

Eine Untersuchung zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland 2023

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Buchmann, Darlene Maria
aus Frankfurt am Main

Gießen 2024

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Gutachterin: Prof. Dr. Schlenz-Helmke, Maximiliane Amelie
Gutachter: Prof. Dr. Frankenberger, Roland

Tag der Disputation: 07. März 2025

Meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	ZIEL DER ARBEIT	3
3	LITERATURÜBERSICHT	5
3.1	Digitalisierung im Gesundheitswesen	5
3.1.1	Evolution.....	5
3.1.2	Onlinepräsenz	7
3.2	Digitalisierung in der Zahnmedizin	8
3.2.1	Administration	8
3.2.2	Diagnostik.....	8
3.2.3	Behandlungsplanung.....	11
3.2.4	Workflows.....	12
3.2.5	Telemedizin.....	22
3.3	Verteilungsdynamik innovativer Technologien	23
3.4	Digitalisierungsgrad der Gesellschaft.....	25
3.5	Digitalisierungsgrad des Gesundheitswesens	28
3.5.1	Aktuelle Studienlage zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland	30
3.5.2	Studien zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen im Ausland	32
3.6	Die Zahnärzteschaft in Deutschland.....	37
4	MATERIAL UND METHODE	39
4.1	Methodikübersicht	39
4.2	Aufbau des Fragebogens.....	40

4.3	Validierung des Fragebogens	44
4.3.1	System Usability Scale	44
4.4	Basisgruppen.....	46
4.4.1	Basisgruppe LZK	46
4.4.2	Basisgruppe DGCZ	49
4.5	Ablauf der Datenerhebung.....	50
4.6	Statistische Analyse	51
5	ERGEBNISSE	54
5.1	Auswertung des Validierungsfragebogens	54
5.2	Ergebnisse der (Landes-) Zahnärztekammern	55
5.2.1	Studiengruppe LZK	55
5.2.2	Ausstattung von Zahnarztpraxen	59
5.2.3	Zahnärztliche Behandlung	66
5.2.4	Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin	71
5.3	Ergebnisse der Befragung von DGCZ-Mitgliedern.....	77
5.3.1	Studiengruppe DGCZ	77
5.3.2	Ausstattung von Zahnarztpraxen der DGCZ-Mitglieder	80
5.3.3	Zahnärztliche Behandlung	84
5.3.4	Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin	88
5.4	Gegenüberstellung der Studiengruppen LZK und DGCZ	91
5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	94
6	DISKUSSION	97
6.1	Methodendiskussion	97
6.1.1	Validierungsmethodik.....	97
6.1.2	Validierungsteilnehmer.....	99
6.1.3	Befragungsart.....	100
6.1.4	Inhalt des Fragebogens	101

6.1.5	Statistische Auswertung der Umfrage	102
6.2	Ergebnisdiskussion	103
6.2.1	Validierungsergebnis	103
6.2.2	Rücklaufquote	103
6.2.3	Studiengruppen LZK und DGCZ.....	106
6.2.4	Die Digitalisierung in der Zahnmedizin im internationalen Vergleich	107
6.2.5	Einflussfaktoren auf die Digitalisierung	111
6.2.6	Schlussfolgerung und Aussicht.....	117
7	ZUSAMMENFASSUNG	121
8	SUMMARY	123
9	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	125
10	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS.....	126
10.1	Abbildungsverzeichnis	126
10.2	Tabellenverzeichnis	129
11	LITERATURVERZEICHNIS	133
12	PUBLIKATIONSVERZEICHNIS	154
13	ANHANG	155
13.1	Votum der Ethikkommission	155
13.2	Tabellen	156
13.3	Fragebogen	177
14	ERKLÄRUNG.....	187
15	DANKSAGUNG.....	188

Zur besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Im Sinne der Gleichbehandlung gelten Personenbezeichnungen für alle Geschlechter (m/w/d) gleichermaßen.

1 Einleitung

Während die drei industriellen Revolutionen, beginnend bei der Mechanisierung über die Elektrifizierung und Automatisierung von Arbeitsprozessen, das Privat- und Berufsleben im 18. und 19. Jahrhundert veränderten, ist das 21. Jahrhundert von der Digitalisierung geprägt.^{52, 86, 92, 157, 158, 228} Dies zeigt sich auch in der Zahnmedizin insofern, dass viele innovative Technologien den zahnmedizinischen Arbeitsalltag revolutionieren.^{16, 48, 123, 125, 128, 132, 159, 179, 185, 188} Die Digitalisierung steht häufig im Fokus von Konferenzen und Fortbildungsangeboten oder erweist sich als Mittel zur Wettbewerbsfähigkeit.^{137, 165, 166, 178, 210} Dabei bilden ständig neue Innovationen oder verbesserte Modelle einer bestimmten Technologie den Schwerpunkt einer Zeitperiode.²²⁸ Dennoch werden Technologien in der Zahnarztpraxis nicht nur isoliert verwendet, sondern oftmals im Zusammenspiel in einem aufeinander aufbauenden Workflow. In der Zahnmedizin beginnen die digitalen Möglichkeiten bei der Praxis- und Patientenverwaltung und erstrecken sich über diagnostische Technologien bis hin zum digitalen Abbild des Patienten und der computergestützten Herstellung von Zahnersatz oder zahnmedizinischen Hilfsmitteln.^{16, 48, 99, 123, 125, 128, 132, 185, 188} Die sogenannte „digitale Zahnmedizin“ wird dabei oft mit Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien assoziiert und vornehmlich der restaurativen Zahnheilkunde zugeordnet.¹⁶ Jedoch durchzieht die Digitalisierung neben der Zahnärztlichen Prothetik alle Fachbereiche der zahnärztlichen Behandlung, beginnend bei der präventiven und konservierenden Zahnheilkunde, welche Füllungstherapien, Endodontie, Parodontologie und Kinderzahnheilkunde umfasst, über die Kieferorthopädie, bis hin zur Oralchirurgie sowie Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.^{16, 99, 100, 123, 125, 128, 161, 179, 175, 185, 187, 188} Darüber hinaus bietet die Digitalisierung durch die Onlinepräsenz oder Telezahnmedizin die Möglichkeit über die Grenzen der Zahnarztpraxis hinaus, in Kontakt mit Patienten zu treten.^{39, 116, 217}

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) geht davon aus, dass digitale Technologien einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der öffentlichen Gesundheit leisten werden.¹⁴⁵ Viele Studien aus der Zahnmedizin beschreiben Vorteile wie eine verbesserte Genauigkeit in der Diagnostik und bei der Herstellung von Zahnersatz bei gleichzeitig erhöhtem Patientenkomfort.^{20, 75, 76, 104, 175, 178, 204, 209, 211, 225} Dennoch deuten einige Studien auf Grenzen und Hürden hinsichtlich der Digitalisierung in der

Zahnmedizin hin, welche durch die schnelle Innovationsentwicklung stetig neu verschoben werden.^{91, 105, 138, 162, 184} Es blieb jedoch lange Zeit völlig unklar, inwiefern digitale Technologien Einzug in Zahnarztpraxen innerhalb Deutschlands gehalten haben, im Rahmen der Patientenbehandlung Anwendung finden und wie die Digitalisierung von Seiten der Zahnärzte wahrgenommen wird.¹⁷⁸

Der Digitalisierungsprozess innerhalb Deutschlands wird im Allgemeinen vielfach kritisiert und im internationalen Vergleich scheint Deutschland nicht zu den digitalen Vorreitern zu gehören.^{59, 93, 208} Bislang lagen keinerlei Daten zum Stand der Digitalisierung in der Zahnmedizin aus Deutschland vor. Eine Pilotstudie der Studiengruppe von *Schlenz et al.*¹⁷⁸ untersuchte den aktuellen Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen erstmals in einem Pilotprojekt am Beispiel Hessen in dem Jahr 2022. Anhand dieser Studie wurde eine erste Einschätzung über den Digitalisierungsgrad von Zahnarztpraxen gewonnen, jedoch stellt sich die Frage, ob die Ergebnisse aus Hessen auf ganz Deutschland übertragbar sind. *Schlenz et al.*¹⁷⁸ weisen diesbezüglich darauf hin, dass Untersuchungen weiterer Standorte für eine bundesweite Einschätzung notwendig seien.

2 Ziel der Arbeit

Als Weiterführung der hessischen Pilotstudie¹⁷⁸ aus dem Jahr 2022 war es das Ziel der vorliegenden Arbeit den aktuellen Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in weiteren Standorten Deutschlands zu untersuchen. Der Fokus der deskriptiven Analyse lag hierbei, wie in der Pilotstudie¹⁷⁸, auf der technologischen Ausstattung von Zahnarztpraxen, dem Einsatz digitaler Technologien in der Patientenbehandlung und der Einstellung der Zahnärzte zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin. Eine weiterführende Analyse, unter Einbeziehung demographischer Daten, diente der Identifikation treibender bzw. hemmender Faktoren hinsichtlich des Digitalisierungsprozesses. Darüber hinaus zielte die vorliegende Studie darauf ab, die Rolle von Fachgesellschaften mit dem Fokus Digitalisierung in der Zahnmedizin für Zahnärzte in Deutschland zu untersuchen. Zwecks eines internationalen Vergleiches wurden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit im Anschluss mit Daten anderer Länder verglichen. Folgende Fragestellungen wurden überprüft:

- Ist der Einsatz digitaler Technologien in administrativen Bereichen höher als in der zahnärztlichen Behandlung?
- Gehört der digitale Workflow in Zahnarztpraxen Deutschlands bereits zum Standardprozedere?
- Wie bewerten Zahnärzte den Einsatz einzelner digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis?
- Wie begründen Zahnärzte den Einsatz oder den Verzicht digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis?
- Bestehen Unterschiede in der Einstellung zur Digitalisierung und den Beweggründen zur Nutzung von Technologien des digitalen Workflows zwischen den Zahnärzten, welche den digitalen Workflow anwenden und denjenigen Zahnärzten, welche konventionell vorgehen?
- Beeinflussen demografische Daten (Alter, Geschlecht, Haupttätigkeitsfeld, Berufserfahrung, Teilnahme an Fortbildungen zum Thema Digitalisierung, Praxisgröße, Praxisstandort) die Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland?
- Besteht eine digitale Kluft zwischen den neuen und alten Bundesländern?

- Bestätigen sich die Ergebnisse der hessischen Pilotstudie an weiteren Standorten Deutschlands?
- Wie ist Deutschland hinsichtlich der Digitalisierung von Zahnarztpraxen international einzuordnen?
- Lässt sich ein digitaler Trend in den Zahnarztpraxen Deutschlands erkennen?
- Welche Rolle spielen Fachgesellschaften mit Fokus auf die Digitalisierung in der Zahnmedizin für Zahnärzte in Deutschland?

3 Literaturübersicht

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in die Thematik der Digitalisierung im Rahmen des Gesundheitswesens mit der historischen Entwicklung des Gesundheitssystems in Deutschland. Der Fokus liegt dabei auf der Zahnmedizin, weshalb insbesondere die Zahnärzteschaft in Deutschland, sowie digitale Technologien und der digitale Workflow in der Zahnarztpraxis vorgestellt werden. Darüber hinaus wird auf Studien zum Stand der Digitalisierung im Allgemeinen eingegangen, auf denen einige Fragestellungen dieser Arbeit zu demografischen Einflussfaktoren beruhen. Im Anschluss wird ein Überblick über die aktuelle Studienlage zum Digitalisierungsgrad von Zahnarztpraxen in Deutschland und im Ausland gegeben, welche einen direkten Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ermöglichen.

3.1 Digitalisierung im Gesundheitswesen

3.1.1 Evolution

Vor der Kommerzialisierung von Computern und Informationssystemen wurden Arztpraxen ausschließlich analog organisiert, sämtliche Dokumente und Patientenakten handschriftlich geführt und zusammen mit analogen Röntgenbildern in Aktenschränken katalogisiert. Mit der Entwicklung der Computertomographie (CT) durch Godfrey N. Hounsfield im Jahr 1971 begann die Digitalisierung im Gesundheitswesen mit dem Bereich der Röntgendiagnostik.⁹⁸ Die Speicherung der Bildinformationen erfolgte jedoch vorerst mithilfe analoger Polaroid-Aufnahmen. In den 1980er Jahren wurde die chemische Filmentwicklung im Rahmen der analogen Röntgendiagnostik durch Innovationen der Röntgentechnologie abgelöst, zunächst durch Speicherfolien und anschließend durch die Sensortechnik. Zugleich entwickelte die Firma Siemens (Berlin, Deutschland) im Jahr 1982 das sogenannte *Picture-Archiving-and-Communication-System* (PACS), ein System zur digitalen Speicherung und ortsunabhängigen Sichtung von digitalen Röntgenaufnahmen im *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) Format.²²⁸ Als Alternative zum CT entwickelte Konrad Jacob in Marburg ein neues dreidimensionales Bildgebungsverfahren, die digitale Volumentomographie (DVT) und stellte diese 1996 unter dem Namen *NewTom* vor.¹⁴³

Neben der digitalen dreidimensionalen Röntgendiagnostik fanden in den 1980er Jahren Computer zur Verwaltung von Patientendaten und Abrechnung Einzug in Arztpraxen. Allerdings waren diese Systeme oft isoliert und nicht miteinander vernetzt. Folgend wurden zunehmend Softwaresysteme in Arztpraxen etabliert und unterstützten seither die Kommunikation zwischen den Akteuren der Gesundheitsbranche durch digitalen Austausch von Arztbriefen und Bilddaten. Mit der Weiterentwicklung akkubetriebener Computer fanden ärztliche Visiten in medizinischen Versorgungseinrichtungen erstmals papierlos statt.²¹⁸

Überdies wurde die Digitalisierung des Gesundheitssystems in Deutschland politisch vorangetrieben.^{31, 33-35} Die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte (eGK) begann in den frühen 2000er Jahren bevor sie seit 1. Januar 2015 als Berechtigungsnachweis zur Inanspruchnahme medizinischer Leistungen von den gesetzlichen Krankenkassen verpflichtend anzubieten war. Die eGK enthält grundlegende Patientendaten und ermöglicht den sicheren Austausch von Informationen im Gesundheitswesen.³⁴ Im darauffolgendem Jahr trat das E-Health-Gesetz³² in Kraft, welches darauf abzielte, die Digitalisierung im Gesundheitssystem weiter voranzutreiben. Hierbei standen die Telemedizin (Kapitel 3.2.5), elektronische Patientenakte (ePA) und die Telematikinfrastruktur (TI) im Fokus.^{32, 33} Während E-Health als Überbegriff für jegliche Verwendung digitaler Technologien im Gesundheitswesen verwendet wird, setzt sich der Begriff TI aus den Wörtern *Telekommunikation* und *Informatik* zusammen und beschreibt ein digitales Netzwerk, welches Leistungserbringer des Gesundheitswesens miteinander verbindet. Dabei kann die TI als eine Art Datenautobahn für einen sicheren und schnellen Austausch gesundheitsbezogener Informationen aus verschiedenen Quellen betrachtet werden.²⁸ Während zunächst Arzt- und Zahnarztpraxen, Psychotherapeuten und Kliniken gesetzlich verpflichtet wurden, sich an die TI anzubinden, betraf dies zuletzt Apotheken, um das elektronische Rezept (eRezept) deutschlandweit als neue Anwendung zu etablieren. Die Anbindung von Pflegeeinrichtungen, Physiotherapeuten und Hebammen ist seit dem Jahr 2020 freiwillig möglich und soll zwischen den Jahren 2024 bis 2026 verpflichtend eingeführt werden, um alle Akteure des Gesundheitswesens in das Netzwerk zu integrieren. Technologische Voraussetzung für die Anbindung an die TI sind ein Computer mit zugehöriger Fachsoftware und Internetverbindung, ein Konnektor für die Anbindung des Betriebs an die TI, ein E-Health Kartenterminal für das Auslesen der Informationen auf der eGK, ein *Security Module Card* Typ B

(SMC-B) Praxis- bzw. Institutionsausweis zur Authentifizierung als rechtmäßiger Kommunikationspartner in der TI und ein elektronischer Heilberufsausweis (eHBA), welcher den Behandelnden dazu berechtigt elektronische Medikationspläne (eMedikationspläne) oder eRezepte einzusehen bzw. zu erstellen.^{28, 35} Durch das im Jahr 2019 in Kraft getretene Digitale-Versorgungs-Gesetz (DVG) zielte die Bundesregierung weiterhin auf die Förderung der Telemedizin im Sinne eines einfacheren Zugangs zu Videosprechstunden und der Möglichkeit Gesundheits-Apps per Rezept zu verschreiben ab.³¹

3.1.2 Onlinepräsenz

Der Anstieg des Digitalisierungsgrades der deutschen Gesellschaft zeichnet sich weiterhin durch den Zuwachs von Nutzern sozialen Medien (Social-Media) ab. Während im Jahr 2012 nach Angaben der deutschen Onlineplattform für Statistik *Statista* 1,48 Milliarden Menschen soziale Medien nutzten, erhöhte sich die Anzahl der Nutzer im Jahr 2023 auf mehr als 4,76 Milliarden Menschen.¹⁹⁸ Dabei wurden soziale Netzwerke zu einem wichtigen Kanal für die Gesundheitsförderung, die Patienten- und Mitarbeiterrekrutierung sowie für das Marketing von Gesundheitsdienstleistern. Dies implizierte gleichzeitig eine veränderte Rolle der Patienten. *Lupton et al.*¹¹⁸ definierten diesbezüglich im Jahr 2013 den Begriff des digital engagierten Patienten (ePatient), bei welchen es sich um Patienten handele, welche ihre Behandlung aktiv mitgestalten möchten und sich zunehmend selbstständig über Diagnosen, Therapiemöglichkeiten und Behandlungseinrichtungen informieren.^{5, 46, 118} Dieser Trend setzte sich nach Angaben von *Statista*¹⁹⁷ weiter fort, da im Jahr 2020 etwa 70 % der Menschen in Deutschland das Internet verwendeten, um nach gesundheitsrelevanten Informationen zu suchen. Darüber hinaus stellten *Parmer et al.*¹⁴⁷ mithilfe einer Onlinebefragung von britischen Patienten und Zahnärzten im Jahr 2018 fest, dass 55 % der Zahnärzte über Accounts auf Social-Media-Plattformen verfügten. Überdies suchten 36 % der Patienten nach ihrer Zahnarztpraxis auf sozialen Netzwerken und zeigten sich interessiert an zusätzlichen Informationen wie Onlinebewertungen und Qualifikationen ihrer Zahnärzte. Neben der reinen Informationsvermittlung über Öffnungszeiten und Sprechstunden profitierte die Kommunikation zwischen medizinischen Leistungserbringern und Patienten beispielsweise durch die Onlineterminvergabe. Eine britische Studie zeigte, dass zudem der Werbeaspekt für Praxen eine wichtige Rolle zu spielen schien, da 83 % der britischen Befragten glaubten, dass soziale Medien eine effektive Marketingmethode

sei.¹⁴⁷ In Zeiten der Coronapandemie bildeten sich soziale Netzwerke als ein nützliches Werkzeug zur schnellen und einfachen Informationsverbreitung bei einem gleichzeitig günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis heraus, wobei der Zugang zu Gesundheitsinformationen für große Bevölkerungsgruppen, unabhängig von geografischer Lage erleichtert wurde.^{5, 7, 60, 61, 80, 147}

