnis aus der Tabelle 9 fort, wonach Kunststoff das am häufigsten verwendete Füllungsmaterial ist. Da bei diesem Fragenkomplex Komposite (7 Personen), Kunststoff (29 Personen) und Keramik (14 Personen) enthalten sind, liegt das kumulierte Ergebnis bei insgesamt 50 Ergebnissen. Lediglich 7 Personen geben an, Gold als Alternative zu Amalgam zu verwenden.

## 5 Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurden zunächst die zahnärztlichen Werkstoffe in theoretischer Hinsicht bezüglich ihrer Zusammensetzung und den notwendigen Eigenschaften zur Verwendung als zahnärztlichen Werkstoff vorgestellt. Darunter sind die Glasionomerezemente, die häufig als vorübergehende provisorische Restauration verwendet werden und eine geringere Haltbarkeit aufweisen sowie weniger Kaukräfte aushalten. Metalle dagegen sind als langfristige Lösung angedacht, aber teurer. Zudem erfordern sie mehr Zeit sowie Aufwand bei der Herstellung einer leistungsfähigen Restauration. Komposit ist unter den Füllungswerkstoffen das stetig weiterentwickelte Füllungsmaterial. Härte sowie Farbe des Materials können durch seine Mischungen nach Wunsch hergestellt werden. Somit ermöglicht dieses Material, dem Wunsch des Patienten sowie dem Bereich der Anwendung der Füllung gerecht zu werden. Amalgam hingegen ist ein sehr alter, bewährter Werkstoff und wurde bereits vor mehr als 2000 Jahren in China verwendet. Aufgrund seiner Weiterentwicklung wurden die Nachteile von Amalgam, wie die Korrosion von Kupfer durch die Schwarz- und Grünfärbung der Zähne, weitestgehend gemindert. Dieses Gamma-2-haltige Gemisch (Zinn-Quecksilber-Verbindung) hatte zur Folge, dass Zinnoxide freigesetzt werden und es erneut zu einer Gamma-1-Phase zwischen Quecksilber und Silber kommt. Dies war nicht nur ästhetisch unerwünscht, sondern auch bedingt schädlich für die Gesundheit des Patienten. Mit der die Entwicklung von Gamma-2-freien Amalgamen ist dieses Problem erheblich reduziert worden. Zudem ist der Werkstoff sehr preiswert in der Herstellung, langlebig und die Krankenkassen übernehmen die Kosten in vollem Umfang. Dies kann besonders für Menschen mit niedrigerem Einkommen eine adäquate Lösung sein.

Die Werkstoffeigenschaften von Amalgam umfassen eine große Bandbreite von positiven Eigenschaften, wie zum Beispiel die Fähigkeit, hohe Kaudruckbelastung auszuhalten, eine antibakterielle Wirkung der Füllung sowie eine leicht expansive Verformung nach dem Einsetzen der Restauration. Darüber hinaus beruhen die Kenntnisse über den Werkstoff auf langen klinischen Erfahrungen. Daher zählt Amalgam folglich zu den besten zahnärztlichen Füllungswerkstoffen. Allerdings ist es nicht direkt nach dem Legen belastbar, wie beispielsweise Komposit. Der Werkstoff erhält erst nach circa 24 Stunden seine volle Festigkeit. Trotzdem hat Amalgam die positive Eigenschaft, dass sie, je länger eine Füllung liegt, desto mehr Kaukräfte aushalten kann. Eine negative Eigenschaft von Amalgam ist die Dimensionsänderung. Der Werkstoff kann, je nach verwendeten Alloys,

expandieren oder kontrahieren. Dadurch besteht eine Dimensionsänderung zwischen 3  $\mu\text{m}/\text{cm}$  und 5  $\mu\text{m}/\text{cm}$ . Der Creep, welcher die Formveränderung durch Kaukräfte beschreibt, liegt mit 0,15 % im Rahmen der Vorgaben. Aufgrund des Anlaufens und der Korrosion des Materials kann es zu einer ungewünschten Verfärbung der Füllung kommen. Dies genügt nicht den ästhetischen Ansprüchen des Patienten. Daher sollte Amalgam primär im Seitenzahnbereich verwendet werden.