3.2 Digitalisierung in der Zahnmedizin

3.2.1 Administration

Den Einstieg in die Digitalisierung im Bereich der Zahnmedizin bilden, wie auch in anderen medizinischen Fachrichtungen, Softwarelösungen für die Praxis- und Patientenverwaltung. Dies unterstützt Zahnärzte nicht nur im Rahmen der papierlosen Dokumentation, vielmehr ermöglichen sie die zentralisierte Organisation von Praxisaufgaben. Dabei bieten sie Funktionen wie Terminplanung, Material- und Hygieneverwaltung, elektronische Kommunikation unter Kollegen und Dokumentation erbrachter Leistungen, sowie deren Abrechnung auf elektronischem Weg. Patientenverwaltungssysteme erlauben neben der digitalen Verlaufsdokumentation auch das Einpflegen von Daten digitaler Befunderhebung. Die Fotodokumentation mithilfe von Digitalkameras stellt hierbei die einfachste Methode dar, aber auch Intraoralscans und digitale Röntgenaufnahmen ergänzen die Dokumentation in digitalen Patientenakten. Seit den ersten Versionen der Praxisverwaltungssysteme in den 1980er Jahren haben sie sich in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Zweig der Informationstechnologie entwickelt.²¹⁸ So erfolgt die Abrechnung allgemeinmedizinischer Leistungen bereits grundsätzlich und deren Dokumentation überwiegend digital, wie aus einer Untersuchung der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) aus dem Jahr 2022 hervorgeht.¹⁰¹ Darüber hinaus setzte die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV) im Jahr 2012 die Einführung der papierlosen Abrechnung durch, sodass Zahnärzte seither dazu verpflichtet sind, alle vertragszahnärztlichen Leistungen mit der zugehörigen kassenzahnärztlichen Vereinigung elektronisch abzurechnen.¹⁰²

3.2.2 Diagnostik

Bei der zahnärztlichen Diagnostik erfolgen die Untersuchung und Bewertung des Zahnstatus standardmäßig durch visuelle Inspektion der Mundhöhle und Verwendung

bildgebender Verfahren, wie beispielsweise der Röntgendiagnostik. Das Zusammentragen der einzelnen Befunde liefert die (Verdachts-) Diagnose. Wichtige Parameter für die Verlässlichkeit eines diagnostischen Verfahrens sind die Validität und Reliabilität, aber auch die Invasivität und eine angemessene Kosten-Nutzen-Relation stellen wichtige Faktoren für die Wahl der diagnostischen Vorgehensweise dar. Während die Validität die Wahrscheinlichkeit beschreibt, mit welcher eine Methode geeignet ist, eine Erkrankung zu erkennen oder auszuschließen, steht eine hohe Reliabilität für die Wiederholbarkeit der Testergebnisse. Die Invasivität wird durch das Ausmaß der Integritätsverletzung des Körpers definiert und steht in engem Zusammenhang mit der Kosten-Nutzen-Relation, welche die Zweckmäßigkeit gegenüber dem möglichen induzierten Schaden und den technischen oder finanziellen Nachteilen einer diagnostischen Methode abwägt.^{58, 134} Bei der Befunderhebung werden subjektive und objektive Vorgehensweisen unterschieden, wobei bezüglich angestrebter hoher Reliabilität letzterer Vorzug zu geben ist. Für eine detaillierte und objektive Befunderhebung werden Zahnärzte zunehmend durch digitale Technologien unterstützt.^{2, 11, 12, 15, 68, 74, 89, 100, 119, 125, 178, 187, 206, 227}

Im Rahmen der Kariesdiagnostik galten nach einer sk2-Leitlinie bis zum Jahr 2021 das seit 2005 eingeführte *International Caries Detection and Assessment System II* (ICDAS-II) und die Röntgendiagnostik als Goldstandard.⁶⁷ Während die röntgenologische Bissflügelaufnahme nach *Raper*⁶⁶ den Goldstandard für die Beurteilung von Approximalflächen darstellt, handelt es sich bei ICDAS-II um eine visuelle Methode zur Einteilung eines okklusalen Befundes in ein siebenstufiges System. Letzteres basiert auf der Erkennung von makroskopisch sichtbaren, durch Demineralisation hervorgerufene Zahnhartsubstanzveränderung.^{78, 84} Karies ist eine multifaktoriell bedingte dynamisch-destruierende Erkrankung der Zahnhartsubstanz und wird nach aktuellem Verständnis als ein Krankheitsprozess angesehen, in welchem bei rechtzeitiger Diagnose eingegriffen und dessen Progression mithilfe non- bzw. minimalinvasiver Maßnahmen, wie der Verbesserung der Mundhygiene, Fluoridierung und der Kariesinfiltration, gestoppt werden kann.⁶⁷ Sowohl die röntgenologische als auch visuelle Inspektion stoßen jedoch in Anbetracht einer frühzeitigen Erkennung, welche für non- bzw. -minimalinvasive Maßnahmen vorausgesetzt wird, an ihre Grenzen. Während Approximalflächen sich der visuellen Inspektion entziehen und Bissflügelaufnahmen aufgrund von Summationseffekten zur Beurteilung kariöse Prozesse im Bereich der Okklusalfächen ungeeignet sind, bleiben kariöse Prozesse im

Bereich der Approximalflächen und die sogenannte Hidden-Caries unter einer augenscheinlich intakten Okklusalfäche initial oft unentdeckt.^{66, 81} Ergänzend wurde lange Zeit die taktile Inspektion mit einer zahnärztlichen Sonde durchgeführt, welche jedoch aufgrund von dabei auftretenden Beschädigungen der Zahnhartsubstanz und der daraus resultierenden erhöhten Plaqueakkumulation für die Kariesdiagnostik obsolet ist. Darüber hinaus unterliegen sowohl die visuelle als auch die taktile Inspektion einer hohen Subjektivität durch den Behandler.^{182, 206} Der diagnostische Nutzen, sowie die Anwendbarkeit der visuellen Inspektion und der Bissflügelaufnahme sind daher im Rahmen der Früherkennung begrenzt.⁶⁴ Zudem ist die radiologische Untersuchung aufgrund Verwendung ionisierender Strahlung im Sinne einer hohen Invasivität zur Beurteilung der Progression und des Behandlungserfolges einer non- oder minimalinvasiven Maßnahme im Rahmen eines Monitorings ungeeignet. Sowohl die begrenzten Möglichkeiten der Früherkennung einer kariösen Läsion durch visuelle, taktile oder radiologische Untersuchungen und der Bedarf an einem für das Monitoring geeigneten Verfahren haben die Entwicklung neuer Technologien, welche ohne ionisierende Strahlung auskommen, vorangetrieben. Zu nennen sind hierbei die Fluoreszenz-Technologie, die digitale fiberoptische Transillumination und die Nahinfrarot-Technologie, welche sich aus letzterer entwickelt hat. Den Verfahren gemein ist die Visualisierung demineralisierter Areale in der Zahnhartsubstanz. Während die Laserfluoreszenztechnologie auf einem verändertem Fluoreszenzmuster kariöser und somit bakteriell besiedelter Areale beruht, kommt es bei der Transilluminationstechnik zu einem veränderten Lichttransmissionsgrad in demineralisierter Zahnhartsubstanz.^{12, 26, 27, 77, 85, 100, 201} Kariöse Areale werden in modernen Geräten an einem Monitor unter Verwendung der Laserfluoreszenztechnik rötlich, bzw. bei der Transilluminationstechnik dunkler dargestellt, als intakte Zahnhartsubstanz, welche grünlich fluoresziert, bzw. einen höheren Transmissionsgrad aufweist und dadurch heller erscheint.^{27, 77, 100} Solche Technologien wurden zunächst als eigenständige Geräte entwickelt und zunehmend als zusätzliche Funktion in Intraoralscanner integriert.^{11, 15, 85, 206} In Untersuchungen haben sich diese Technologien insbesondere zur Erkennung einer Dentinkaries bewährt, wohingegen die Tauglichkeit dieser Technologien zur Erkennung einer Initialkaries begrenzt ist.^{11, 74, 125, 203, 206, 216} Zusammenfassend stellen die genannten Technologien insbesondere zur Visualisierung eine sinnvolle Ergänzung zu den konventionellen Kariesdiagnostikmethoden dar und eignen sich überdies zum Monitoring aufgrund ihres noninvasiven Charakters.²⁰⁶

3.2.3 Behandlungsplanung

Die diagnostischen Informationen werden schließlich zur Behandlungsplanung zusammengetragen und analysiert. Die Planung des Behandlungsergebnisses hat sich von händischen Zeichnungen auf Patientenfotos bis hin zum Konzept des virtuellen 3D-Patienten entwickelt.^{95, 121, 144} Während vor wenigen Jahren zweidimensionale, digitale Fotografien des Patienten zur Analyse und Veranschaulichung des möglichen Behandlungsergebnisses verwendet wurden, gewinnen dreidimensionale Darstellungen, wie beispielsweise mithilfe von DVTs, Intraoralscans und Gesichtsscans erzeugt, an Attraktivität.^{95, 99, 144, 167} Im Unterschied zu analog erworbenen Daten ist es möglich dreidimensionale Patientendaten durch das sogenannte Matching von Datensätzen zu visualisieren und ein virtuelles Abbild des Patienten zu erzeugen.^{95, 121, 160, 229} Einen weiteren Vorteil der digitalen Behandlungsplanung stellt die Möglichkeit dar, das Behandlungsergebnis virtuell zu visualisieren. Dies eröffnet neue Strategien der Behandlungsdurchführung. Die Visualisierung erleichtert zudem die Kommunikation zwischen Zahnarzt und Patient sowie mit dem zahntechnischen Labor.¹³ Mögliche Risiken oder Diskrepanzen zwischen Erwartungen seitens des Patienten und einem realistischen Behandlungsziel können somit vor Behandlungsbeginn aufgezeigt und das Therapieverständnis erhöht werden.^{95, 99, 141, 167, 185} Dieser Vorteil hat eine besondere Bedeutung für die ästhetische Zahnheilkunde, welche sich von prothetischen Lösungen bis hin zu kieferorthopädischen und mund-, kiefer- und gesichtschirurgischen Korrekturen von Zahn- und Kieferfehlstellungen erstreckt. Auch in der Kieferorthopädie lassen sich Intraoral- und Gesichtsscans durch geeignete Software mit den Daten einer digital erfolgten Funktionsanalyse kombinieren. Zudem bieten Softwareprogramme die Ermittlung des Platzbedarfes im Rahmen einer Modellanalyse an.⁴⁷ Digitale Modelle stellen auch in der Kieferorthopädie die Grundlage für die Herstellung unterschiedlicher kieferorthopädischer Apparaturen wie etwa Alignern dar, sowie für Übertragungsmatrizen zur indirekten Befestigung von Retainern oder Multibracketlapparaturen.^{47, 91} Das Konzept der sukzessiven Änderung der Zahnstellung durch Schienen (Aligner) geht auf ein im Jahr 1945 entwickeltes Konzept von *Remesnyder*¹¹⁷ zurück, was viele Jahre unter Verwendung konventioneller Methoden als technisch aufwändig galt. Die Entwicklung digitaler Technologien führte hierbei zu einer Vereinfachung und trieb die Alignertherapie voran.¹⁵⁵

Einen enormen Einfluss hat die digitale Behandlungsplanung außerdem in der Implantatprothetik erlangt. Der früher geltende Grundsatz, ein Implantat in Regionen ausreichenden Knochenangebotes zu inserieren wurde seit Einführung der dreidimensionalen Bildgebungsverfahren zunehmend abgelöst. Mithilfe digitaler Patientendaten und einer Planungssoftware wird heutzutage das sogenannte *Backwardplanning* angewandt.^{91, 174} In diesem Verfahren wird der optimale prothetische Korridor unter Berücksichtigung funktioneller und ästhetischer Ansprüche definiert, was zu einer stärker prothetisch orientierten Ausrichtung der Implantatposition führt.¹⁷⁴ Grundvoraussetzung für die digitale Implantatplanung ist das *Matching* der Oberflächendaten eines Intraoralscans mit den Daten der dreidimensionalen, radiologischen Bildgebung.^{91, 121} Anhand dieser Daten wird eine für die spezifischen anatomischen Anforderungen geeignete Implantatdimension gewählt und ein möglicher Bedarf an Vorbereitungen, wie beispielsweise augmentative Eingriffe oder die Herstellung von Hilfsmitteln ermittelt.¹⁷⁴ Letztere dienen als richtungsweisende Bohrschablonen, welche mithilfe der CAD/CAM-Technologie hergestellt werden können. Die schablonengeführte Implantatchirurgie soll dem Behandelnden somit eine höhere Sicherheit bei der chirurgischen Durchführung bieten und Abweichungen vom chirurgischen Protokoll und sowie folglich funktionelle oder ästhetische Einbußen vermeiden.^{65, 91, 99, 141, 185}

3.2.4 Workflows

Im folgenden Abschnitt werden der konventionelle, der digitale und Kombinationen aus dem konventionellen und digitalen Workflow anhand eines Behandlungsbeispiels aus dem Fachbereich der Zahnärztlichen Prothetik zunächst vorgestellt, bevor anschließend näher auf die Technologien des digitalen Workflows eingegangen wird.

Konventioneller Workflow

Die Abbildung 3.1 zeigt die Behandlungsschritte des herkömmlichen, konventionellen, analogen Workflows anhand einer Versorgung eines Patienten mit feststehendem Zahnersatz auf natürlichen Zähnen. Nach erfolgter Diagnostik, Behandlungsplanung und konservierender Vorbereitungen, sowie Anfertigung einer Versorgungsabformung zur Herstellung eines Provisoriums, erfolgt die Präparation der Zähne. Die Übertragung der intraoralen Situation auf ein Arbeitsmodell wird durch konventionelle Abformung mithilfe von Abformmassen und -löffeln durchgeführt. Die abgebundene Abformung

wird nach anschließender Desinfektion im zahntechnischen Labor mit Gips ausgegossen und in ein Arbeitsmodell überführt, anhand dessen die Modellation des Zahnersatzes durchgeführt wird. Dies erfolgt zumeist mithilfe von Dentalwachsen, welche anschließend in Metall überführt werden und dieses ggf. mit Dentalkeramik verblendet wird. Nach der Ausarbeitung und Politur durch den Zahntechniker wird das Werkstück zurück in die Zahnarztpraxis geliefert. Dort wird es am Patienten intraoral anprobiert und final durch den Zahnarzt korrigiert, bevor es definitiv eingesetzt und finalisiert wird.¹²⁷

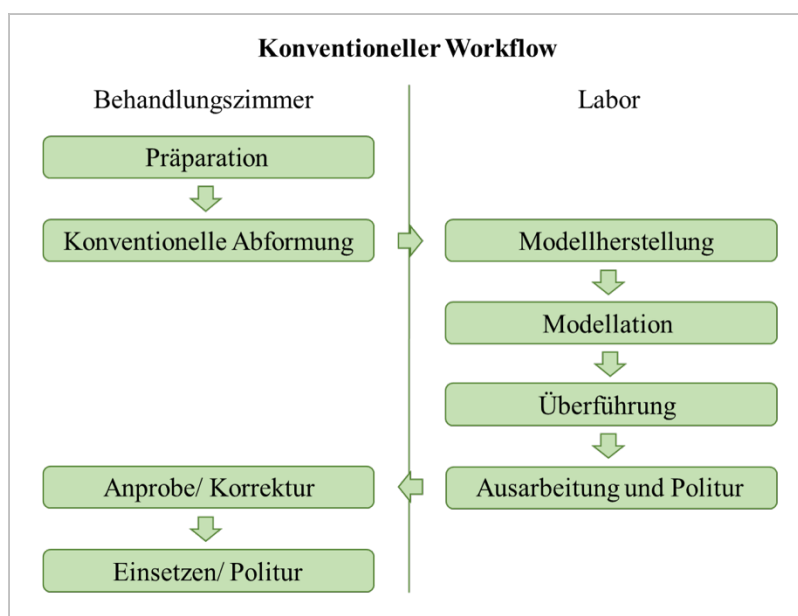


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung des konventionellen Workflows in der Zahnärztlichen Prothetik am Beispiel einer Herstellung von feststehendem Zahnersatz.