Die Biokompatibilität von Amalgam wird aufgrund der Verwendung von circa 50 % Quecksilber immer wieder diskutiert. Obwohl ein Mensch durch Nahrung auch Quecksilber aufnimmt und die Freisetzung von Quecksilber bei einer Füllung unproblematisch ist, sollte die Verwendung von Amalgam für Kinder, Schwangere sowie stillende Mütter vermieden werden. Der Grund hierfür ist, dass Amalgam geringe Mengen von Metallionen in die Mundhöhle abgibt und es dadurch zu einer erhöhten Belastung durch Quecksilber kommt, die aber im Rahmen der Vorgaben der WHO liegt. Erneut kann an dieser Stelle nur betont werden, dass bisher keine Langzeitstudie nachweisen konnte, dass Amalgam zu neuropsychologischen oder kognitiven Funktionsstörungen führt. Allerdings kann beim Legen einer Amalgamfüllung, zu einem sehr geringen Prozentsatz, eine Allergie durch das freiwerdende Quecksilber auftreten. Dies bedeutet aber nicht, dass eine Allergie gegen Amalgam vorliegt.

Abschließend wird in der wissenschaftlichen Diskussion festgestellt, dass Amalgam zwar zu einer erhöhten Quecksilberbelastung beiträgt, aber nicht die Ursache für Krankheiten darstellt, die durch Quecksilber ausgelöst werden. Trotz dieser Feststellung werden, wie in Kapitel 2.5.3 beschrieben, relative und absolute Verwendungsempfehlungen vom Bundesgesundheitsministerium herausgegeben. Eine Prüfung des absoluten Verzichtes findet aktuell statt. Sollte ein Verbot beschlossen werden, dann sollten, aus Sicht der Forscherin dieser Arbeit, auch die Komposit-Füllungen komplett von den Krankenkassen übernommen werden.

Zur Untersuchung der zentralen Forschungsfrage dieser Arbeit wurde ein Fragebogen erstellt, deren Fragen dem Forschungsziel angepasst wurden. Hierbei war es wichtig, eine ausreichende Zahl von Probanden zu erhalten, insbesondere Personen, die sich in einer zahnärztlichen Behandlung befinden. Aus diesem Grund wurden die Fragebögen bei Zahnärzten und Dentallaboren verteilt. Diese wiederum haben die Fragebögen Ihren Patienten vorgelegt. Auf diese Weise konnten die Daten direkt bei solchen Personen erhoben werden, die womöglich Erfahrung mit Amalgamfüllungen haben und sogar eine

Aussage über Beschwerden angeben können, die von Amalgam ausgelöst werden. Der Fragebogen wurde in drei Bereiche unterteilt: Der Bereich der demografischen Daten, des Mundstatus und zuletzt die Kenntnis über zahnärztliche Werkstoffe. Diese Bereiche wurden, wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, durch offene, geschlossene und halboffene Fragen gestaltet. Entsprechend erfolgte auch die Auswahl der Antwortformate, indem Ratingskalen und gebundene sowie freie Antwortformate gestaltet wurden. Die Fragen und die dazugehörigen Antworten bedurften anschließend einer Auswertung. Die Auswertungsmethoden wurden dafür zunächst im Kapitel 3.2 vorgestellt, um einen vollständigen Überblick zu geben. Für die Auswertung des verwendeten Fragebogens, die im Kapitel 4.3 vorgenommen wurde, waren jedoch nicht alle Methoden notwendig. Die Anwendung der deskriptiven Statistik war ausreichend.

Der Großteil der Befragten ist weiblich (238) und hat durchschnittlich die Mittlere Reife als Bildungsabschluss angegeben. Die Befragten hatten überwiegend die deutsche Staatsangehörigkeit (85,19 %) und in Einzelfällen die pakistanische (5,45 %), syrische (1,03 %), polnische (1,03 %), russische (2,59 %), türkische (1,81 %) und sonstige (2,85 %). Des Weiteren befindet sich die Mehrheit der Befragten in einem Angestellten-Verhältnis oder in einer Hochschulausbildung. Ebenso gibt der Großteil der Teilnehmer an, nicht zu rauchen. Im Rahmen der Fragen zum Mundstatus wurde ermittelt, dass die Mehrheit der Befragten noch den Großteil der eigenen Zähne besitzt. Lediglich ein kleiner Anteil hat ein Zahnimplantat oder einen herausnehmbaren Zahnersatz. Im Rahmen dieser Fragen wurde zudem analysiert, dass Menschen mit mehr Zahnimplantaten und herausnehmbarem Zahnersatz häufiger zur Zahnvorsorge gehen. Weiterhin haben diejenigen, die eine Handzahnbürste zur Zahnreinigung verwenden ebenfalls häufiger ein Zahnimplantat. Befragt nach den Zahnerkrankungen leidet die Mehrheit der Teilnehmer an Parodontitis und an Aphten. Eine Person hat keine Angaben zu den restlichen Beschwerden gemacht. Daher weicht die Gesamtzahl der Antworten von der Gesamtzahl der Teilnehmer ab.

Die Beantwortung der zentralen Frage nach der Akzeptanz von Amalgamfüllungen bei Patienten erfolgte im Bereich der zahnärztlichen Werkstoffe. Hier geben 65,45 % der Befragten (252 von 385 Personen) an, dass sie Amalgam kennen. Davon haben 23 % (89 Teilnehmer) eine Amalgamfüllung, wovon 74 % angeben, „vollkommen zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ mit der Amalgamfüllung zu sein. Durchschnittlich haben die Teilnehmer vier Amalgamfüllungen, aber 62,9 % der Personen mit einer Amalgamfüllung geben an, nicht erneut eine Amalgamfüllung erhalten zu wollen. Davon haben allerdings nur 66 %

tatsächlich Bedenken. Die häufigsten Bedenken bestehen darin, dass Amalgam gesundheitsgefährdend sei, weiterhin entspreche Amalgam nicht der Ästhetik. An dieser Stelle lässt sich festhalten, dass die Mehrheit der Personen mit einer Amalgamfüllung zwar keine Probleme mit der Füllung, aber gleichzeitig Bedenken aufgrund der Annahme hat, dass Amalgam gesundheitsgefährdend sei und es ihren ästhetischen Ansprüchen nicht genügt. Die Quelle für deren negativer Einstellung sind häufig die Zeitungen oder sonstige Medienberichte. Werden die Informationen aus den sozialen Medien, Fernsehen und Zeitungen sowie Zeitschriften zusammengerechnet, dann kann gesagt werden, dass die Mehrheit der Bedenken aus den Medien stammt. Zudem ist der Wert der Bedenken durch Freunde nicht zu unterschätzen. Hinsichtlich der Akzeptanz von Amalgam bei Patienten wird festgestellt, dass die Personen zwar zufrieden mit der Füllung sind, aber nicht wieder eine Füllung dieser Art gelegt bekommen möchten. Demnach lehnt die Mehrheit der Personen Amalgam ab und akzeptiert diesen Werkstoff nicht mehr. Maßnahmen zur Verbesserung der Akzeptanz von Amalgamfüllungen sollten zunächst in der medialen Aufklärung beginnen und sich dann auf die zahnärztliche Beratung ausweiten. Für das zahnmedizinische Personal könnten Seminare und Workshops über Amalgam angeboten werden, die über den aktuellen Stand der Wissenschaft aufklären. Eine weitere Maßnahme wäre eine differenzierte mediale Berichterstattung über den Füllungswerkstoff unter Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Von den Befragten, die Amalgam kennen, geben 30 % an, eine Amalgamfüllung entfernt bekommen zu haben. Die häufigsten Gründe sind nicht die befürchteten gesundheitlichen Probleme durch Amalgam, sondern die negative Ästhetik und eine falsche Verarbeitung des bahnadelnden Zahnarztes. Damit kann nicht behauptet werden, dass der Werkstoff gesundheitliche Probleme verursacht oder der Grund für die Entfernung eine Allergie beim Probanden ist. Bei Auswertung der sonstigen Angaben lässt sich feststellen, dass eine Füllung am häufigsten aufgrund einer Empfehlung des Zahnarztes ausgetauscht wurde.