Digitaler Workflow

Unter dem Begriff *digitaler Workflow* wird eine Prozesskette verstanden, in welcher Datenakquise, Planungs-, Behandlungs- und Fertigungsschritte, z.B. zur Herstellung von Zahnersatz, unter Verwendung technologischer Innovationen, wie Intraoralscanner und CAD/CAM-Technologien, digital erfolgen. Die Abbildungen 3.2 und 3.4 zeigen das zuvor gewählte Behandlungsbeispiel aus der Zahnärztlichen Prothetik im rein digitalen bzw. im kombiniert konventionellen und digitalen Workflow. Voraussetzend für den digitalen Workflow sind digitale Datensätze, anhand welcher die weitere Datenverarbeitung und automatisierte Fertigung des Werkstückes erfolgen.^{16, 97, 130, 160,}

Die Abbildung 3.2 zeigt eine schematische Darstellung des rein digitalen Workflows zur Herstellung von feststehendem Zahnersatz. Im Unterschied zum konventionellen, analogen Workflow erfolgt hierbei nach der Präparation eine optische Abformung mithilfe von Intraoralscannern. Der Scandatensatz wird direkt in einem dreidimensionalen Modell an einem Bildschirm visualisiert. Anhand des Scandatensatzes werden sowohl der provisorische als auch der definitive Zahnersatz virtuell modelliert und mithilfe von Maschinen aus einem monolithischen Materialblock gefräst. Nach etwaigen Nachbearbeitungen, wie beispielsweise einer Kristallisation und Glasur des definitiven Zahnersatzes, sowie der Ausarbeitung und Politur wird der provisorische oder definitive Zahnersatz intraoral anprobiert und durch den Zahnarzt eingesetzt.^{16, 47, 48, 91, 110, 130, 191, 229}

Je nach Ort der Fertigung, wird das Chairsideverfahren vom Labsideverfahren unterschieden. Der chairside hergestellte Zahnersatz wird dabei unter Umgehung eines zahntechnischen Labors, direkt in der zahnärztlichen Praxis gefertigt, wobei sich Softwaresysteme und zahntechnische Geräte wie CNC-Fräsmaschinen oder Desktop 3D-Drucker zur virtuellen Modellation und Fertigung des Zahnersatzes innerhalb der zahnärztlichen Praxis befinden. Im Rahmen des Labsideverfahrens sind die entsprechenden Geräte hingegen weiterhin in einem zahntechnischen Labor lokalisiert und werden durch Zahntechniker betrieben.^{160, 191, 226}

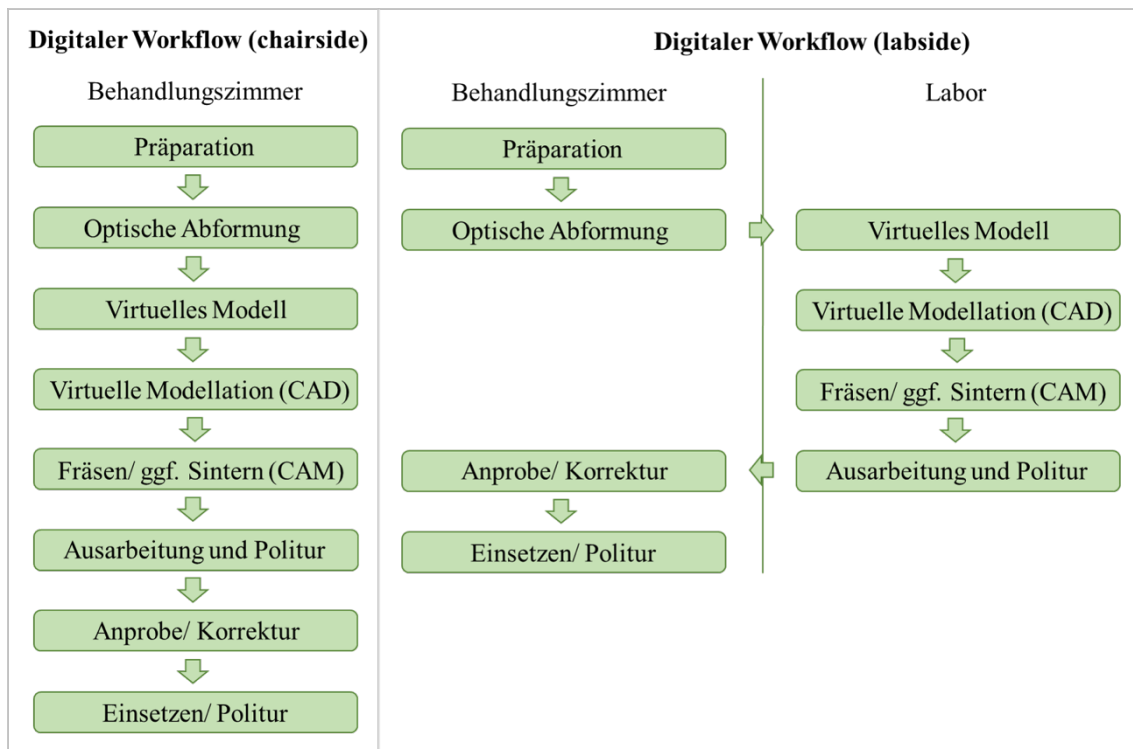


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung des digitalen Workflows im Chairsideverfahren (links) und Labsideverfahren (rechts) am Beispiel einer Herstellung von feststehendem Zahnersatz.

Kombinationen der Einzelschritte des digitalen und konventionellen Workflows ermöglichen es die Vorgehensweise an die Praxisausstattung bzw. Patientensituation anzupassen. Beispielsweise ist es möglich auf Seiten des Behandlungszimmers weiterhin konventionell vorzugehen (Abbildung 3.3). Dabei erfolgt nach Vorbereitung und Präparation eine konventionelle Abformung der intraoralen Situation, welche jedoch im Unterschied zum konventionellen Workflow auf zahntechnischer Seite digitalisiert wird. Hierbei kann sowohl die Abformung selbst als auch das konventionell hergestellte Gipsmodell mithilfe von Laborscannern digitalisiert werden.^{20, 191} Die weiteren Schritte erfolgen wie im zuvor beschriebenen digitalen Workflow im Labsideverfahren.

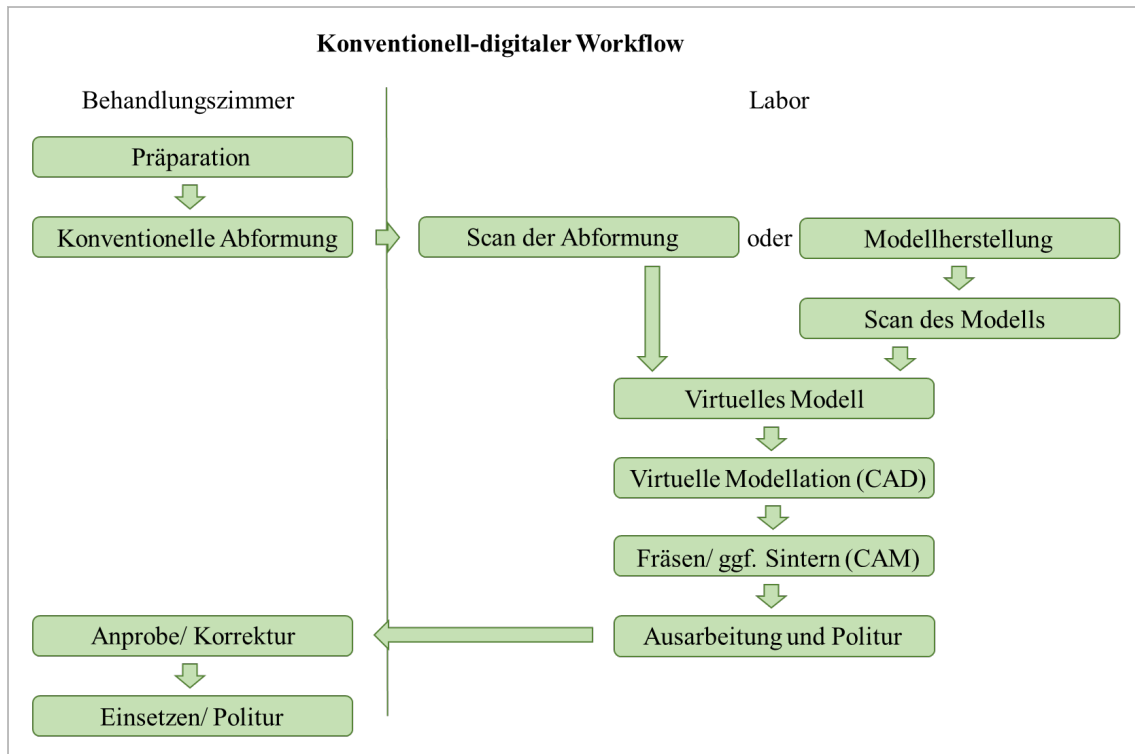


Abbildung 3.3: Schematische Darstellung einer Kombination aus konventionellen Behandlungsschritten innerhalb der Zahnarztpraxis und digitalen Schritten innerhalb des zahntechnischen Labors am Beispiel einer Herstellung von feststehendem Zahnersatz.

Weiterhin ist es möglich das anhand des Intraoralscans erzeugte virtuelle Modell durch 3D-Druck in ein physisches Arbeitsmodell zu überführen, anhand dessen auf Seiten des zahntechnischen Labors weiter im konventionellen Verfahren vorgegangen werden kann.¹⁶⁰ (Abbildung 3.4)

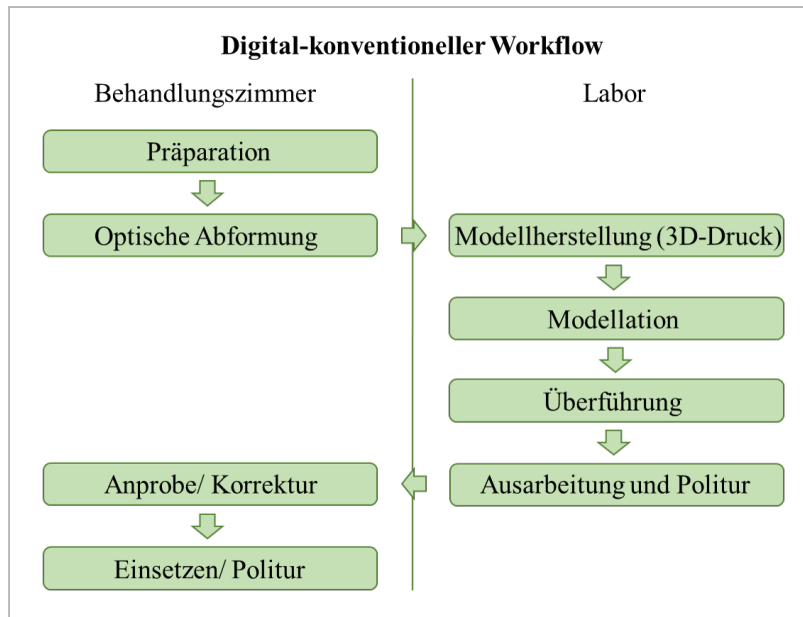


Abbildung 3.4: Schematische Darstellung einer Kombination aus digitalen Behandlungsschritten innerhalb der Zahnarztpraxis und digitalen sowie konventionellen Schritten innerhalb des zahntechnischen Labors am Beispiel einer Herstellung von feststehendem Zahnersatz.

Digitale Abformung

Während für die konventionelle Abformung Abformmassen und -löffel verwendet werden, erfolgt die Datenakquise im digitalen Workflow hingegen durch optische Abformung (*computer-aided impressioning*, CAI) der intraoralen Situation (intraoraler Scan) oder durch optische bzw. taktile Abformung der physischen Abformung oder des Modells (extraoraler Scan). Der Intraoralscan ermöglicht den direkten Einstieg in den digitalen Workflow (direkte Digitalisierung) und wird mithilfe von Intraoralscannern durchgeführt. Diese bestehen aus einem Handstück, welches mit einer Kamera bzw. einem Sensor und einem Laser ausgestattet ist, sowie aus einem Computer, der die Scandaten verarbeitet und einem Monitor, auf welchem die dreidimensionale Abbildung der intraoralen Situation visualisiert wird. Für das Erstellen eines Intraoralscans wird das Handstück in den Mund des Patienten eingeführt, in welcher der Laser Lichtimpulse entsendet, die an den intraoralen Oberflächen reflektiert und von einem Sensor registriert werden.^{83, 160, 191, 229}

Die ersten Arbeitsgruppen widmeten sich im Jahr 1973 der Aufgabe ein dreidimensionales Messverfahren für intraorale Aufnahmen zu entwickeln, welches auf die Digitalisierung von Zahnstumpfdaten und anschließender computergestützten Konstruktion und Fertigung prothetischen Zahnersatzes abzielte. Zehn Jahre später wurde das erste CAI-System in Frankreich vorgestellt.^{110, 193} Die heute erhältlichen

CAI-Systeme ähneln sich in ihrer Anwendung, weisen jedoch Unterschiede bezüglich ihres Aufnahmeprinzips und gegebenenfalls erforderlicher Vorbehandlung der zu scannenden Oberfläche auf.^{45, 159-161, 205, 229} Es werden grundsätzlich drei technische Funktionsweisen unterschieden: Die optische Triangulation, das Active-Wavefront-Sampling und die konfokale Mikroskopie.^{83, 159, 191, 205, 229} Darüber hinaus existiert seit 2019 die optische Hochfrequenz-Kontrastanalyse, eine Kombination aus optischer Triangulation und der konfokalen Mikroskopie. Unabhängig von dem Aufnahmeprinzip wird die räumliche Situation zunächst als Punktwolke erfasst, bei welcher den einzelnen Punkten Raumkoordinaten zugewiesen sind. Die dreidimensionale Oberflächenstruktur wird durch Algorithmen errechnet und im STL-Format (*Standard-Tesselation-Language*) gespeichert.^{191, 205, 229}

Die verschiedenen Materialien und Vorgehensweisen der konventionellen Abformung sind umfangreich untersucht und nach *Wöstmann et al.*²²⁰ „leisten die heute zur Verfügung stehenden konventionellen Abformmaterialien und -methoden Hervorragendes“. Dennoch sind die Materialeigenschaften konventioneller Abformmassen höchst komplex und müssen dabei eine hohe Präzision, Dimensionsstabilität, Hydrophilie, Fließfähigkeit, Deformierbarkeit und Rückstellvermögen, Reißfestigkeit, Biokompatibilität, Desinfizierbarkeit und Kompatibilität mit Modellmaterialien aufweisen.²²¹ Nach *Ender et al.*⁵⁵ liege die durchschnittliche Genauigkeit konventioneller Abformungen bei 50 µm und sei damit als klinisch akzeptabel zu bewerten. Aus einer Untersuchung von *Samet et al.*¹⁷¹ ging jedoch hervor, dass 89,1 % der Abformungen erkennbare Fehler aufwiesen. Die Fehlerimmanenz der konventionellen Abformtechniken sei dabei auf die Materialeigenschaften sowie auf klinische Einflussfaktoren und Nichteinhaltung strenger Verarbeitungsvorgaben zurückzuführen. Als Fehler wurden dabei unzureichende Adhäsion des Abformmaterials am Abformlöffel, unzureichender Materialverbund bei zweiphasigen Abformungen, Fließnasen, Risse und Luftblasen in der Präparationsgrenze dokumentiert.¹⁷¹ Überdies unterliegen einige Abformmaterialien Dimensionsänderungen und eignen sich daher nur bedingt zur langfristigen Lagerung. Die konventionelle Vorgehensweise, beginnend bei der konventionellen Abformung bis hin zur Herstellung eines physischen Modells, gliedert sich in viele Einzelschritte, welche unweigerlich zu einer Fehlerpotenzierung führen. Die Annahme, einen Fehler durch einen anderen zu kompensieren bezeichnen *Wöstmann et al.*²²⁰ dabei als einen Trugschluss. Bei der konventionellen Abformung sei daher eine streng getaktete

Verarbeitung unter Einhaltung der Verarbeitungsvorgaben und Lagerungsanweisung erforderlich, um eine hohe Genauigkeit und Präzision des für die Herstellung von Zahnersatz notwendigen Arbeitsmodells zu erzielen.²²⁰ An diesen Stellen hat sich die digitale Abformung als sinnvolle Alternative herausgestellt und Untersuchungen haben gezeigt, dass die Präzision und Genauigkeit digitaler und konventioneller Abformungen vergleichbar sind.^{20, 75, 76, 104, 175, 209, 211} Darüber hinaus belegen einige Studien, dass mithilfe der digitalen Abformung eine höhere marginale Passgenauigkeit von feststehendem Einzelzahnersatz erreicht werden kann als mithilfe konventioneller Abformungen.^{204, 225} Dahingegen scheint die digitale Ganzkieferabformung, wie sie beispielsweise bei großspannigen Implantatrestaurationen oder herausnehmbarem Zahnersatz notwendig wird, der konventionellen Methode unterlegen zu sein. Dies beruht darauf dass ein Intraoralscan durch Überlagerung der aufgenommenen Einzelbilder entsteht, wobei es zu einer Verzerrung der räumlichen Dimensionen des Gesamtdatensatzes kommt und sich Überlagerungsfehler mit zunehmender Kieferspanne fortsetzen.^{105, 138, 160, 162} Weiterentwicklungen der Software und Implementierung neuer Rechenalgorithmen haben hierbei jedoch zu Fortschritten geführt.^{103, 180}

Neben der Vermeidung chemischer Reaktionen und fehleranfälliger Verarbeitungsschritte stellt die Visualisierung der Abformung in Echtzeit einen großen Vorteil der digitalen Abformung dar, da sie die direkte Überprüfung der Abformung auf Vollständigkeit und Fehler ermöglicht.^{209, 226, 229} Zudem bieten softwareinterne Einstellungsmöglichkeiten oder separat erhältliche Programme, wie beispielsweise *Prep-Check* der Firma Dentsply Sirona (Bensheim, Deutschland), dem Behandler eine schnelle und einfache Analyse seiner Präparation unter Berücksichtigung materialspezifischer Faktoren des geplanten Zahnersatzes.^{160, 209, 226} Während bei der digitalen Abformung bei etwaigen Auffälligkeiten ein Abschnitt nach erfolgter Korrektur selektiv nachgescannt werden kann, muss im konventionellen Workflow an dieser Stelle eine neue Abformung des gesamten Abformgebietes erfolgen.^{160, 226} Diese Vorgehensweise kann sich der Behandler zudem als Scanstrategie zunutze machen. Wurde zur Behandlungsplanung bereits ein Situationsscan vorgenommen, kann das Präparationsgebiet nachträglich selektiv gescannt und in den Situationsscan unter Beibehaltung der ursprünglichen Kieferrelation integriert werden.²²⁹ Neben den Vorteilen für den Behandler hat eine Vielzahl von Studien gezeigt, dass Patienten durch einen erhöhten Komfort von der digitalen Abformung profitieren, da eine Auslösung

des Würgereflexes sowie ein ungenießbarer Geschmack von Abformmassen vermieden werden kann.^{38, 65, 96, 122, 209, 226} Zudem haben *Araújo et al.*⁶ festgestellt, dass die Verwendung eines Intraoralscanners die klinischen Ergebnisse einer Parodontalbehandlung verbessert, wobei die Visualisierung eine wichtige Rolle für die Stärkung der Compliance spielt. Darüber hinaus dienen Intraoralscans und die Möglichkeit der virtuellen Überlagerung der Verlaufskontrolle intraoraler Veränderungen, wie beispielsweise Rezessionen, Zahnwanderungen und Verlust von Zahnhartsubstanz durch Abrasion oder Erosion.¹⁶⁰ Weitere Vorteile der Scantechnologie werden durch die digitale Bestimmung der Zahnfarbe, platzsparende Archivierung digitaler Modelle, kostengünstiger und zeitsparender Datenversand sowie eine einfache Kommunikation zwischen Behandler und Zahntechniker und eine Materialersparnis und Ressourcenschonung durch Verzicht von Abformmaterialien beschrieben.^{160, 226, 229}

CAD/CAM-Technologie

Im zweiten Schritt des digitalen Workflows erfolgt die virtuelle Konstruktion des Zahnersatzes, welche unter dem Begriff *computer-aided design* (CAD) bekannt ist und mit geeigneter Software an einem Computer durchgeführt wird.¹⁹²

Der Begriff *computer-aided manufacturing* (CAM) beschreibt die Fertigung des virtuell konstruierten Werkstückes. Es werden grundsätzlich subtraktive Verfahren mithilfe von *Computerized Numerical Control* (CNC)-Fräsmaschinen von den additiven Verfahren mithilfe von 3D-Druckern unterschieden. Der durch CAD konstruierte 3D-Volumenkörper wird in der CAM-Software in ein Drahtgittermodell aus dreieckigen Polygonflächen, dem sogenannten STL-Datensatz, überführt und anschließend in eine sinnvolle Positionierung in der virtuellen Bauplattform gebracht, was als *Nesting* bezeichnet wird. Mithilfe der CAM-Software wird ein *Geometric Code* (G-Code) generiert, welcher über geometrische Weginformationen und Schaltsignale verfügt und anschließend durch das *Postprocessing* maschinenspezifischen Befehle erhält. Der G-Code wird letztlich durch einen Maschinencontroller der CNC-Fräse oder des 3D-Druckers umgesetzt. Während Zahnersatz oder zahnmedizinische Hilfsmittel im Rahmen der subtraktiven Verfahren aus einem monolithischen Werkstoffblock gefräst werden, werden sie bei den additiven Fertigungsverfahren durch Auftragen einzelner Schichten erzeugt.^{192, 190} *Francois Duret* gilt als Urvater der computergestützten Fertigung von Zahnersatz, welcher in den 1970er mit seinem Sophia-System erste

Forschungen betrieb. Erste Versuche zur computergestützten Herstellung von Zahnersatz unternahm *Heitlinger* und *Rodder* im Jahr 1979 mit ihrem DentiCAD-System. Beide Systeme konnten sich jedoch nicht durchsetzen.¹⁹³ Erst durch die seit 1980 begonnene Entwicklung des CEREC-Systems von *Mörmann* und *Brandestini*¹³³ gelang die Entwicklung eines verkehrsfähigen CAD/CAM-System für Zahnarztpraxen. Markteinführung erhielt das CEREC-System im Jahr 1985 durch die Firma Siemens Dental, aus der die heutige Firma Dentsply Sirona, (Bensheim, Deutschland) hervorging.^{130, 133, 135, 136, 193} Seit den 1980er Jahren bis heute hat die Entwicklung und Markteinführung von chairside CAD/CAM-Systemen für die Herstellung von Zahnersatz und zahnmedizinischen Hilfsmitteln zugenommen.^{133, 135, 136, 193, 226}

3D-Drucker befanden sich in der Dentalbranche in erster Linie auf Seiten der zahntechnischen Labore (Labsideverfahren). Nach neusten Entwicklungen bietet die Dentalindustrie jedoch Desktop 3D-Drucker für die Anwendung in der Praxis an, welche das Prinzip der badbasierten Photopolymerisation verwenden, wie beispielsweise das seit März 2022 erhältliche Komplettsystem Primeprint Solution der Firma Dentsply Sirona (Bensheim, Deutschland), bestehend aus der 3D-Druckeinheit (Primeprint) und der Postprocessing-Unit zur weiteren Härtung und Reinigung.^{48, 226} Im Unterschied zum subtraktiven CAD/CAM-Verfahren wird der 3D-Druck im Chairsideverfahren nur bedingt für die Herstellung definitiven Zahnersatzes herangezogen. Dahingegen bilden Modelle, provisorischer Zahnersatz, Aufbisschienen und Hilfsmittel, wie individuelle Abformlöffel, Bohrschablonen oder Positionierungshilfen den Anwendungsbereich von 3D-Druckern in der Zahnmedizin.^{90, 128, 172, 190} Bestand aktueller Forschung sind überdies additiv gefertigte metallurgische Osteosyntheseelemente und Kieferalternativen im Rahmen der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, sowie 3D-Drucker, mithilfe derer die Regeneration von Zahn-, Kieferknochen- und Parodontalgewebe im Rahmen des *Tissue Engineerings* erzielt werden soll.^{90, 132}

Wenngleich Intraoralscanner im alltäglichen Sprachgebrauch zu den CAD/CAM-Technologien gezählt werden, werden sie in der vorliegenden Arbeit sinngemäß als CAI-Systeme von den CAD/CAM-Technologien abgegrenzt. Im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit werden Technologien wie CAD/CAM-Fräsen und 3D-Drucker unter dem Begriff CAD/CAM-Technologien zusammengefasst.

3.2.5 Telemedizin

Die Telemedizin stellt ein zentrales Teilgebiet der eHealth dar und ermöglicht den Informationsaustausch zwischen Arzt und Patient sowie Ärzten untereinander. Die Bundesärztekammer definiert den Begriff Telemedizin wie folgt:

„Telemedizin ist ein Sammelbegriff für verschiedenartige ärztliche Versorgungskonzepte, die als Gemeinsamkeit den prinzipiellen Ansatz aufweisen, dass medizinische Leistungen der Gesundheitsversorgung der Bevölkerung in den Bereichen Diagnostik, Therapie und Rehabilitation sowie bei der ärztlichen Entscheidungsberatung über räumliche Entfernungen (oder zeitlichen Versatz) hinweg erbracht werden. Hierbei werden Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt.“²⁹

Dabei wird die Telemedizin in die drei Anwendungsbereiche Telekooperation, Teletherapie und Telemonitoring untergliedert und mithilfe audiovisueller Kommunikationstechnologien durchgeführt.^{22, 30, 126, 173, 183} Mit der Telekooperation wird eine ortsunabhängige Zusammenarbeit von medizinischem Personal, insb. Ärzten, verstanden.^{62, 183} Ein Telekonsil mehrerer Fachkräfte erfolgt beispielsweise im Rahmen einer Videokonferenz. Patientenspezifische Informationen, wie beispielsweise radiologische Aufnahmen, werden nach schriftlicher Zustimmung seitens des Patienten über zertifizierte digitale Verfahren, wie dem DICOM-E-Mail-Verfahren oder Kommunikation im Medizinwesen (KIM)-Dienst, an Fachärzte übermittelt und stehen somit der gemeinsamen Beurteilung und Behandlungsplanung zur Verfügung. Die Teletherapie lässt sich allgemein als eine Entkopplung des therapeutischen Geschehens von der räumlichen Präsenz des Arztes verstehen.^{22, 126, 173, 183} Sie steht daher für eine Ferninteraktion zwischen Arzt und Patient, wie beispielsweise über Videosprechstunden. Das Telemonitoring ermöglicht wiederum die Überprüfung von Gesundheitsdaten aus der Ferne.^{22, 126, 173, 183} Diese werden mithilfe mobiler, nichtinvasiver Geräte von dem Patienten selbst, oder durch einen externen medizinischen Leistungserbringer erhoben und elektronisch an eine medizinische Einrichtung übermittelt, um dort von Ärzten mit entsprechender Expertise zur Überwachung des Krankheitsverlaufes analysiert zu werden.^{3, 4, 21, 183} Das Telemonitoring stellt somit auch einen Teil der sogenannten mobilen Gesundheit (mobile Health, mHealth) dar, wobei mobile Monitoringgeräte, wie Patientenüberwachungsgeräte, persönliche digitale Assistenten (PDAs), sowie

Gesundheitsapplikationen auf Mobiltelefonen und Tablets die medizinische Versorgung und Gesundheitsfürsorge unterstützen.^{3, 4, 21, 183, 195} Ungewöhnliche Daten bieten hierbei Anlass eine präzisere, ggf. invasive Untersuchung des Patienten in ärztlicher Präsenz durchzuführen.^{22, 126, 131, 173}

Die Telezahnmedizin, ein Teilgebiet der Telemedizin, umfasst zahnmedizinische Diagnostik, Analyse, Beratung, Betreuung und Behandlung aus der Ferne. Die Kombination aus digitalen bildgebenden Diagnostikverfahren und modernen Kommunikationstechnologien ermöglicht zahnmedizinische Untersuchungen über eine räumliche und zeitliche Distanz, sodass diesbezüglich ein großes Potenzial im Rahmen der Telekonsultation und dem Telemonitoring, insbesondere in Gebieten mangelnder zahnmedizinischer Versorgung zu erwarten ist. Im Rahmen der zahnmedizinischen Telekonsultation werden zwei Methoden unterschieden: Die Echtzeit-Konsultation und die *store-and-forward* Methode. Während bei der Echtzeit-Konsultation Zahnarzt und Patient mithilfe audiovisueller Kommunikationstechnologien direkt miteinander kommunizieren, wie beispielsweise bei einer Videosprechstunde, ist die *store-and-forward* Methode neben einer räumlichen Distanz auch durch eine zeitliche Verzögerung definiert. Das Konzept der Telezahnmedizin wurde erstmals im Jahr 1994 in einem Projekt der US-Armee, dem *U.S. Army's Total Dental Access Project*²¹⁵, angewendet. Ziel dieses Projektes war es die zahnärztliche Versorgung von Soldaten durch Fernkonsultationen, die zahnärztliche Ausbildung durch das Telementoring und die Kommunikation zwischen Zahnarzt und Labor zu verbessern.²¹⁵ Daneben wiesen weitere Studien zur Anwendung der Telezahnmedizin auf ein großes Potential für die Patientenversorgung hin.^{3, 4, 8, 21, 39, 43, 57, 62, 124, 154, 183, 195, 215, 217}

3.3 Verteilungsdynamik innovativer Technologien

Vor dem Hintergrund vieler Entwicklungsgeschichten von mittlerweile alltäglich gebräuchlichen Innovationen lässt sich erkennen, dass ein gewisser Prozess zur flächendeckenden Etablierung von Technologien in den Alltag von Privat- oder Berufsleben durchlaufen wird. Beispielsweise zeigte das *World Wide Web*, welches bereits im Jahr 1989 durch *Tim Berners-Lee* hervorgebracht wurde, vorerst ein flaches Nutzungswachstum, bevor eine exponentielle Steigung hinsichtlich der Nutzungshäufigkeit in den 2000er Jahren beobachtet wurde, bis hin zu dessen alltäglichen Nutzung.⁵⁰ Anhand diesem Beispiel aber auch anhand der Entwicklungsgeschichte von CAD/CAM-Technologien der Dentalbranche wird

deutlich, dass es Zeit benötigt, bis Vorteile innovativer Technologien von Anwendern erkannt und allmählich in den Arbeitsalltag integriert werden.^{10, 229}

Eine der ältesten sozialwissenschaftlichen Theorien zur Verbreitung von innovativer Technologien und Ideen wurde im Jahr 1962 von Rogers¹⁶⁸ als Theorie der Innovationsdiffusion (*Diffusion of Innovation Theory*¹⁶⁸) beschrieben. Nach Rogers¹⁶⁸ stelle die Ausbreitung innovativer Produkte innerhalb der Gesellschaft einen durch Schlüsselfiguren vorangetriebenen, dynamischen Prozess dar. Dabei gliederte er die Gesellschaft in fünf Adoptionskategorien, welche durch ihr Innovationsverhalten definiert wurden: *Innovators*, *Early Adopters*, *Early Majority*, *Late Majority* und *Laggards*. Die *Innovators* bilden hierbei 2,5 % einer Gesellschaft oder Gesellschaftsgruppe, welche eine Innovation zuerst erschließen. Sie weisen sowohl eine hohe Risikobereitschaft als auch ein hohes Interesse an neuen Ideen und Technologien auf. Die *Early Adopters* stellen mit 13,5 % die nächste Gruppe dar, die zur Annahme einer Innovation zwar immer noch Risiken eingeht, jedoch auf erste Erfahrungen der *Innovatoren* wartet, bevor eine neue Technologie verwendet wird. Die *Early Majority*, mit einem Anteil von 34 %, zeigt größere Vorsicht und benötigt zur Adoption neuer Technologien Empfehlungen anderer Nutzer, bevor sie sich entscheidet eine Innovation zu übernehmen. Die *Late Majority* mit ebenfalls 34 % stellt hingegen eine skeptische Gruppe dar, welche Innovationen eher widerwillig annimmt, wenngleich sie bereits weit verbreitet sind. Die letzten 16 % bilden die *Laggards*, welche am widerstandsfähigsten gegenüber Veränderungen sind und Innovationen erst übernehmen, wenn äußere Zwänge sie dazu drängen. Rogers¹⁶⁸ argumentierte, dass die Verbreitung von Innovationen durch das Innovationsverhalten dieser fünf Gruppen von Nutzern beeinflusst werde. Dabei spiele die Schaffung von Anreizen und die Überwindung von Hindernissen bei der Übernahme durch die verschiedenen Nutzergruppen eine Rolle. Ein relativer Vorteil (*Relative Advantage*), eine hohe Kompatibilität (*Compatibility*) mit den Erfahrungen und Bedürfnissen der potenziellen Anwender, eine geringe Komplexität (*Complexibility*) und ein angemessener Zeitrahmen zur Erprobung (*Triability*) und Beobachtung (*Observability*) einer Innovation vor einer verpflichteten Einführung stellten nach Rogers¹⁶⁸ die fünf Hauptfaktoren für eine positive Beeinflussung der Adoption dar.

3.4 Digitalisierungsgrad der Gesellschaft

Die Digitalisierung hat in vielen Bereichen des Berufs- und Privatlebens Einzug gehalten.^{1, 14, 59, 93, 200} Die Europäische Kommission hat zur Überwachung der Fortschritte der Mitgliedsstaaten den seit 2014 jährlich erscheinenden Digital Economy and Society Index (DESI)⁵⁹ entwickelt. Seit dem Jahr 2018 dient er als Maß für den Digitalisierungsgrad der Mitgliedstaaten hinsichtlich digitaler Kompetenzen im Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT; Internetnutzung), Konnektivität (Festnetz und Mobilfunk) und Integration der Digitaltechnik in Unternehmen und in öffentlichen Diensten. Der DESI⁵⁹ unterliegt stetiger Anpassung der Inhalte, welche zuletzt auf politische Initiativen zur digitalen Transformation gerichtet waren. In dem Jahr 2021 erreichte Deutschland insgesamt den 11. Platz von 27 EU-Mitgliedstaaten und lag über dem europäischen Durchschnitt. Während sich Deutschland hinsichtlich digitaler Grundkenntnisse deutlich von dem EU-Durchschnitt abhob, verzeichneten die Autoren dennoch einen Fachkräftemangel hinsichtlich der IKT sowie eine Kluft zwischen den Geschlechtern bei IKT-Spezialisten. Hinsichtlich der Konnektivität wies Deutschland im Jahr 2021 eine 95-prozentige Abdeckung mit schnellem Breitband auf, wodurch die Autoren eine solide Grundlage für soziale und wirtschaftliche Teilhabe der Gesellschaft mit digitalen Mitteln begründeten. Hierbei zeigte sich jedoch immer noch eine digitale Kluft zwischen ländlichen und städtischen Gebieten. Während Deutschland eine 4G-Abdeckung von 99,7 % aufwies und somit dem EU-Durchschnitt entsprach, lag eine 5G-Abdeckung nur in 18 % vor. Insgesamt wird der Fortschritt hinsichtlich des Ausbaus der 5G-Abdeckung zwar vielfach kritisiert, die Daten des DESI⁵⁹ zeigten jedoch, dass Deutschland im Jahr 2021 im europäischen Vergleich diesbezüglich über dem Durchschnitt lag. In Hinblick auf die Integration digitaler Technologien in Unternehmen erreichte Deutschland den 18. Platz und lag somit unter dem EU-Durchschnitt. Nur 29 % der kleineren und mittelständischen Unternehmen setzten auf den elektronischen Informationsaustausch und nur 18 % stellten elektronische Rechnungen aus. Soziale Medien wurden in dem Jahr 2021 von 23 % der kleineren und mittelständischen Unternehmen und somit vergleichbar häufig wie vom EU-Durchschnitt genutzt. In Bezug auf die Nutzung digitaler Technologien in öffentlichen Diensten zeichnete sich nach Angabe der Autoren ein heterogenes Bild ab. Insgesamt wurde Deutschland diesbezüglich auf den 16. Platz verortet und folglich dem EU-Durchschnitt entsprach.⁵⁹

Der Digitalisierungsgrad und die Auswirkungen des Fortschreitens der Digitalisierung auf die Gesellschaft Deutschlands wurde darüber hinaus durch den jährlich erscheinenden D21-Digital-Index⁹³ untersucht. Dabei bildeten der Zugang über digitale Geräte und das Internet, die Souveränität bzw. Kompetenz sich im Internet zu bewegen, die Grundeinstellung gegenüber der Digitalisierung und das Nutzungsverhalten digitaler Dienste die vier Säulen des Indexes. Die Studiengruppe des D21-Digital-Index 2022/2023⁹³ verzeichnete einen steigenden Digitalisierungsgrad im Vergleich zum Vorjahr. Von insgesamt 100 erreichbaren Punkten erzielte Deutschland im Jahr 2022 einen Wert von 57 Punkten, wobei die höchste Punktzahl hinsichtlich des Zugangs (78 Punkte) ermittelt wurde, gefolgt von der Kompetenz (60 Punkte), der Grundeinstellung (53 Punkte) und Nutzung (48 Punkte). Damit lag der Digitalisierungsgrad der deutschen Gesellschaft nach Angaben des D21-Digital-Index 2022/2023⁹³ im Mittelfeld eines internationalen Vergleiches, was mit den Ergebnissen des DESI⁵⁹ vergleichbar ist. Die Fähigkeit eines Systems sich kontinuierlich an Veränderungen anzupassen wird von den Autoren des D21-Digital-Index⁹³ als Resilienz beschrieben. Sie kamen zu dem Schluss, dass die Mehrheit der Bürger in Deutschland über die notwendigen Resilienzfaktoren, bestehend aus den technologischen Voraussetzungen, den persönlichen Fähigkeiten und der Einstellung, verfügten, um mit dem digitalen Wandel zu antizipieren. Die Resilienz sei heutzutage jedoch weniger von technologischen Voraussetzungen beeinflusst, sondern vielmehr von der Proaktivität und intrinsischen Motivation der Individuen, sich persönlich an Veränderungen und Widrigkeiten anzupassen. Als wichtige Resilienzfaktoren wurden neben der Anpassungsfähigkeit und Akzeptanz der Individuen auch eine optimistische Grundhaltung gegenüber der Digitalisierung definiert. Während nach Angaben der Autoren des D21-Digital-Index 2022/23⁹³ 64 % der Bürger Deutschlands über solche Resilienzfaktoren verfügten, bedeutet dies im Umkehrschluss, dass immer noch mehr als ein Drittel der Gesellschaft durch mangelhafte Resilienz im digitalen Wandel benachteiligt war. In Zusammenhang mit Differenzen an der digitalen Teilhabe brachten die Autoren demografische Daten.⁹⁴ Personen mit einem niedrigeren Bildungsgrad profitierten demnach deutlich seltener von der Digitalisierung und weiterhin bestand eine digitale Kluft zwischen den Generationen sowie den Geschlechtern, wobei die Spaltung insbesondere bei den Generationen groß war. Männer und die jüngeren Generationen X, Y und Z wiesen demnach höhere digitale Kompetenzen auf als Frauen und die älteren Generationen. Zudem wurden Differenzen hinsichtlich der Internetnutzung in Bezug auf die