Weiterhin war es interessant, zu ermitteln, ob eine Person mit einer Amalgamfüllung tatsächlich an typischen Beschwerden leidet, die mit Amalgam in Verbindung gebracht werden. Keine der Personen gab an, aktuell an einer Quecksilbervergiftung zu leiden. Die häufigsten Beschwerden sind vermehrte Müdigkeit, häufige Kopfschmerzen oder Stimmungsschwankungen. Dies sind alles Beschwerden, die mehrere Ursachen haben können



und nicht allein auf Amalgam zurückzuführen sind. Auch bei den Personen, die eine Amalgamfüllung haben entfernen lassen, ist nicht genau nachweisbar, dass Amalgam die einzige Ursache für deren Beschwerden ist. Allerdings ist die bereits bestehende mögliche Gefahr einer Quecksilbervergiftung nach Aussage einer Person bei dieser aufgetreten. Weitere Beschwerden dieser Person sind jedoch nicht bekannt.

Abschließend ist zu erwähnen, dass 44,6 % der Teilnehmer angeben, ein anderes Material für eine zahnärztliche Füllung bevorzugen. Dabei sind die zahnfarbenen Werkstoffe, wie Komposite und Keramik, mit Abstand führend. Daraus ergibt sich, dass die Patienten zunehmend dazu neigen, zahnfarbene Füllungswerkstoffe zu bevorzugen. Auch die Personen, die sich eine Amalgamfüllung haben entfernen lassen, bevorzugen anschließend einen zahnfarbenen Werkstoff für deren Kavitäten.

Abschließend lässt sich für diese Arbeit feststellen, dass die Patienten zunehmend Amalgamfüllungen aufgrund ästhetischer Ansprüche entfernen lassen und die Personen, die aktuell eine Amalgamfüllung haben, mehrheitlich aufgrund ihrer Bedenken keine Amalgamfüllung mehr gelegt bekommen möchten. Diese Bedenken lassen sich durch die vorliegende Arbeit nicht bestätigen und bedürfen einer weiteren Untersuchung.