Lokalisation festgestellt. Neben einer höheren Internetnutzung in den alten Bundesländern war diese auch in Großstädten höher als in Kleinstädten. Zudem nutzten Personen eines Mehrpersonenhaushaltes häufiger das Internet als diejenigen, die allein wohnten. Die Einstellung der Gesellschaft hinsichtlich der Digitalisierung wurde im D21-Digital-Index⁹³ insgesamt ambivalent beschrieben. Während die knappe Mehrheit glaubte von der Digitalisierung zu profitieren, herrschte dennoch bei vielen Menschen Misstrauen und digitale Ermüdung.^{93,94} Ähnliche Ergebnisse erzielte eine Umfrage der *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften* (acatech) und Körber-Stiftung im Jahr 2019.²⁰⁰ Während die Digitalisierung in Deutschland in Hinblick auf einen allgemeinen Komfortgewinn und Verbesserungen im Bildungssystem positiv bewertet wurde, betrachteten die Befragten insbesondere die Störanfälligkeit von Infrastrukturen und die Datensicherheit mit Besorgnis. Überdies beschrieben die Autoren ein Gefühl eines unaufhaltsamen Wandels, bei welchem die Befragten neben der schnellen Weiterentwicklung von Technologien eine Zunahme von Zwängen befürchteten und technologische Potenziale zur Lösung von Problemen in Frage stellten.²⁰⁰ Ähnliches wurde von den Autoren des D21-Digital-Index⁹³ beschrieben, da 79 % der Befragten glaubten ohne Grundkenntnisse über die Digitalisierung auf dem Arbeitsmarkt chancenlos zu sein.⁹³ Nach Angaben der Autoren der Umfrage von acatech und Körber-Stiftung spielte neben der Wahrnehmung der subjektiven digitalen Kompetenz zusätzlich das Vertrauen in die zuständigen Entscheidungsträger eine wichtige Rolle bei der Frage, ob eine Gesellschaft eine aufgeschlossene oder skeptische Haltung gegenüber der Digitalisierung einnehme. Diesbezüglich standen Verbraucherverbände und Verbraucher selbst an der Spitze der Vertrauenswürdigkeit, wohingegen die Regierung und Social-Media-Unternehmen ein geringeres Vertrauen genossen.²⁰⁰ Beispielhaft für ein mangelndes Vertrauen in die Regierung beschrieben (Zahn-) Ärzte und (Zahn-) Arztverbände insbesondere hinsichtlich der verpflichtenden Anbindung an die TI und deren Anwendung. Obwohl das E-Health-Gesetz darauf abzielte die Vernetzung der Gesundheitsdienstleister mithilfe eines geregelten Zeitplans zu fördern, stand die TI weiterhin in Kritik aufgrund ihrer hohen Fehleranfälligkeit, problematischer Lieferketten zur Beschaffung der notwendigen technologischen Ausstattung und mangelhaften Datenschutzes bei gleichzeitig hohem Aufwand und Kosten. Die Kassenzahnärztliche Vereinigung von Schleswig-Holstein forderte diesbezüglich, dass zunächst technologische Voraussetzungen geschaffen werden und die Anwendung

störungsfrei funktionieren müsse, bevor es zu einer bundesweiten Anwendungspflicht käme.^{108, 207}

3.5 Digitalisierungsgrad des Gesundheitswesens

Anhand des zum vierten Mal veröffentlichten Praxisbarometer Digitalisierung 2022¹ wird der aktuelle Stand der Digitalisierung von Praxen niedergelassener Ärzte und Psychotherapeuten in Deutschland anhand einer Stichprobe von 2.500 Befragten in dem Jahr 2022 dargestellt. Die Autoren berichteten von einem heterogenen Digitalisierungsfortschritt, wobei Faktoren wie die Praxisgröße, Spezialisierung und Art der digitalen Anwendungen relevant seien. Insgesamt wurde zwar eine Verlangsamung des Digitalisierungsfortschrittes innerhalb des Jahres 2021 festgestellt, aber dennoch sei nach Angaben der Autoren ein Trend zur digitalen Arztpraxis erkennbar. In dem Jahr 2022 erfolgte die Patientendokumentation in mehr als 80 % nahezu ausschließlich digital, insbesondere in Praxen mit einem hohen Patienteneinzugsgebiet. Darüber hinaus setzten immer mehr Ärzte und Psychotherapeuten auf digitale Versandformate von Befunddaten und Arztbriefen. Für die Eingliederung von Technologien zur fernmündlichen Kommunikation, wie beispielsweise Videosprechstunden, haben sich psychotherapeutische Praxen als Vorreiter der Telemedizin herausgestellt. Auch hierbei schienen die Größe der Praxis und ein Alter von unter 50 Jahren der Praxismitarbeiter eine Rolle zu spielen. Zudem standen die Akteure der Gesundheitsbranche während der Coronapandemie vor der Aufgabe, die medizinische Versorgung von Patienten aufrecht zu erhalten, wobei sich die Telemedizin nach Angaben der Autoren als geeignetes Mittel erwies. Zu den meisten digitalen Angeboten niedergelassener Ärzte und Psychotherapeuten zählten Videosprechstunden, Online-Terminvereinbarungen sowie Terminerinnerungen und Verordnungen von Digitalen Gesundheitsanwendungen (DiGA). Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass in größeren Arztpraxen digitale Innovationen mehrheitlich etabliert waren, jüngere Ärzte die Digitalisierung häufiger verwendeten und zudem positiver eingeschätzten als Kollegen höheren Alters und diejenigen in kleineren Arztpraxen. Insgesamt zeigte sich die Hälfte der Arztpraxen digitalen Innovationen gegenüber aufgeschlossen, jedoch wurden auch Hemmnisse der Digitalisierung erörtert, welche von den Autoren als multifaktoriell beschrieben wurden. Eine große Hürde sei hierbei die mangelhafte Erfahrung mit digitalen Anwendungen. Die Einstellung der Ärzte und Psychotherapeuten war diesbezüglich stark differenziert, denn es wurden sowohl starke Verbesserungen als auch Verschlechterungen mit der

Digitalisierung im Gesundheitswesen in Verbindung gebracht. Einen überwiegend positiven Einfluss hatten digitale Ansätze bei der Qualität medizinischer Versorgung, wohingegen die Handhabbarkeit der Prozesse und der Zeitaufwand eher negativ betrachtet wurden. Dies brachten die Autoren des Praxisbarometer Digitalisierung 2022¹ ähnlich wie die (Zahn-) Arztverbände unter anderem in Verbindung mit der gesetzlich festgelegten Anbindungsspflicht an die TI, wobei insbesondere die hohe Fehlerhäufigkeit und mangelhafte Interoperabilität kritisiert wurde.^{28, 189} Zudem waren finanzielle Hürden und Umstellungsaufwände für mehr als 60 % medizinischer Leistungserbringer starke Hindernisse bei dem Digitalisierungsprozess im deutschen Gesundheitswesen.¹

Zum Zweck eines internationalen Vergleiches des Digitalisierungsgrades von Gesundheitssystemen wurde im Auftrag der Bertelsmann Stiftung der Digital-Health-Index^{14, 208} von der Bonner Forschungsgesellschaft Empirica Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung entwickelt. Diese führte eine Vergleichsstudie in insgesamt 17 Ländern, inklusive Deutschland, durch. Die einzelnen Indikatoren, welche den Digital-Health-Index^{14, 208} bildeten, wurden in drei Hauptkategorien gegliedert: Die politische Aktivität, die technische Ausstattung und die tatsächliche Nutzung der verfügbaren Technologien. Anhand dieser Datenerhebung wurde deutlich, dass der Digitalisierungsgrad von verschiedenen Faktoren bestimmt wird. Fortschritte der Digitalisierung innerhalb des deutschen Gesundheitssystems konnten die Autoren beispielsweise durch das seit 2016 geltende E-Health-Gesetz und durch die Lockerung des Fernbehandlungsverbotes im Jahr 2018 verzeichnen. Von insgesamt 17 verschiedenen Nationen erreichte Deutschland bezogen auf die Digitalisierung des Gesundheitssystems jedoch nur den vorletzten Platz. Führende Länder waren hingegen Estland, Kanada, Dänemark, Israel und Spanien.²⁰⁸ Während in diesen Ländern die tatsächliche Datennutzung annähernd genauso hoch war, wie der Anteil der technologischen Ausstattung, schienen medizinische Leistungserbringer in Deutschland die technologischen Kapazitäten nur zu etwa 50 % auszunutzen. Zudem wiesen die Autoren darauf hin, dass digitale Fortschritte, welche in dem Jahr 2018 in Deutschland verzeichnet wurden, in Estland bereits 13 Jahre vor der Datenerhebung zurücklagen, wie beispielsweise die Einführung der elektronischen Patientenverwaltung. Während die ePA in Estland seit 2008 und das eRezept seit 2010 etabliert wurden, führte Deutschland die ePA und das eRezept erst innerhalb der letzten drei Jahre flächendeckend ein.^{14, 208}

3.5.1 Aktuelle Studienlage zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland

Basierend auf den Daten des Digital-Health-Index^{14, 208} aus dem Jahr 2018 ist anzunehmen, dass die Digitalisierung auf dem Gebiet der Zahnmedizin in Deutschland vergleichbar gering ausfällt. Dabei zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Autoren über keine wissenschaftlichen Daten zur Verteilung und Nutzungshäufigkeit digitaler Technologien im Rahmen der Zahnmedizin berichteten. Bis zum Jahr 2022 konnten bis auf Daten zur röntgenologischen Ausstattung von Zahnarztpraxen, welche im Rahmen der Qualitätsprüfung von Röntgeneinrichtungen regelmäßig erhoben wurden, keine umfangreichen Informationen zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen ermittelt werden.¹⁹⁶ Durch die gesammelten Daten der zahnärztlichen Stelle von Nordrhein-Westfalen wurde festgestellt, dass die digitale Röntgendiagnostik seit den 1990er Jahren zunehmend die analoge ablöste und die Nutzung digitaler Röntgengeräte in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2013 erstmals der Nutzung analoger Röntgengeräte überwog.¹⁹⁶

Eine umfangreiche Analyse der tatsächlichen Verteilung, Nutzungshäufigkeit und Bewertung digitaler Technologien wurde erstmals in dem Zeitraum April bis Juni 2022 von *Schlenz et al.*¹⁷⁸ im Rahmen einer Pilotstudie in dem Bundesland Hessen durchgeführt. Dabei erreichten die Autoren eine Rücklaufquote von 19,36 % und zogen 937 Fragebögen für eine statistische Auswertung heran. Die Ergebnisse des Pilotprojektes zeigten, dass viele Arbeitsprozesse innerhalb der Zahnarztpraxis, insbesondere die zahnärztliche Behandlung, analog stattfanden. Was die Ausstattung von Zahnarztpraxen betrifft, waren digitale Röntgensysteme (n=698) die am weitesten verbreiteten Technologien und auch Verwaltungssoftwares für die Termin- (n=633) und Patientenverwaltung (n=499) waren mehrheitlich in den hessischen Zahnarztpraxen vorhanden. Sowohl die Materialverwaltung (n=408) als auch die Archivierung von Modellen (n=616) fanden überwiegend analog statt. Bezüglich der Onlinepräsenz besaß die Mehrheit der Zahnärzte eine praxiseigene Website (n=736), wohingegen die Präsenz in sozialen Medien (n=289) oder auf Bewertungsplattformen (n=301) seltener verzeichnet wurde. Intraoralscanner (n=293) waren bei etwa einem Drittel der Befragten vorhanden und damit weiter verbreitet als CAD/CAM-Fräsen (n=176). Darüber hinaus stellten die Autoren bei der Verwendung von Intraoralscannern und CAD/CAM-Systemen eine klare Verteilung vom festsitzenden Einzelzahnersatz bis hin zum

herausnehmbaren Ganzkieferzahnersatz in absteigender Reihenfolge fest. Die Digitalisierung im Bereich der Zahnmedizin wurde von hessischen Zahnärzten allgemein positiv bewertet, wenngleich einzelne Aspekte, insbesondere Technologien zur Praxis- und Patientenverwaltung einen höheren Zuspruch erlangten, als die Nutzung von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen. Skeptisch zeigten sich die hessischen Zahnärzte insbesondere gegenüber der Telezahnmedizin, der Onlineterminvergabe und der Onlinepräsenz in sozialen Medien. Die Verwendung digitaler Technologien wurde von vielen hessischen Zahnärzten durch eine Reduktion von Lagerflächen, Verwaltungsaufwand und Behandlungszeit begründet, sowie durch die Gewinnung neuer Patienten und Steigerung der Modernität der Praxis und des Patientenkomforts. Bei der Entscheidung gegen die Anschaffung digitaler Technologien stellten insbesondere ökonomische und abrechnungstechnische Gründe eine Hürde dar, aber auch personelle Gründe, wie ein mangelndes Wissen über die Technologien selbst und die Zusammenarbeit mit einem noch analog vorgehenden zahntechnischen Labor schienen bei einigen Zahnärzten eine Rolle zu spielen. *Schlenz et al.*¹⁷⁸ kamen zu dem Schluss, dass sich ein Digitalisierungstrend erkennen ließ, da mehr als 60 % der Befragten angaben, einen Ausbau der Digitalisierung innerhalb der Zahnarztpraxis zu planen.¹⁷⁸ Die Daten dieser Pilotstudie bringen erste Erkenntnisse zum aktuellen Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen innerhalb Deutschlands. Dennoch fordern *Schlenz et al.*¹⁷⁸ Befragungen an weiteren Standorten, um die Repräsentanz der Ergebnisse zu erhöhen und somit Rückschlüsse auf die gesamte Zahnärzteschaft in Deutschland ziehen zu können.

Weitere Daten aus Deutschland lieferte eine Befragung von Zahnärzten in Brandenburg zu dem Thema Telezahnmedizin und Telematik, welche in dem Jahr 2017 erhoben und 2023 veröffentlicht wurde.¹¹⁶ Die Studiengruppe konzentrierte sich dabei auf die Einstellung und Erwartung gegenüber der Telemedizin und Telematik. Während die Teleradiologie, elektronische Arztbriefe und CAD/CAM-Verfahren positiver bewertet und ein eher hoher Nutzen zugeordnet wurden, ordneten die Zahnärzte in Brandenburg der ePA, dem Telemonitoring und der Telekonsultation einen geringen Wert zu. Hierbei stellten *Löhrs et al.*¹¹⁶ einen signifikanten Zusammenhang mit demografischen Daten fest. Sowohl jüngere Zahnärzte als auch Zahnärzte mit einer Fach-(zahn-)arztausbildung zum Oralchirurgen oder Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen bewerteten telemedizinische Technologien positiver und nahmen einen höheren Nutzen wahr als ältere Zahnärzte und diejenigen, welche hauptsächlich die allgemeine Zahnheilkunde

ausübten. Insgesamt zweifelte ein Großteil der Zahnärzte an einer Verbesserung der Behandlungsmöglichkeiten durch die Telezahnmedizin und gut ein Drittel erwartete, dass sich die Telezahnmedizin eher negativ auf die Arzt-Patientenbindung auswirken und der Verwaltungsaufwand in Zukunft steigen würde. Überdies befürchteten mehr als zwei Drittel der Zahnärzte eine mangelhafte Datensicherheit. Die Studiengruppe stellte außerdem fest, dass drei Viertel der Befragten Mängel hinsichtlich des Wissens um die Telezahnmedizin und Telematik bei sich sahen.¹¹⁶

3.5.2 Studien zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen im Ausland

Daten zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen wurden vor der Pilotstudie in Deutschland bereits in anderen Ländern mithilfe von Befragungen von Zahnärzten und Zahntechnikern erfasst. Hierbei sind Studien aus dem Großbritannien^{13, 17, 25, 37, 210}, Frankreich⁷⁰, den Niederlanden^{212, 213}, der Schweiz¹³⁷, Neuseeland^{24, 109}, der USA¹⁶⁵ und Indien⁴¹ bekannt. Während einige Befragungen über das Themengebiet der Digitalisierung hinausgingen oder nur einzelne Aspekte dessen umfassten, widmeten sich andere gezielt einzelnen Technologien der Digitalisierung. Überdies lieferten die meisten Studien zwar Informationen über die technologische Ausstattung von Zahnarztpraxen, wohingegen weniger Studien die Bewertung und Einstellung gegenüber digitalen Technologien analysierten.^{25, 24, 37, 41, 109, 137, 150, 165, 178, 210, 212, 213} Einige Fragebögen wurden dabei postalisch an Zahnärzte verschickt.^{25, 24, 37, 109, 116, 137, 212, 213} Darüber hinaus wurden Zahnärzten in einigen Studien die Möglichkeit gegeben, den Fragebogen online auszufüllen, anstelle ihn postalisch zurück zu senden.^{109, 137, 212, 213} Wiederum andere setzten ausschließlich auf eine digitale Bearbeitung des Fragebogens.^{13, 17, 41, 165, 166, 210}

Niederlande

Van der Zande et al.^{212, 213} untersuchten im Jahr 2013 den Einsatz von digitalen Technologien in niederländischen Zahnarztpraxen und damit in Zusammenhang stehende persönliche und praxisbezogene Faktoren mithilfe eines Fragebogens.²¹² In einer weiterführenden Analyse befasste sich die Arbeitsgruppe überdies mit den Meinungen von Zahnärzten zum Einsatz digitaler Technologien.²¹³ Bei der Befragung einer Stichprobe von 1000 Zahnärzten nahmen 313 Zahnärzte teil.

Patienteninformationen wurden in den Niederlanden im Jahr 2013 bereits in 93,2 % digital erfasst. Auf administrativer Ebene wurden in 82,4 % Termine, in 80,8 % Finanzen und in 16,8 % der Materialhaushalt digital verwaltet. Darüber hinaus boten 34,4 % eine Onlineterminvergabe an. Online präsent zeigten sich 82,0 % der Zahnärzte über Praxiswebsites und 13,2 % über soziale Medien. Hinsichtlich diagnostischer und klinischer Technologien waren digitale Röntengeräte zur Anfertigung von Zahnfilmen weit verbreitet (90,0 %) und Orthopantomographen (57,2 %) mehrheitlich vorhanden. Geräte zur röntgenologischen, dreidimensionalen Bildgebung waren nur bei 8,4 % der Zahnärzte vorhanden. Über Intraoralscanner verfügten 12,0 % und über ein chairside CAD/CAM-System 8,4 % der Zahnärzte. 5,6 % der niederländischen Zahnärzte verwendeten weitere digitale Technologien, wie beispielsweise Digitalkameras. Während intraorale Röntgenaufnahmen und Intraoralscans in den Niederlanden am häufigsten täglich eingesetzt wurden, beschränkte sich der Einsatz von CAD/CAM-Technologien auf einen wöchentlichen Turnus. Nach Angaben von *van der Zande et al.*²¹³ waren die Befragten darüber hinaus mit ihren verwendeten Technologien zufrieden. In Zusammenhang mit einer hohen Technologienutzung brachten *van der Zande et al.*²¹² neben einem geringen Alter und einer Spezialisierung sowohl eine hohe wöchentliche Stundenanzahl zahnärztlicher Beschäftigung als auch einen hohen wöchentlichen Patientendurchlauf sowie eine hohe Anzahl der in einer Praxis tätigen Mitarbeiter. Zudem rechneten *van der Zande et al.*²¹² mit einem Zuwachs digitaler Technologien in den Zahnarztpraxen aufgrund einer zunehmenden Anzahl größerer Zahnarztpraxen. Des Weiteren stand eine hohe Technologienutzung mit einem wahrgenommenen Mehrwert für die Arbeit der Zahnärzte in Zusammenhang, was sich nach Angaben der Autoren auf die Einführung digitaler Technologien auswirke.²¹³ Einen solchen Mehrwert definierten die Autoren dabei als Verbesserung der Versorgungsqualität, zusätzlichen Nutzen für die Praxis und hohe Benutzerfreundlichkeit.²¹³

Großbritannien

Im Jahr 2015 haben *Burke et al.*³⁷ eine Befragung zur Demografie und Berufsausübung an insgesamt 500 Zahnärzten im Rahmen einer zahnärztlichen Tagung durchgeführt und dabei unter anderem Informationen über die Nutzung digitaler Technologien gesammelt. An der Befragung nahmen 388 Zahnärzte teil. 93,8 % der britischen Zahnärzte nutzten im Jahr 2015 eine Patientenverwaltungssoftware. Als

Kommunikationsweg versendeten die meisten Zahnärzte (86,0 %) Zahlungsanträge routiniert über elektronische Wege. Darüber hinaus boten mehr als drei Viertel eine Praxiswebsite an und zudem standen 94,0 % per E-Mail und 32,2 % über soziale Medien in Kontakt mit ihren Patienten. Hinsichtlich der Bildgebung verfügten 74,1 % der Zahnärzte über digitale Röntgensysteme zur zweidimensionalen Bildgebung und 15,6 % über ein CT. Darüber hinaus verwendeten 55,4 % eine intraorale Kamera, wobei aus dem Bericht von *Burke et al.*³⁷ nicht hervorgeht, ob hierbei Intraoralscanner inkludiert waren. Während *Brunton et al.*²⁵ im Jahr 2008 noch von einem Einsatz von CAD/CAM-Technologien im Labsideverfahren für festsitzende, indirekte Restaurationen in 8,0 % der Fälle berichteten, waren es in einer weiterführenden Studie von *Burke et al.*³⁷ im Jahr 2015 16,9 %. Eine Befragung von irischen Zahntechnikern im Jahr 2015 deutet überdies auf den zunehmenden Einsatz von CAD/CAM-Technologien im Labsideverfahren hin, wobei hohe Investitionskosten nach *Blackwell et al.*¹⁷ dennoch eine Hürde darstellten. Die Verbreitung und Anwendung von CAD/CAM-Technologien in britischen Zahnarztpraxen wurde zudem von *Tran et al.*²¹⁰ im Jahr 2015 anhand von 385 auswertbaren Fragebögen untersucht. Die Mehrheit (55,6 %) der britischen Zahnärzte gab dabei an, keine Komponente von CAD/CAM-Technologien zu verwenden. Während nur 15,0 % der Befragten einen Intraoralscanner besaßen, ließen 55,6 % ihre Abformungen oder Modelle mithilfe eines Laborscanners digitalisieren. Darüber hinaus berichteten 32,5 % der britischen Zahnärzte eine chairside CAD/CAM-Fräse zu verwenden. und mehr als die Hälfte der Zahnärzte gab an, dass sie mit zahntechnischen Laboren zusammenarbeiteten, welche über CAD/CAM-Technologien verfügten. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Mehrheit Zahnärzte noch keinen Aspekt des digitalen Workflows verwendeten, jedoch daran glaubten, dass die CAD/CAM-Technologie in Zukunft eine große Rolle spielen werde. Dennoch betonten *Tran et al.*²¹⁰, dass hohe Investitionskosten, Bedenken hinsichtlich der Qualität und ein Mangel an wahrgenommenen Vorteilen von chairside gefertigtem Zahnersatz gegenüber konventionellen Methoden Hürden für Etablierung innovativer Technologien in den zahnärztlichen Alltag darstellen.

Neuseeland

In Anlehnung an die Befragung in Großbritannien^{25, 37} führten *Lee et al.*¹⁰⁹ eine Befragung von Zahnärzten in Neuseeland in dem Jahr 2016 durch, wobei 188 Fragebögen ausgewertet und eine Rücklaufquote von 53,5% erreicht wurden. Dabei

gaben 91,0 % Teilnehmer an eine Patientenverwaltungssoftware zu verwenden. Fast alle Zahnärzte verwendeten E-Mails für den Schriftverkehr (96,0 %), für Terminvereinbarungen (61,0 %), Materialbestellungen (60,0 %) und für das Übermitteln von Fotos oder Röntgenaufnahmen an das zahntechnische Labor oder für Überweisungen (8,0 %). Über eine Praxiswebsite verfügten 81,0 % der Befragten, wohingegen nur 29,0 % auf sozialen Medien präsent waren. *Lee et al.*¹⁰⁹ stellten einen Zusammenhang zwischen dem Standort der Praxis und der Nutzung sozialer Medien fest, da insbesondere Zahnärzte in Städten soziale Medien zur Kommunikation mit Patienten nutzen (79,0 %). Elektronische Finanzverwaltungssysteme wurden von einem Großteil (40,0 %) der Zahnärzte nicht verwendet. Digitale Röntgengeräte für zweidimensionale Bildgebung waren in 82,0 % vorhanden, wohingegen ein CT nur von 23,0 % der Zahnärzte angeboten wurde. 64,0 % der Zahnärzte verwendeten eine intraorale Kamera zur Visualisierung des intraoralen Befundes, wobei 43,0 % dieser Zahnärzte diese routinemäßig und 17 % gelegentlich einsetzten. Aus dem Bericht von *Lee et al.*¹⁰⁹ geht jedoch nicht hervor, inwiefern sich die Ausstattung und Nutzung von intraoralen Kameras von Intraoralscannern unterschied. CAD/CAM-Technologien wurden von 32,0 % der Zahnärzte in Neuseeland chairside verwendet, weshalb davon auszugehen ist, dass diejenigen Zahnärzte über ein intraorales oder extraorales Scannersystem verfügten.

Schweiz

*Mühlemann et al.*¹³⁷ untersuchten im Jahr 2018 den Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in der Schweiz sowie mögliche Zusammenhänge mit demografischen Daten. Hierbei wurden mit einer Rücklaufquote von 40% 1038 Fragebögen von Mitgliedern der Schweizerischen Zahnärztesgesellschaft (SSO) ausgewertet. Neben einer Software zur Verwaltung von Patientendaten und Abrechnung erbrachter Leistungen (95,0 %) wurden auch Terminkalender in den meisten Praxen digital geführt (73,0 %). Die Anamnese wurde zudem von der Mehrheit der Zahnärzte digital erfasst (53,0 %), wohingegen nur ein Viertel Software zur Behandlungsplanung einsetzte (24,0 %). Online präsent waren 96,0 % der Zahnärzte über eine Praxiswebsite und 10,0 % über soziale Medien, wobei Facebook bei letzterem das meist genutzte Medium war und die Social-Media-Präsenz durch den Standort der Praxis beeinflusst wurde. Digitale Röntgengeräte zur zweidimensionalen Diagnostik waren in 65,0 % und CTs in 18,0 % der Zahnarztpraxen vorhanden. Zudem nutzten 81,0 % Digitalkameras in der

Bildgebung. Hinsichtlich des digitalen Workflows waren Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräsen in jeweils 23,0 % der Zahnarztpraxen vorhanden, wobei es sich in 97,0 % um das CEREC-System handelte. Der Digitalisierungsgrad stieg nach Angaben von *Mühlemann et al.*¹³⁷, je geringer das Alter der Zahnärzte sowie der Zahnarztpraxen war und je größer die Zahnarztpraxis und das Patienteneinzugsgebiet waren. *Mühlemann et al.*¹³⁷ kamen zu dem Schluss, dass die Digitalisierung von Zahnarztpraxen innerhalb der Schweiz in dem Jahr 2018 stark vorangeschritten war.¹³⁷

USA

Im Jahr 2021 führten *Revilla-Leon et al.*¹⁶⁵ eine Befragung von 968 Mitgliedern der *American Dental Association Clinical Evaluators Panels* (ACE) mit Fokus auf die Ausstattung und Verwendung von Intraoralscannern durch. Mit einer Rücklaufquote von 38,1% wurden hierbei 369 Fragebögen ausgewertet. *Revilla-Leon et al.*¹⁶⁵ stellten fest, dass 53,0 % der Zahnärzte über einen Intraoralscanner verfügten, wobei die Mehrheit einen Intraoralscanner innerhalb von vier Jahren vor Datenerhebung erworben hatten (58,0 %) und diesen überwiegend für Einzelzahnrestorationen (53,0 %) einsetzten. Dabei begründeten die Mitglieder die Anschaffung eines Intraoralscanners durch eine Verbesserung der Effizienz (70 %) und Kommunikation mit dem zahntechnischen Labor (52,0 %) sowie durch das Ziel einer generellen Transformation von einer analogen in eine digitale Praxis (59,0 %). Darüber hinaus nahmen die Mitglieder der ACE, welche Intraoralscanner verwendeten Vorteile wie eine Verbesserung der Behandlungsergebnisse (40,0 %), Effizienz (29,0 %) und Patienteninstruktion (12,0 %) und eine Reduktion der Behandlungszeit (8 %) wahr. 66,0 % der Nichtanwender von Intraoralscannern begründeten den Verzicht durch zu hohe Investitionskosten. Dennoch planten 34,0 % der ACE-Mitglieder die Anschaffung eines Intraoralscanners innerhalb des Jahres 2021 und 40,0 % nahmen sich ein Training mit Intraoralscannern vor.¹⁶⁵ Im Jahr 2023 wurde eine erneute Befragung mit Fokus auf den 3D-Druck durch dieselbe Arbeitsgruppe durchgeführt. Dabei gaben 17,0 % der ACE-Mitglieder an einen 3D-Drucker zu besitzen, wobei 67 % diesen innerhalb von zwei Jahren vor Datenerhebung erworben hatten. Den Einsatzbereich von 3D-Druckern bildeten in der USA insbesondere die Anfertigung von Modellen (62,0 %), Aufbissbehelfen und Schienen (50,0 %) sowie Bohrschablonen (48,0 %), gefolgt von temporärem Zahnersatz (36,0 %) und Modellen für die Alignertherapie (29,0 %) oder zur Gestaltung von feststehendem Zahnersatz (26,0 %). Die Einsatzhäufigkeit belief sich

bei der Mehrheit der Befragten (52,0 %) auf unter 24 % aller Patientenfälle und nur 17,0 % der ACE-Mitglieder setzten ihren 3D-Drucker in mehr als der Hälfte der Fälle ein. Die Beweggründe zur Anschaffung eines 3D-Drucker und die wahrgenommenen Vorteile waren mit denen der vorausgehenden Studie über die Nutzung von Intraoralscanner vergleichbar. Dennoch gaben im Vergleich weniger ACE-Mitglieder an, am Kauf eines 3D-Druckers (21,0 %) oder an einem Training (35,0 %) interessiert zu sein.¹⁶⁶

Indien

Die Arbeitsgruppe *Choukse et al.*⁴¹ widmete sich im Jahr 2023 der Frage nach der Nutzungshäufigkeit von CAD/CAM-Technologien in indischen Zahnarztpraxen. An einer Befragung nahmen 132 Zahnärzte in Indien teil (Rücklaufquote 26,4%). Die Autoren stellten dabei fest, dass die Mehrheit der Befragten keinen Aspekt des digitalen Workflows nutzte, wobei dies durch hohe Investitionskosten sowie einem Mangel an Fachkenntnissen und wahrgenommenen Vorteilen gegenüber analogen Techniken begründet wurde. Insgesamt gaben die Autoren zwar an, dass 40,9 % der Teilnehmer Zahnärzte CAD/CAM-Technologien seit ein bis zu fünf Jahren vor Datenerhebung nutzten, doch konnte nicht festgestellt werden, um welche Technologien es hierbei explizit handelte. Gründe für die Verwendung waren insbesondere eine verbesserte Qualität des Zahnersatzes, erhöhte Effizienz und verbesserte Kommunikation mit dem zahntechnischen Labor sowie das Marketing. Weiterhin glaubten 60,6 % der Zahnärzte in Indien, dass CAD/CAM-Technologien in Zukunft eine wichtige Rolle in der Zahnmedizin spielen werden.⁴¹

3.6 Die Zahnärzteschaft in Deutschland

Das statistische Jahrbuch der Bundeszahnärztekammer Deutschland (BZÄZ) liefert jährlich Informationen über den aktuellen Stand der Zahnärzteschaft in Deutschland. Nach Angaben der aktuellen Ausgabe, *Statistisches Jahrbuch 21/22*³⁶, waren 72.683 aktiv praktizierende Zahnärzte bundesweit bei den (Landes-) Zahnärztekammern registriert, wovon 46.700 in einer niedergelassen Praxis, 22.794 in einer Praxis angestellt und 3.189 außerhalb von Praxen angestellt waren. Des Weiteren listete die BZÄK 27.808 nicht zahnärztlich tätige Zahnärzte. Bei den bundesweit, aktiv praktizierenden Zahnärzten lag in dem Jahr 2021 der Frauenanteil bei 46,6 % und ein durchschnittliches Alter von 48,6 Jahren vor. Die meisten tätigen Zahnärzte befanden

sich mit 28,0 % in der Altersgruppe von 55-64 Jahren, gefolgt von jeweils 22,0 % der Altersgruppen 45-54 Jahren und 35-44 Jahren. Zahnärzte von unter 35 Jahren machten 18,0 % und diejenigen über 64 Jahre nur 10,0 % aller tätigen Zahnärzte aus. Während Männer insbesondere die höheren Altersgruppen dominierten sprach die Bundeszahnärztekammer von einer zunehmenden „Feminisierung der Zahnärzteschaft“ insbesondere in den jüngeren Altersgruppen und in den neuen Bundesländern.³⁶

Bundesweit gelten nur die Oralchirurgie und Kieferorthopädie sowie das Öffentliche Gesundheitswesen zu den Weiterbildungsmöglichkeiten zum Fachzahnarzt. Darüber hinaus gehört der Fachzahnarzt für Parodontologie zum Geltungsbereich des Landeszahnärztekammer Westfalen-Lippe und der Fachzahnarzt für allgemeine Zahnheilkunde zum Geltungsbereich der Landeszahnärztekammer Brandenburg.⁸² Für den Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie wird neben einem zahnmedizinischen Studium zzgl. das Studium in der Humanmedizin vorausgesetzt. Von allen aktiv praktizierenden Zahnärzten in Deutschland waren 3.631 Fachzahnärzte für Oralchirurgie und 3.763 Fachzahnärzte für Kieferorthopädie.³⁶ Zudem haben sich weitere Spezialisierungen in den Fachgebieten der Endodontologie, Parodontologie, Implantologie, Zahnärztlichen Prothetik, Ästhetik, Kinderzahnheilkunde und Seniorenzahnmedizin herausgebildet.^{82, 186}

Des Weiteren existieren aktuelle Daten über die Praxenlandschaft in Deutschland.⁵¹ Demnach wies Deutschland in dem Jahr 2023 eine Anzahl von insgesamt 36.320 Zahnarztpraxen auf. Davon waren 23.391 Einzelpraxen, 11.748 Gemeinschaftspraxen, 1.181 zahnärztliche medizinische Versorgungszentren (zMVZ) und 362 überörtliche Berufsausübungsgemeinschaften (ÜBAG). Die Autoren wiesen auf einen starken Zuwachs von zMVZs seit dem Jahr 2015 hin, wobei im Durchschnitt drei Zahnärzte in einem zMVZ angestellt waren. zMVZs wurden häufiger in den alten Bundesländern und Berlin vorgefunden, mit einem Maximum in Nordrhein-Westfalen, wohingegen die Einzelpraxis in den neuen Bundesländern dominierte.⁵¹ Nach Angaben der Bundeszahnärztekammer gab es im Jahr 2019 mehr Existenzgründungen in Großstädten (40,0 %) als im ländlichen Raum (32,0 %), wobei insbesondere im ländlichen Raum häufiger Einzelpraxen gegründet wurden.³⁶ Das Durchschnittsalter bei Niederlassung lag bei 36,1 Jahren.³⁶

4 Material und Methode

4.1 Methodikübersicht

Im Vorfeld der Fragebogenkonzeption wurde eine Literaturrecherche zum Thema Digitalisierung im Gesundheitswesen mit Schwerpunkt Zahnmedizin im Speziellen, sowie zur Fragebogenkonzeption und Validierungsmethodik im Allgemeinen durchgeführt, die sich auf englisch- und deutschsprachige Publikationen aus den Datenbanken *PubMed*, *Web of Science* und *GoogleScholar* beschränkte.

Da sich die Zusammenarbeit mit der Landes Zahnärztekammer Hessen bei der Durchführung der vorherigen Pilotstudie¹⁷⁸ als erfolgreich erwiesen hat, wurde eine solche Zusammenarbeit mit den Vorständen weiterer Kammerbereiche in Deutschland angestrebt. Die Kontaktaufnahme zu den Vorständen der (Landes-) Zahnärztekammern erfolgte über den Vorstand der Bundeszahnärztekammer. Die Vorstände der (Landes-) Zahnärztekammern in Baden-Württemberg, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Sachsen und Westfalen-Lippe haben sich bei der Durchführung der vorliegenden Studie für eine Zusammenarbeit bereit erklärt.

Auf Grundlage der Literaturrecherche sowie unter Einbeziehung spezifischer Fragestellungen der (Landes-) Zahnärztekammern wurde der Fragebogen der Pilotstudie in Hessen¹⁷⁸ modifiziert. Mithilfe der Online-Umfrage-Applikation *LimeSurvey* wurde somit ein neuer Fragebogen erstellt und dieser in einem *Standard-Pretest* unter Zuhilfenahme eines in Anlehnung an den *System Usability Scale* entwickelten Evaluationsfragebogen validiert. Anschließend wurde der Fragebogen entsprechend der Validierungsergebnisse angepasst.

Zunächst fand eine Befragung derjenigen Zahnärzte statt, welche bei den teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern registriert waren und aktiv praktizierten. Zur Erweiterung des Studiengbietes und zwecks einer Gegenüberstellung aller Zahnärzte zu technologisch versierten Zahnärzten in Deutschland, erfolgte eine weitere Befragung in Kooperation mit der Deutschen Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde e.V. (DGCZ). Der zuvor verwendete Fragebogen wurde diesbezüglich nur geringfügig an die Wünsche des Vorstandes der DGCZ angepasst. Im Folgenden werden der Aufbau und die Validierung des Fragebogens, die Basisgruppe der (Landes-) Zahnärztekammern

und Basisgruppe der DGCZ, der Ablauf der Datenerhebung sowie die Auswertungsmethodik näher erläutert.

4.2 Aufbau des Fragebogens

Im Vorfeld der Fragebogenkonzeption wurden die Zielgruppe, die Art der Befragungsform, die Art der Fragen und Fragengruppen, die Filterführung und das Layout bestimmt.

Um den aktuellen Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland zu ermitteln, bietet sich eine strukturierte Befragung von Zahnärzten an. Grundsätzlich können die persönlich-mündliche (in Präsenz) und die fernmündliche Befragung (schriftlich protokolliert oder als Audio-/Videodokumentation) im Rahmen eines Interviews sowie die schriftliche Befragung (analog oder digital) unterschieden werden, wobei letztere in digitaler Form für die vorliegende Studie Anwendung fand. Für die Erstellung des Fragebogens und die Durchführung der Studie wurde die Online-Umfrage-Applikation *LimeSurvey* (Hamburg, Deutschland) verwendet, durch welche die Anonymität der Teilnehmer in Übereinstimmung mit der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) gewahrt wurde.¹²⁹

Es wurde ein Begrüßungsschreiben verfasst, welches den Teilnehmern den Hintergrund der Studie erläuterte und darauf abzielte durch Angabe der verantwortlichen Forschungsleitung sowie durch Angaben zum Datenschutz das Vertrauen in die Studie zu schaffen. Der in der hessischen Pilotstudie¹⁷⁸ verwendete Fragebogen diente aus Gründen der Vergleichbarkeit als Orientierung. Daher wurde der Fragebogen gleichermaßen in die vier Themenkomplexe – Praxisausstattung, zahnärztliche Behandlung, Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin und demografische Daten unterteilt (Abbildung 4.1).