## Literaturverzeichnis

- Albert, P., Dermann, K. & Rentsch, H., 2000. Amalgam und die Alternativen. *Chemie in unserer Zeit*, S. 300-305.
- Assenmacher, W., 1996. *Deskriptive Statistik*. Berlin: Springer Verlag.
- Baur, N. & Blasius, J., 2019. *Handbuch der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bundesvereinigung, K., 2020. *Welche Zahnfüllungen gibt es?*. [Online]  
Available at: <https://www.kzbv.de/welche-zahnfuellungen-gibt-es.189.de.html>  
[Zugriff am 20 August 2020].
- Bundeszahnärztekammer, 2018. *EU-Quecksilberverordnung*, Berlin:  
Bundeszahnärztekammer.
- Craig, R. & Peyton, F., 1958. The microhardness of enamel and dentin. *Journal of Dental Research*, S. 661-668.
- Craig, R. G., Powers, J. M. & Wataha, J. C., 2006. *Zahnärztliche Werkstoffe: Eigenschaften und Verarbeitung*. s.l.:Elsevier.
- Craig, R. & Peyton, F., 1958. Elastic and mechanical properties of human dentin. *Journal of dental research*, S. 710-718.
- Craig, R. & Peyton, F., 1961. Thermal conductivity of tooth structure, dental cements, and amalgam. *Journal of Dental Research*, S. 411-418.
- Dauderer, M., 1992. *Handbuch der Amalgamvergiftung*. Landsberg: s.n.
- Dermann, K., Rentsch, H. & Rothaut, J., 1995. Werkstoffe für die Zahnheilkunde}. *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium*, S. 535-544.
- Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, 2019. *Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache*. [Online]  
Available at: <https://www.dwds.de/wb/Amalgam>  
[Zugriff am 15 Januar 2019].
- Döring, N. & Bortz, J., 2016. *Forschungsmethoden und Evaluation*. 5 Hrsg. Wiesbaden: Springer.
- Egglestone, D. W. & Nylander, M., 1987. Correlation of dental amalgam with mercury in brain tissue. *The Journal of prosthetic dentistry*, S. 704-707.
- Eisenbahn-Bundesamt, 2016. [www.eba.bund.de](http://www.eba.bund.de). [Online]  
Available at:  
[https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Allgemeines/Sicherheitsberichte/sicherheitsbericht\\_2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Allgemeines/Sicherheitsberichte/sicherheitsbericht_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=2)  
[Zugriff am 18 Dezember 2016].

- Eley, B., 1997. The future of dental amalgam: a review of the literature. Part 5: Mercury in the urine, blood and body organs from amalgam fillings. *British dental journal*, 11(182), S. 413.
- Ernst, C., 2010. Update Komposite: Einführung - Teil 2 - Eine Einteilung der Kompositmaterialien. *ZMK*, S. 198-206.
- Ernst, C., 2010. *Zahnheilkunde Management Kultur*. [Online] Available at: [https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/zahnerhaltung/story/update-komposite-einfuehrung--teil-3\\_3923.html](https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/zahnerhaltung/story/update-komposite-einfuehrung--teil-3_3923.html) [Zugriff am 10 08 2020].
- Faltermeier, A., 2008. Werkstoffe in der Zahnmedizin. In: E. Wintermantel & S. Ha, Hrsg. *Medizintechnik Life Science Engineering*. Berlin: Springer Verlag, S. 1467-1489.
- Fischer, J., 2009. Mechanische Eigenschaften metallischer und keramischer Werkstoffe. *Quintessenz Zahntechnik*, S. 1540-1549.
- Frankenberger, R. & Krämer, N., 1999. Glasionomerezemente. In: W. Boer, Hrsg. *Metallfreie Restaurationen*. Balingen: Spitta Verlag.
- Gente, M. & Willamowski, M., 2018. *Zahnärztliche Werkstoffkunde*. Balingen: Spitta Verlag.
- Goethe, C.-J., Molin, C. & Nilsson, C. G., 1995. The environmental somatization syndrome. *Psychosomatics*, S. 1-11.
- Görmann, B., Geurtsen, W. & Lührs, A., 2012. eparatur von Siloranen nach verschiedenen Oberflächenbehandlungen und künstlicher Alterung durch Thermocycling. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, S. 241 - 247.
- Hahn, L. J. et al., 1990. Whole-body imaging of the distribution of mercury released from dental fillings into monkey tissues.. *The FASEB journal*, 4(14), S. 3256-3260.
- Halbach, S., 2009. Amalgam--Zahnmedizin zwischen Toxikologie und Toxikophobie. *Zahnmedizin up2date*, 3(05), S. 471-486.
- Harhammer, R., 2001. Zur Risikobewertung des zahnärztlichen Füllungswerkstoffes Amalgam. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 2(44), S. 149-154.
- Hellwig, E., Schäfer, E., Klimek, J. & Attin, T., 2018. *Einführung in die Zahnerhaltung*. 7 Hrsg. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag Köln.
- Hevner, A. & Chatterjee, S., 2010. *Design research in information systems: theory and practice*. s.l.:s.n.
- Hevner, A. & Chatterjee, S., 2010. Design research in information systems: theory and practice.. S. 5.

- Hevner, A., March, S., Park, J. & Ram, S., 2004. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), S. 75-105.
- Hevner, A. R., Ram, S., March, S. T. & Park, J., 2004. Design science in information systems research. *MIS quarterly*, 28(1), S. 75-105.
- HJ, S., 1994. Ist die Verwendung von Amalgam noch vertretbar. *Med Sach*, Band 90, S. 91-97.
- Hopf, C., 2012. Qualitative Interviews - ein Überblick. In: *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*. s.l.:s.n., S. 349-360.
- Horst, R., 1995. *Taschenbuch der Statistik für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*. Frankfurt am Main: s.n.
- Hussy, W., Schreier, M. & Echterhoff, G., 2013. *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. 2. Hrsg. Berlin: Springer.
- Kamann, W. K. & Kamann, O. D. W. K., 2000. Die Goldhammerfüllung-Indikation und Technik. *SCHWEIZERISCHE MONATSSCHRIFT FÜR ZAHNMEDIZIN*, Issue 6, S. 597-606.
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung, 2017. *KZBV - Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung*. [Online]  
Available at: <https://www.kzbv.de/pressemitteilung-vom-2-6-2017.1146.de.html>
- Klinghardt, D., 1997. Amalgam/mercury detox as a treatment for chronic viral, bacterial and fungal illnesses. *Explore*, 8(3), S. 13-16.
- Malvin E., R., 1997. *Geschichte der Zahnmedizin*. Köln: s.n.
- Manhart, J. & Ilie, N., 2015. Bulk-Fill-Komposite. *wissen kompakt*, S. 27-42.
- Marxkors, R. & Meiners, H., 2005. *Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde*. 5 Hrsg. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV GmbH.
- Marxkors, R. & Meiners, H., 2005. *Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde*. 5 Hrsg. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV GmbH.
- Mayring, P., 2015. *Qualitative Inhaltsanalyse*. 12. Hrsg. Weinheim: Beltz Verlag.
- Metzler, H. & Metzler, C., 1998. Amalgam-eine Glaubensfrage?. *SCHWEIZERISCHE MONATSSCHRIFT FÜR ZAHNMEDIZIN*, Issue 108, S. 753-762.
- Porst, R., 2014. *Fragebogen*. 4. Hrsg. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Powers, J. M., Sakaguchi, R. L. & Craig, R. G., 2012. *Craig's restorative dental materials*. s.l.:Elsevier.
- Puhani, J., 2020. *Statistik - Einführung mit praktischen Beispielen*. 13. Hrsg. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Raab-Steiner, E. & Benesch, M., 2012. *Der Fragebogen*. 3. Hrsg. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