Abbildung 4.1: Schematischer Aufbau des Fragebogens.

Im Unterschied zur Pilotstudie¹⁷⁸ wurden einige Fragen in eine Matrix komprimiert, um weitere Fragen, wie beispielsweise zur Internetpräsenz und Nutzungshäufigkeit einzelner digitaler Geräte zu integrieren, ohne die Bearbeitungszeit für die Befragten stark zu verlängern. Insgesamt umfasste der modifizierte Fragebogen 43 Fragen. Die erste Fragengruppe *Praxisausstattung* diente der quantitativen Datenerhebung über die praxisinternen, technischen Voraussetzungen, beginnend bei Software zur Praxis-, Material- und Patientenverwaltung, über digitale Technologien für die Diagnostik, wie beispielsweise Röntgengeräte, bis hin zur Ausstattung mit Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern im Rahmen des digitalen Workflows. Darüber hinaus wurden Fragen zur Internetqualität, Onlinepräsenz und Verantwortlichkeit bezüglich digitaler Aufgaben gestellt. Demgegenüber wurde in der Fragengruppe *Zahnärztliche Behandlung* die Nutzungshäufigkeit digitaler Technologien erfragt und welche Arbeits- und Behandlungsschritte digital, analog oder sowohl digital als auch analog durchgeführt werden. Die dritte Fragengruppe *Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin* zielte darauf ab, die Beweggründe zur Verwendung

einzelner digitaler Technologien, sowie die Bewertung derselben und das Innovationsinteresse der Teilnehmer zu erkunden. Die Erhebung *demografischer Daten* der Befragten diente einer Analyse über mögliche Zusammenhänge oder Unterschiede bezüglich praxis-, standort- oder personenbezogenen Faktoren und dem Digitalisierungsgrad sowie dem Innovationsinteresse der Zahnärzte. Zuletzt wurde den Befragten ein freies Textfeld zur Formulierung etwaiger Anmerkungen zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin oder zur Äußerung von Kritik an dem Fragebogen angeboten.

In dem Fragebogen fanden offene, halboffene und geschlossene Fragen Anwendung. Während zur Ermittlung der digitalen Ausstattung von Zahnarztpraxen und der Nutzungshäufigkeit digitaler Geräte eine quantitative Befragung der Zahnärzte genügte, wurde hingegen für die Analyse der Einstellung zur Digitalisierung eine differenziertere Herangehensweise vorausgesetzt. Für quantitative Fragestellungen wurden geschlossene Fragen im Format dichotomer Fragen (ja/nein), Einfach- oder Mehrfachauswahl und Matrixfragen gewählt. In spezifischen Fragen, wie beispielsweise zur Begründung der Nutzung digitaler Technologien, standen den Befragten vordefinierte Antwortmöglichkeiten sowie ein zusätzliches freies Textfeld (halboffene Fragen) zur Verfügung. Zur interpretationsfreien Kodierung qualitativer Aussagen, wie zum Beispiel der subjektiven Bewertung digitaler Technologien und deren Anwendungsbereiche, wurden verbalisierte Skalen verwendet. Die Befragten sollten hierbei ihre Zustimmung oder Ablehnung zu den vordefinierten Aussagen anhand einer fünfstufigen Likert-Skala ausdrücken, in welcher die Werte von eins bis fünf wie folgt definiert waren: „trifft gar nicht zu“, „trifft eher nicht zu“, „unentschieden“, „trifft zu“, „trifft voll und ganz zu“.

Bei der Formulierung der Fragen und Antwortmöglichkeiten wurde sich nach den von *Fisseni*⁶³ beschriebenen Grundregeln zur Fragebogengestaltung orientiert. Diesbezüglich konnte aufgrund der klar definierten Zielgruppe von einem hohen inhaltlichen Verständnis und akademischen Verbalisierungsfähigkeiten ausgegangen werden, aber dennoch wurde auf eine leicht verständliche und eindeutige Formulierung geachtet und eine Satzlänge von 20 Wörtern wo möglich nicht überschritten.

Die Fragen wurden in einer thematisch strukturierten Reihenfolge und einer individualisierten Filterung angezeigt, wobei letztere durch Programmierung von Bedingungen realisiert wurde. Fragen, welche für den einzelnen Befragten aufgrund vorheriger Angaben nicht mehr relevant waren, wurden somit für den Befragten

unmerklich übersprungen, sodass sich eine reduzierte Bearbeitungszeit für den Einzelnen ergab.

Die Verwendung eines klaren Layouts und die Abbildung des Logos der Justus-Liebig-Universität Gießen sollte den Eindruck einer leichten Beantwortbarkeit vermitteln bzw. das Vertrauen in die Studie stärken.¹⁵¹ Die Verwendung unterschiedlicher Fragen- oder Skalenarten sollte zudem dazu beitragen, den Fragebogen optisch aufzulockern, um die Motivation der Befragten, den Fragebogen vollständig auszufüllen, zu steigern.^{19, 49}

Der verwendete Fragebogen ist zur Einsicht im Anhang (Kapitel 13.3) hinterlegt.

LimeSurvey

Bei *LimeSurvey*¹¹⁴ (Hamburg, Deutschland) handelt es sich um eine *Open-Source-Software*, welche als ein Werkzeug zur Erstellung von dynamischen Webseiten, Webanwendungen und webbasierten Umfragen Anwendung findet. Der australische Softwareentwickler *Jason Cleeland* projektierte die Online-Umfrage-Applikation im März des Jahres 2003 und veröffentlichte es unter dem Namen PHP Surveyor, welcher sich aus dessen Skriptsprache PHP (Personal Home Page) ableitete. Im Jahr 2006 übernahm der deutsche Softwareentwickler *Carsten Schmitz* die Projektleitung und veranlasste im Mai 2007 die Umbenennung des Programms in *LimeSurvey*.^{73, 115, 142}

LimeSurvey zeichnet sich dadurch aus, dass es sowohl für simple als auch komplexe Umfragen mit spezieller Filterführung geeignet ist. Überdies bietet es eine Reihe vordefinierter Fragentypen und Designs, welche durch Implementierung online zur Verfügung gestellter *Open-Source Javascript-Codes* auf individuelle Ansprüche modifiziert werden können. Eine solche Anpassung fand bei der Gestaltung einiger Matrixfragen Anwendung (Kapitel 13.3). *LimeSurvey*¹¹⁴ ermöglicht es Benutzern, Umfragen durch Generieren von Teilnehmercodes vollständig anonym durchzuführen, sodass keine personenbezogenen Daten mit den abgegebenen Antworten verknüpft werden. Darüber hinaus bietet *LimeSurvey* die Möglichkeit, IP-Adressen der Umfrageteilnehmer zu anonymisieren. Dies bedeutet, dass die IP-Adressen der Teilnehmer nach ihrer Erfassung unkenntlich gemacht werden, was dazu beiträgt, die Anonymität der Teilnehmer zu gewährleisten. Die Umfragen können sowohl für die einzelnen Teilnehmer durch individuelle Zugangscodes, sogenannter *Tokens*, für definierte Teilnehmer zugänglich gemacht werden, oder öffentlich erreichbar sein, wobei bei letzterem ein für alle Teilnehmer identischer Link den Zugang ermöglicht. Nach Absenden eines Fragebogens kann der individuelle Zugangscodes nicht erneut

verwendet werden. Bei öffentlichen Umfragen, wird eine Mehrfachbearbeitung des Fragebogens hingegen durch entsprechende Einstellungen der *Cookies* erschwert. Dabei handelt es sich um Textdateien, welche bei Aufruf der Website automatisch auf dem Gerät gespeichert und zu späterem Zeitpunkt von der Webseite wiederverwendet werden kann. Im Rahmen dieser Studie wurde erstere Variante für die Validierung des Fragebogens und letztere für die Durchführung der Hauptuntersuchung gewählt.^{73, 114, 115, 142}

Ein Zugang zur Projektseite *LimeSurvey*¹¹⁴ wurde von der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Erhebung von Onlinedaten im Rahmen von Lehr- und Forschungsprojekten zur Verfügung gestellt.

4.3 Validierung des Fragebogens

Kognitive *Pretests*, wie die *Think Aloud* Methode, kamen bereits zur Gestaltung und Validierung des ursprünglichen Fragebogens der vorangegangenen Pilotstudie¹⁷⁸ zum Einsatz und haben sich als Validierungsverfahren in der Zahnmedizin bewährt.^{156, 177, 178} Der für die vorliegende Studie modifizierte Fragebogen wurde mithilfe eines *Standard-Pretests* unter Verwendung eines Evaluationsfragebogens, in Anlehnung an den nachfolgend näher beschriebenen *System Usability Scale*²³ (SUS), validiert. Zusätzlich gewährte das freie Textfeld am Ende der Befragung die Formulierung von Anregungen zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis und Kritik zum Fragebogen oder der Durchführung der Befragung.

Die Validierung erfolgte durch eine repräsentative Gruppe aus insgesamt 16 Zahnärzten über *LimeSurvey*¹¹⁴. Dabei bestand die ausgewählte Evaluationsgruppe aus jeweils acht Frauen und Männern, welche ein Alter von 27 bis 66 Jahren (Durchschnitt 45 ± 13 Jahre) und eine Berufserfahrung von zwei bis 41 Jahren aufwiesen. Neben zwölf Allgemein Zahnärzten nahmen zwei Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, ein Fachzahnarzt für Oralchirurgie und ein Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurg an der Validierung des Fragebogens teil. Der Fragebogen wurde schließlich entsprechend der Ergebnisse der Validierung angepasst.

4.3.1 System Usability Scale

Bei dem *System Usability Scale* (SUS)²³ handelt es sich um eine etablierte Methode zur quantitativen Analyse der Gebrauchstauglichkeit von Systemen. Diese wurde von *John Brooke*²³ in den 1980er Jahren zur Untersuchung der Nutzbarkeit von Technologien,

Produkten, Websites und Dienstleistungen entwickelt und seither vielfach verwendet.^{40, 44, 79, 107, 112, 194, 223} Brooke²³ erarbeitete in Zusammenarbeit mit einer 20-köpfigen Arbeitsgruppe einen Evaluationsfragebogen, welcher den Evaluationsteilnehmern in Anschluss an eine Testphase ausgehändigt wird und die nachfolgend aufgeführten Aussagen umfasst:

”

1. I think that I would like to use this system frequently.
2. I found the system unnecessarily complex.
3. I thought the system was easy to use.
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.
5. I found the various functions in this system were well integrated.
6. I thought there was too much inconsistency in this system.
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.
8. I found the system very cumbersome to use.
9. I felt very confident using the system.
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.”²³

Anhand einer fünfstufigen Likert-Skala ordnen die Teilnehmer der Validierungsumfrage diesen in abwechselnder Reihenfolge positiv und negativ formulierten Aussagen ihre Zustimmung oder Ablehnung zu. Die interpretationsfreie Quantifizierung wird durch eine Codierung der Antwortmöglichkeiten erreicht, wobei Brooke²³ die jeweilige Zustimmung mit einem Wert von 0 bis 4 entsprechend der positiven bzw. negativen Formulierung der Aussagen in umgekehrter Reihenfolge bezifferte. Die der Zustimmung entsprechende Codierung ist in Tabelle 4.1 dargestellt.

Tabelle 4.1: Codierung der Antwortmöglichkeiten des SUS nach Brooke²³.

Antwortmöglichkeiten	Positiv formulierte Aussagen	Negativ formulierte Aussagen
Trifft voll und ganz zu	4	0
Trifft eher zu	3	1
Unentschieden	2	2
Trifft eher nicht zu	1	3
Trifft gar nicht zu	0	4

Durch Summation der Codierungswerte der einzelnen Aussagen und anschließender Division durch Anzahl der Teilnehmer wird der erreichte Mittelwert für die

Einzelaussagen berechnet. Durch Summation der errechneten durchschnittlichen Punktzahlen der zehn Aussagen resultiert ein Wert zwischen 0 und 40. Für den SUS-Score wird dieser Wert zur Veranschaulichung mit dem Faktor 2,5 multipliziert, sodass sich eine Skala von 0 bis 100 ergibt, welche eine Interpretation von Perzentilen erlaubt. *Brooke*²³ schreibt einem System mit einem SUS-Score ab 70 Punkten eine gute Gebrauchstauglichkeit zu, wohingegen ein SUS-Score von unter 50 Punkten auf starke Mängel bezüglich der Gebrauchstauglichkeit hindeutet.

Da sich jedoch einige Aussagen des ursprünglichen SUS nicht wortwörtlich zur Bewertung eines Fragebogens eigneten und die Validierung in deutscher Sprache stattfinden sollte, wurden die Aussagen von *Brooke*²³ in deutscher Sprache modifiziert, der Aufbau mit abwechselnder Reihenfolge positiv und negativ formulierter Aussagen und die beschriebene Auswertung jedoch in standardisierter Form beibehalten.

1. Der Fragebogen ist leicht und verständlich formuliert.
2. Der Fragebogen hat eine unstrukturierte Reihenfolge.
3. Der Fragebogen integriert alle relevanten Aspekte der Digitalisierung.
4. Der Fragebogen ist zeitlich zu umfangreich.
5. Der Fragebogen hat eine hat eine interessante Thematik
6. Der Fragebogen beinhaltet Fragen und Antworten, die nicht zueinander passen.
7. Der Fragebogen hat ein ansprechendes Layout.
8. Der Fragebogen konnte nicht ohne fremde Hilfe ausgefüllt werden.
9. Der Fragebogen ist online angenehm zu beantworten.
10. Der Fragebogen wird vermutlich nur von wenigen Kolleginnen und Kollegen ausgefüllt.

4.4 Basisgruppen

Da bei der ersten Befragung der aktuelle Stand der Digitalisierung aller Zahnärzte der teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern untersucht werden sollte und die zweite Befragung darauf abzielte den Stand der Digitalisierung ausschließlich von DGCZ-Mitgliedern zu überprüfen, wurde sich für die Bildung von zwei Basisgruppen entschieden; der Basisgruppe LZK und Basisgruppe DGCZ.

4.4.1 Basisgruppe LZK

Als Basisgruppe LZK wurden 24.164 Zahnärzte definiert, welche zum Zeitpunkt der Befragung aktiv praktizierten und bei den teilnehmenden LZK Baden-Württemberg,

Brandenburg, Bremen, Hamburg, Sachsen und Westfalen-Lippe, registriert waren. Die Tabelle 4.2 zeigt detaillierte Informationen zur Basisgruppe LZK, welche aus dem *Statistischen Jahrbuchs 2021/2022*³⁶ der Bundeszahnärztekammer entnommen wurden. Die Geschlechterverteilung wies innerhalb der Basisgruppe LZK Unterschiede zwischen den einzelnen (Landes-) Zahnärztekammern auf, insgesamt lag jedoch nur ein geringfügig niedriger Frauenanteil vor (52,8 % Männer; 47,2 % Frauen). Das Durchschnittsalter der Basisgruppe LZK lag bei 49,1 Jahren. Dabei zu beachten ist, dass Frauen durchweg die jüngeren Altersgruppen dominierten, wohingegen mit Ausnahme von Brandenburg und Sachsen, Männer häufiger in den älteren Altersgruppen vertreten waren. Unabhängig vom Geschlecht bildeten niedergelassene Zahnärzte mit 64,5 % die Mehrheit der Basisgruppe LZK, 30,9 % waren in Zahnarztpraxen und nur 4,5 % außerhalb von Zahnarztpraxen angestellt tätig. 1291 Zahnärzte der Basisgruppe waren als Fachzahnärzte für Kieferorthopädie und 1263 als Fachzahnärzte für Oralchirurgie tätig. Dabei waren Frauen bei den Kieferorthopäden stärker vertreten, wohingegen Männer in der Oralchirurgie dominierten.³⁶

Tabelle 4.2: Detaillierte Informationen über die aktiv praktizierenden Mitglieder der an der Befragung teilgenommenen (Landes-) Zahnärztekammern (BW=Baden-Württemberg, BB=Brandenburg, B=Bremen, HH=Hamburg, S=Sachsen, WL=Westfalen-Lippe) im Einzelnen sowie zusammengenommen (LZK=Basisgruppe LZK) und bundesweit (DE); Quelle: Statistisches Jahrbuch 2021/22³⁶ der Bundeszahnärztekammer.

Kategorie	(Landes-) Zahnärztekammern							
	BW	BB	B	HH	S	WL	LZK	DE
Anzahl aller aktiv praktizierenden Zahnärzte [n]	9.240	1.922	556	2.099	3.768	6.579	24.164	72.468
Geschlecht [n] (%)								
männlich	5.233 (57)	758 (39)	317 (57)	1.075 (51)	1.549 (41)	3.832 (58)	12.764 (53)	38.570 (53)
weiblich	4.007 (43)	1.164 (61)	239 (43)	1.024 (49)	2.219 (59)	2.747 (42)	11.400 (47)	33.898 (47)
Durchschnittsalter in Jahren	48,3	50,5	49,0	47,8	49,6	49,3	49,1	48,6
Altersgruppen in Prozent (%)								
< 35 Jahre	19	12	15	20	16	17	17	18
35 - 44 Jahre	22	23	24	22	21	21	22	22
45 - 54 Jahre	23	19	24	23	19	23	22	22
55 - 64 Jahre	27	34	25	27	33	28	29	28
≥ 65 Jahre	10	11	12	9	11	11	11	10
Anteil der Männer in der entsprechenden Altersgruppe in Prozent (%)								
< 35 Jahre	42	26	43	34	31	41	36	37
35 - 44 Jahre	48	34	45	40	38	47	42	44
45 - 54 Jahre	52	42	55	51	41	54	49	51
55 - 64 Jahre	70	42	70	66	43	72	61	63
≥ 65 Jahre	79	52	77	75	58	79	70	74
Anteil der Frauen in der entsprechenden Altersgruppe in Prozent (%)								
< 35 Jahre	58	74	57	66	69	59	64	63
35 - 44 Jahre	52	66	55	60	62	53	58	56
45 - 54 Jahre	48	58	45	49	59	46	51	49
55 - 64 Jahre	30	58	30	34	57	28	40	37
≥ 65 Jahre	21	48	23	25	42	21	30	26
Beschäftigungsstatus [n] (%)								
Selbstständiger Zahnarzt in einer niedergelassenen Praxis	5.829 (63)	1.362 (71)	330 (59)	1.273 (61)	2.556 (68)	4.244 (65)	15.594 (65)	46.700 (64)
Zahnarzt in einem Angestelltenverhältnis	3.411 (37)	560 (29)	226 (41)	826 (39)	1.212 (32)	2.335 (35)	8.570 (35)	25.983 (36)
Anzahl der Fachzahnärzte [n]								
Fachzahnarzt für Kieferorthopädie	534	93	21	107	160	376	1.291	3.731
Fachzahnarzt für Oralchirurgie	580	66	32	88	165	332	1.263	3.529

4.4.2 Basisgruppe DGCZ

Demografische Informationen über die Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für computergestützte Zahnmedizin e.V. (DGCZ) wurden anonymisiert von der DGCZ zur Verfügung gestellt und sind in Tabelle 4.3 dargestellt. Zum Zeitraum der Datenerhebung umfasste die DGCZ 1.661 Mitglieder, welche als Basisgruppe DGCZ definiert wurden. Mitglieder der DGCZ waren im Durchschnitt $53,3 \pm 7,2$ Jahre alt und es lag ein Frauenanteil von 25,2 % vor, wobei der Frauenanteil insbesondere in den höheren Altersgruppen geringer war. Eine Mitgliedschaft bei der DGCZ bestand im Durchschnitt seit $13,1 \pm 6,7$ Jahren.