- Reinders, H. & Ditton, H., 2011. Empirische Bildungsforschung. In: *Überblick Forschungsmethoden*. Wiesbaden: Springer Verlag, S. 45-51.
- Reith, F., Kelle, U. & Metje, B., 2016. Empirische Forschungsmethoden. In: M. K. W. Schweer, Hrsg. *Lehrer-Schüler-Interaktion*. Wiesbaden: Springer VS, S. 27-63.
- Riethe, P., 1980. TGeschichtliche Entwicklung der Amalgame. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, S. 443-449.
- Rinne, H., 1995. *Taschenbuch der Statistik für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*. Frankfurt am Main: s.n.
- Roydhouse, R., 1970. Punch-shear test for dental purposes. *Journal of Dental Research*, S. 131-136.
- Rupp, F. et al., 2014. A review on the wettability of dental implant surfaces I: theoretical and experimental aspects. *Acta biomaterialia*, S. 2894-2906.
- Schweinsberger, F., 2011. Quecksilber gestern, heute, morgen. *Umweltmed Forsch Prax*, S. 29-37.
- Staehe, H., 1992. Die Diskussion um zahnärztliche Füllungsmaterialien - wissenschaftliche Auseinandersetzung, Geschäft mit der Angst oder Ausdruck einer neuen Sensibilität?. *Quintessenz*, Band 43, S. 1983-1993.
- Svare, C. et al., 1981. The effect of dental amalgams on mercury levels in expired air. *Journal of Dental Research*, 60(9), S. 1668-1671.
- Tauböck, T., 2013. Bulk-Fill-Komposite. *Wird die Füllungstherapie einfacher, schneller und erfolgreicher*, S. 318-323.
- Vaishnavi, V. & Kuechler, W., 2004. Design research in information systems.
- Weiß, H.-D. & Maier, K.-H., 1999. *Natur & Kosmos*.
- Wolfgang H, A., Thomas, H. & Willershausen, B., 2010. *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie: 66 Tabellen*. s.l.:Georg Thieme Verlag.
- Zimmerli, B. et al., 2010. Kompositmaterialien: Zusammensetzung, Eigenschaften und klinische Anwendung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120(11), S. 980-986.

## Anhang

## Fragebogen

## Akzeptanz von Amalgamfüllung

## Umfrage zu zahnärztlichen Werkstoffen

## Mundstatus

<b>Wie viele eigene Zähne haben Sie?</b> Anzahl (0-32): _____				<b>Womit putzen Sie Ihre Zähne?</b> Handzahnbürste <input type="checkbox"/> Elektr. Zahnbürste <input type="checkbox"/>		
<b>Wie oft putzen Sie Ihre Zähne?</b>				<b>Wie oft gehen Sie zur Zahnvorsorge?</b>		
1) Unregel- mäßig	2) 1x pro Tag	3) 2x pro Tag	4) 3x pro Tag	1) Unregelmäßig	3) 1x/Jahr	4) 2x/Jahr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Leiden Sie unter folgenden Zahnerkrankungen? (Mehrfache Antworten möglich)</b>						
Abszesse ( <i>Eiteransammlungen im Gewebe</i> ) <input type="checkbox"/>				Parodontitis <input type="checkbox"/>		
Aphten ( <i>Bläschen an den Schleimhäuten der Mundhöhle</i> ) <input type="checkbox"/>				Periimplantitis <input type="checkbox"/>		
Gingivitis ( <i>Akute oder chronische Entzündung des Zahn- fleisches</i> ) <input type="checkbox"/>				Pulpitis (Entzündung der Pulpa) <input type="checkbox"/>		
Kieferzysten (Hohlräume im Gewebe durch Zahnwur- zelentzündungen) <input type="checkbox"/>				Wurzelspitzen-Entzündung <input type="checkbox"/>		
				Taubheitsgefühle im Mundraum <input type="checkbox"/>		
				Keine <input type="checkbox"/>		
				Sonstige: _____ <input type="checkbox"/>		
<b>Haben Sie einen herausnehmbaren Zahnersatz?</b>				Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>		
<b>Haben Sie ein Zahnimplantat?</b>				Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>		
<b>Wenn ja, wie viele?</b>				Anzahl: _____		

## Zahnärztliche Werkstoffe

<b>1. Kennen Sie Amalgam als zahnärztlichen Werkstoff?</b>	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
<b>2. Haben Sie eine Amalgamfüllung? Wenn nein, dann gehen Sie bitte zu Frage 5.</b>	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>

3. Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Amalgamfüllung?	1	2	3	4
	Vollkommen zufrieden	Sehr zufrieden	Weniger zufrieden	Unzufrieden
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Wie viele Füllungen wurden bei Ihnen mit Amalgam gemacht?	Anzahl der Amalgamfüllungen: ca. _____			
5. Würden Sie sich erneut/demnächst eine Amalgamfüllung setzen lassen?	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>			
6. Haben Sie Bedenken bei Amalgamfüllungen? Wenn ja, warum?	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Bedenken: <i>Bitte hier Ihre Bedenken zu Amalgamfüllungen eintragen:</i>			
7. Woher haben Sie die in Frage 6 angegebenen Informationen? Aus welchen Quellen wurden diese Bedenken genährt?	Fernsehen <input type="checkbox"/> Freunde/Bekannte <input type="checkbox"/> Zeitung/Zeitschrift <input type="checkbox"/> Soziale Medien <input type="checkbox"/> Radio <input type="checkbox"/> Sonstige: _____			
8. Haben Sie sich schon eine Amalgamfüllung entfernen lassen? Wenn nein, dann gehen Sie bitte zur Frage 11.	Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>			
9. Aus welchem Grund wurde diese Füllung (aus Frage 8) entfernt?	Allergie <input type="checkbox"/> Welche? _____ Zahnfleischprobleme <input type="checkbox"/> Ästhetik <input type="checkbox"/> Falsche Verarbeitung <input type="checkbox"/> Sonstige: _____			
<b>10. Haben oder hatten Sie eine oder mehrere der folgenden Beschwerden?</b>				
Quecksilbervergiftung	<input type="checkbox"/>	Herzrhythmus-Störungen	<input type="checkbox"/>	
Konzentrationsstörungen	<input type="checkbox"/>	Störungen der Regelblutung	<input type="checkbox"/>	
Stimmungsschwankungen	<input type="checkbox"/>	Häufige Müdigkeit	<input type="checkbox"/>	
Psychische Krankheiten	<input type="checkbox"/>	Häufige Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/>	

Stoffwechselerkrankungen (z.B. Diabetes, Störung der Schilddrüse, Gicht)	<input type="checkbox"/>	Taubheitsgefühle und Kribbeln	<input type="checkbox"/>
Erhöhte Fehlgeburtenrate	<input type="checkbox"/>		
<b>11. Wurden bei Ihren Füllungen auch andere Materialien (außer Amalgam) verwendet? Wenn ja, welche?</b>		Nein <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Wenn ja, bitte Material angeben: Material 1: _____ Material 2: _____ Weitere: _____	

### Persönliche Angaben

<b>Alter:</b> <input type="text"/>	<b>Gewicht:</b> Kg <input type="text"/>	<b>Körpergröße:</b> <input type="text"/> cm	<b>Geschlecht:</b> <input type="checkbox"/> m <input type="checkbox"/> w
<b>Familienstand:</b> <input type="checkbox"/> Ledig <input type="checkbox"/> Verheiratet <input type="checkbox"/> Verwitwet <input type="checkbox"/> Geschieden			
<b>Ihr höchster Bildungsabschluss</b>		<b>Staatangehörigkeit:</b>	
Realschule (Mittlere Reife)	<input type="checkbox"/>	Deutsch	<input type="checkbox"/>
Gymnasium (Abitur)	<input type="checkbox"/>	Türkisch	<input type="checkbox"/>
Abgeschlossene Ausbildung	<input type="checkbox"/>	Andere:	_____
Hochschulabschluss	<input type="checkbox"/>		
<b>Wie ist Ihr aktueller Erwerbsstatus?</b>			
Angestellt	<input type="checkbox"/>	Mutterschutz/Beurlaubt	<input type="checkbox"/>
Nebentätigkeit (<15h)	<input type="checkbox"/>	Schüler	<input type="checkbox"/>
Selbstständig	<input type="checkbox"/>	Nicht erwerbstätig	<input type="checkbox"/>
Student	<input type="checkbox"/>		
<b>Rauchen Sie?</b> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>			

**Vielen Dank!**