Tabelle 4.3: Detaillierte Informationen über alle Mitglieder der DGCZ zum Zeitraum der Datenerhebung (Basisgruppe DGCZ).

Anzahl der DGCZ-Mitglieder [n]	1.661
Geschlecht [n] (%)	
männlich	1.242 (74,8)
weiblich	419 (25,2)
Altersgruppen [n] (%)	
< 35 Jahre	31 (2)
35 - 44 Jahre	183 (14)
45 - 54 Jahre	411 (31)
55 - 64 Jahre	577 (44)
≥ 65 Jahre	109 (8)
Anteil der Männer in der entsprechenden Altersgruppe in Prozent (%)	
< 35 Jahre	58
35 - 44 Jahre	66
45 - 54 Jahre	67
55 - 64 Jahre	80
≥ 65 Jahre	84
Anteil der Frauen in der entsprechenden Altersgruppe in Prozent (%)	
< 35 Jahre	42
35 - 44 Jahre	34
45 - 54 Jahre	33
55 - 64 Jahre	20
≥ 65 Jahre	16
Anzahl der Mitglieder nach Mitgliedschaftsdauer [n]	
< 3 Jahre	122
3 - 5 Jahre	209
6 - 10 Jahre	388
> 10 Jahre	941

4.5 Ablauf der Datenerhebung

Zur Durchführung der Befragung von Zahnärzten lag ein positives Votum der Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen vom 24. Januar 2023 (AZ 42/22) vor Beginn der Studie vor (Kapitel 13.1).

Die Datenerhebung erfolgte durch zwei aufeinanderfolgende Befragungen. Zuerst erhielten alle Zahnärzte der Basisgruppe LZK ein kurzes Anschreiben von ihrer

jeweiligen (Landes-) Zahnärztekammer in Form einer E-Mail, welche den öffentlichen Zugang in Form eines Links beinhaltete. Der Zeitraum der Befragung erstreckte sich von Mai bis Juli 2023. Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig und es stand den Befragten die Möglichkeit offen, ihre Teilnahme jeder Zeit zu unterbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt unter Beibehaltung des Bearbeitungsfortschrittes fortzusetzen. Auf die Aussendung von Erinnerungsschreiben wurde auf Wunsch der Vorstände der teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern verzichtet. Diejenigen Zahnärzte, welche an der ersten Befragung teilnahmen, wurden als Studiengruppe LZK definiert.

Nachfolgend erhielten DGCZ-Mitglieder aus ganz Deutschland gleichermaßen ein Anschreiben per E-Mail mit einer Einladung zur Teilnahme an der zweiten Befragung. Der Befragungszeitraum für die Basisgruppe der DGCZ erstreckte sich von August bis Oktober 2023. Nach vier und acht Wochen wurde ein Erinnerungsschreiben versendet. Die Teilnehmer der zweiten Befragung wurden der Studiengruppe DGCZ zugeordnet. Gemäß gängiger Praxis erfolgte die Datenerhebung vollständig anonym und ohne jede Möglichkeit der Rückverfolgung. Dies wurde über die von der Justus-Liebig-Universität zur Verfügung gestellte Online-Umfrage-Applikation *LimeSurvey* gewährleistet.

4.6 Statistische Analyse

Die Auswertung der Validierung erfolgte durch Berechnung des SUS-Scores wie in Kapitel 4.3.1 beschrieben.

Die statistische Auswertung der Daten beider Studiengruppen wurde mithilfe der Programme Excel 2021 (Microsoft Excel, Microsoft Corporation, New Mexico, USA) und SPSS Statistics (Version 26, IBM, Armonk, New York, USA) vorgenommen. Dabei wurden die Studiengruppen LZK und DGCZ zunächst getrennt voneinander deskriptiv ausgewertet und anschließend einander gegenübergestellt. Aufgrund der Möglichkeit der Nichtbeantwortung aller Fragen, ohne dafür Gründe angeben zu müssen, resultierten im Ergebnisteil für die einzelnen Fragen unterschiedliche Anzahlen der Teilnehmer.

Es erfolgte eine externe Beratung hinsichtlich statistischer Testverfahren durch Dr. Johannes Herrmann (Statistikberatung Gießen). Eine weiterführende Analyse der in Kapitel 2 beschriebenen Fragestellungen erfolgte unter Festlegung eines Signifikanzniveaus von fünf Prozent.

Die Überprüfung der Repräsentanz beider Studiengruppen wurde mit parametrischen Tests durchgeführt. Dabei kamen der Chi²-Test in Bezug auf den Umfragestandort sowie auf die Verteilung der Geschlechter und Fachzahnarztausbildung und der T-Test für eine Stichprobe hinsichtlich der Altersstruktur zur Anwendung.

Untersuchungen zu Lageunterschieden der Verteilungen von zwei Gruppen wurden generell mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt, wie beispielsweise zur Analyse von Unterschieden hinsichtlich der Einstellung zum Thema Digitalisierung.

Komparative Zusammenhänge zwischen zwei ordinal oder metrisch skalierten Variablen wurden generell als Korrelation nach Spearman-Rho analysiert, um die Lesbarkeit der Ergebnisse zu vereinfachen. Dies betraf u.a. die Analyse von Zusammenhängen zwischen der Praxisausstattung, Onlinepräsenz, Einstellung zum Thema Digitalisierung oder den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien und demografischen Daten (Alter, der Anzahl der aktiven Berufsjahre, Größe der Praxis, Größe des Patienteneinzugsgebiet). Der resultierende Rangkorrelationskoeffizient ρ kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen. Ein Wert kleiner als Null ($\rho < 0$) deutet auf einen negativen linearen Zusammenhang hin, wohingegen ein Wert größer als Null ($\rho > 0$) auf einen positiven linearen Zusammenhang hinweist. Ein Wert von Null ($\rho = 0$) zeigt an, dass keine lineare Beziehung zwischen den Variablen besteht.¹⁸⁹ Neben der Richtung des linearen Zusammenhangs und der Signifikanz wurde zudem die Effektstärke durch Interpretation nach Cohen 1988⁴² berücksichtigt. Dabei weisen Werte von 0,1 bis 0,3 auf einen schwachen, Werte über 0,3 bis 0,5 auf einen mittleren und Werte über 0,5 auf einen starken Zusammenhang der Variablen hin.⁴²

Zusammenhänge zwischen zwei nominal skalierten Variablen wurden durch Kreuztabellen beschrieben und mit Chi²-Tests analysiert, wie beispielsweise zur Analyse geschlechterspezifischer Unterschiede oder Unterschiede in den Haupttätigkeitsfeldern in Hinblick auf die Praxisausstattung. Darüber hinaus wurden zur weiteren Veranschaulichung drei Digitalisierungsgrade anhand der technologischen Voraussetzungen definiert und Zusammenhänge mit dem Alter, dem Geschlecht und dem Umfragestandort, aufgeteilt nach alten und neuen Bundesländern, durch Chi²-Tests analysiert. Für 2x2-Tabellen kam der Chi² N-1-Test zur Anwendung. Im Falle des Vorliegens von sehr geringen erwarteten Häufigkeiten in über 20,0 % der Zellen oder bei Nullhäufigkeiten in einer der Zellen wurde dabei Fishers exakter Test interpretiert.

Zur Untersuchung statistisch signifikanter Unterschiede zwischen den Studiengruppen LZK und DGCZ hinsichtlich der Einstellung zum Thema Digitalisierung und der

Beweggründe zur Nutzung digitaler Technologien wurden ungepaarte T-Tests angewandt. Zur Überprüfung auf Varianzheterogenität wurde der Levene-Test durchgeführt. Ergab sich hierbei eine starke Varianzheterogenität, wurde die Satterthwaite-Korrektur des T-Tests interpretiert.

5 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse des Validierungsbogens beschrieben. Die Ergebnisse werden zunächst getrennt für die Studiengruppe LZK und die Studiengruppe DGCZ beschrieben, bevor die Studiengruppen abschließend gegenübergestellt werden.

5.1 Auswertung des Validierungsfragebogens

Die Auswertung der Validierung erfolgte nach der in Kapitel 4.3.1 erläuterten Vorgehensweise. In Tabelle 5.1 sind die erreichten Punktzahlen und Mittelwerte der einzelnen Aussagen aufgelistet. Zu beachten ist, dass der Wortlaut der Formulierungen aufgrund entsprechend umgekehrter Codierung zu vernachlässigen ist. Eine hohe Gesamtpunktzahl repräsentiert nach *Brooke*²³ eine hohe Validität, eine niedrige deutet hingegen auf Mängel bezüglich der Anwendbarkeit hin. Die Gesamtauswertung ergab einen SUS-Score von über 78 und somit eine gute Anwendbarkeit des Fragebogens.

Tabelle 5.1: Erreichte Punktzahlen und Mittelwerte des Validierungsfragebogens und daraus resultierender SUS-Score.

Der Fragebogen...	Gesamtpunktzahl	Mittelwert
... ist leicht und verständlich formuliert.	56	3,50
... hat eine unstrukturierte Reihenfolge.	54	3,38
... integriert alle relevanten Aspekte der Digitalisierung.	46	2,88
... ist zeitlich zu umfangreich.	43	2,69
... hat eine interessante Thematik.	51	3,19
... beinhaltet Fragen und Antworten, die nicht zueinander passen.	55	3,44
... hat ein ansprechendes Layout.	41	2,56
... konnte nicht ohne fremde Hilfe ausgefüllt werden.	59	3,69
... ist online angenehm zu beantworten.	56	3,50
... wird vermutlich nur von wenigen Kolleginnen und Kollegen ausgefüllt.	39	2,44
Summe		31,25
SUS Score (*2,5)		78,13

Mithilfe des freien Textfeldes wurde explizite Kritik vernommen, in welcher in wenigen Fällen die Darstellung einiger Fragen auf mobilen Geräten beanstandet wurde.

5.2 Ergebnisse der (Landes-) Zahnärztekammern

5.2.1 Studiengruppe LZK

Aus den Kammerbereichen Baden-Württemberg, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Sachsen und Westfalen Lippe nahmen insgesamt 1.005 Zahnärzte an der Befragung teil, was einer Gesamtrücklaufquote von 4,2 % entspricht. Wie die Tabelle 5.2 zeigt, wurden unterschiedlich hohe Rücklaufquoten in den jeweiligen (Landes-) Zahnärztekammern erreicht.

Tabelle 5.2: Detaillierte Informationen über die Teilnahme in den teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern (Studiengruppe LZK).

Umfragestandort	Anzahl der Teilnehmer [n]	Anteil der Teilnehmer innerhalb der Studiengruppe [%]	Erwartete Anzahl der Teilnehmer [n] in Bezug auf die Gesamtrücklaufquote	Erwarteter Anteil der Teilnehmer innerhalb der Studiengruppe [%] in Bezug auf die Gesamtrücklaufquote	Anzahl der registrierten Zahnärzte [n] (Basisgruppe LZK)	Rücklaufquote [%]
Baden-Württemberg	167	16,6	384	38,2	9.240	1,8
Brandenburg	135	13,4	80	8	1.922	7
Bremen	33	3,3	23	2,3	556	5,9
Hamburg	88	8,8	87	8,7	2.099	4,2
Sachsen	145	14,4	157	15,6	3.768	3,8
Westfalen-Lippe	437	43,5	274	27,2	6.579	6,6
gesamt	1.005	100	1.005	100	24.164	4,2

Der Altersdurchschnitt der Studiengruppe LZK wurde mit dem Altersdurchschnitt der Basisgruppe LZK unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Fallzahlen innerhalb der Basisgruppe LZK verglichen. Folglich lag dieser bei 48,9 Jahren. Der Altersdurchschnitt der Teilnehmer innerhalb der Studiengruppe LZK war mit $51,9 \pm 10,3$ Jahren um drei Jahre höher als der Altersdurchschnitt der Basisgruppe LZK. Die Verteilung der Zahnärzte innerhalb der Altersgruppen ist weitestgehend mit den Daten der Basisgruppe LZK vergleichbar, wobei eine etwas geringerer Teilnahme bei jüngeren Zahnärzten zugunsten der höheren Altersgruppen verzeichnet wurde (Abbildung 5.1).

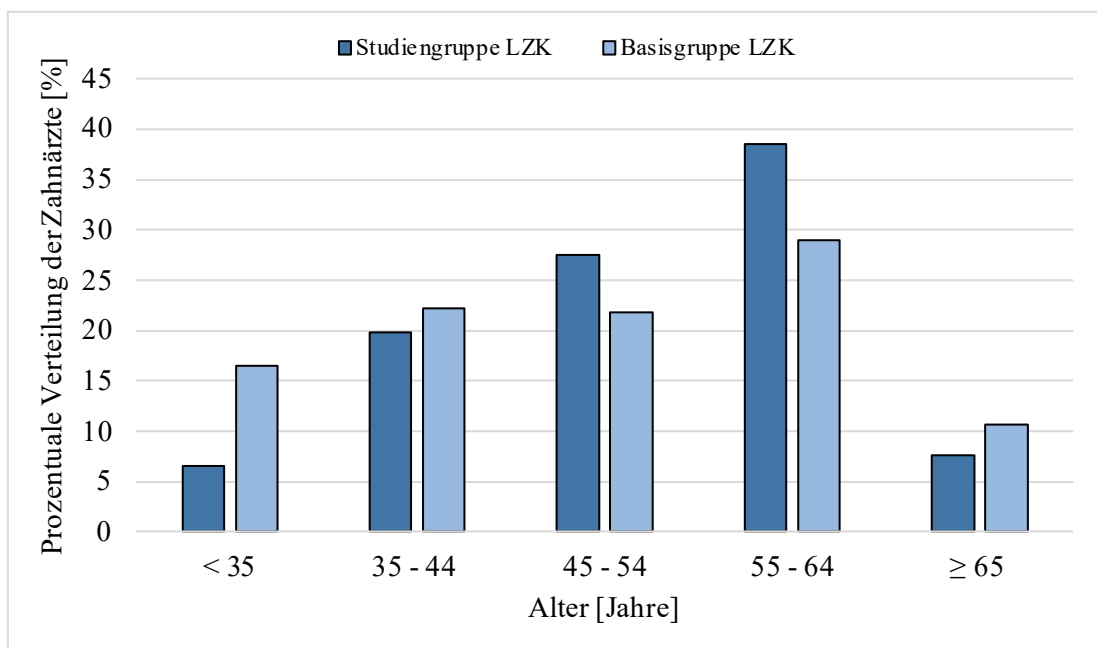


Abbildung 5.1: Detaillierte Informationen über die Altersverteilung der Teilnehmer (Studiengruppe LZK) im Vergleich zu denjenigen Zahnärzten, welche in den teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern registriert sind (Basisgruppe LZK).

Insgesamt gaben 605 Teilnehmer ihr Geschlecht an (n=338 männlich, n=265 weiblich, n=2 divers). Wie die Tabelle 13.1 zeigt, fiel die Beteiligung weiblicher Zahnärzte mit Ausnahme von Sachsen in allen Kammerbereichen geringfügig niedriger aus als der Frauenanteil in den jeweiligen Kammerbereichen der Basisgruppe LZK (Tabelle 4.2). Dabei waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant (Tabelle 13.1). Innerhalb der Altersgruppen zeigte sich jedoch eine mit der Basisgruppe LZK vergleichbare Geschlechterverteilung.

Die aktive Berufserfahrung aller Teilnehmer reichte von zwei bis zu 55 Jahren (Mittelwert $25,1 \pm 10,3$ Jahre), wobei die Teilnehmer mit einer höheren Berufserfahrung tendenziell häufiger männlich waren.

Im Vergleich zur Basisgruppe nahmen mit einer Beteiligung von 90,7 % mehr niedergelassene Zahnärzte (n=555) an der Studie teil als angestellte Zahnärzte (n=57). Die Mehrheit der Praxisinhaber war männlich (n=319) und die Praxis wurde überwiegend ohne weitere Praxispartner geführt (n=390). Überdies gaben die meisten Zahnärzte der Studiengruppe eine Vollzeitbeschäftigung (n=536) und nur wenige eine Teilzeitbeschäftigung (n=87) an. Im Durchschnitt arbeiteten zwei Zahnärzte in einer Praxis zusammen und die maximale Anzahl zahnärztlicher Kollegen lag bei 17 Zahnärzten. Mit 47,5 % waren Einzelpraxen in der Studiengruppe LZK am meisten vertreten, dicht gefolgt von Praxen mit zwei bis vier praktizierenden Zahnärzten (45,0

%). Seltener arbeiteten die Teilnehmer mit fünf bis zehn (5,9 %), bzw. mit elf oder mehr Kollegen (1,6 %) zusammen.

Bei der zahnärztlichen Behandlung bildeten die allgemeine Zahnheilkunde (n=447), Zahnärztliche Prothetik (n=377) und konservierende Zahnheilkunde (n=279) die drei Haupttätigkeitsfelder der Befragten. Des Weiteren waren Teilnehmer mit Haupttätigkeiten aus allen zahnmedizinischen Bereichen, wie der Parodontologie (n=165), Endodontologie (n=123), Oralchirurgie (n=81), Kieferorthopädie (n=54), Prävention (n=53) und Kinderzahnheilkunde (n=30), an der Befragung beteiligt. Darüber hinaus nahmen neben Allgemeinzahnärzten auch Fachzahnärzte der Kieferorthopädie (n=37) und Oralchirurgie (n=24) sowie Fachärzte der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen (n=10) an der Befragung teil. Somit waren Fachzahnärzte für Oralchirurgie in der Studiengruppe LZK seltener vertreten als in der Basisgruppe LZK, während mehr Fachzahnärzte für Kieferorthopädie als erwartet teilgenommen haben. Der Unterschied zur Basisgruppe LZK war sowohl für Fachzahnärzte der Oralchirurgie ($p=0,131$, Chi²-Test) als auch für Fachzahnärzte der Kieferorthopädie ($p=0,483$, Chi²-Test) statistisch nicht signifikant.

Mithilfe der Angabe der ersten beiden Ziffern der zu den Praxen gehörigen Postleitzahlen konnte ermittelt werden, dass Zahnärzte aus nahezu allen Regionen des Studiengebietes an der Befragung teilgenommen haben (Abbildung 5.2), wobei eine höhere Teilnahme an der Befragung in städtischen Gebieten, insbesondere kleiner Mittelstädte, verzeichnet werden konnte (Abbildung 5.3)

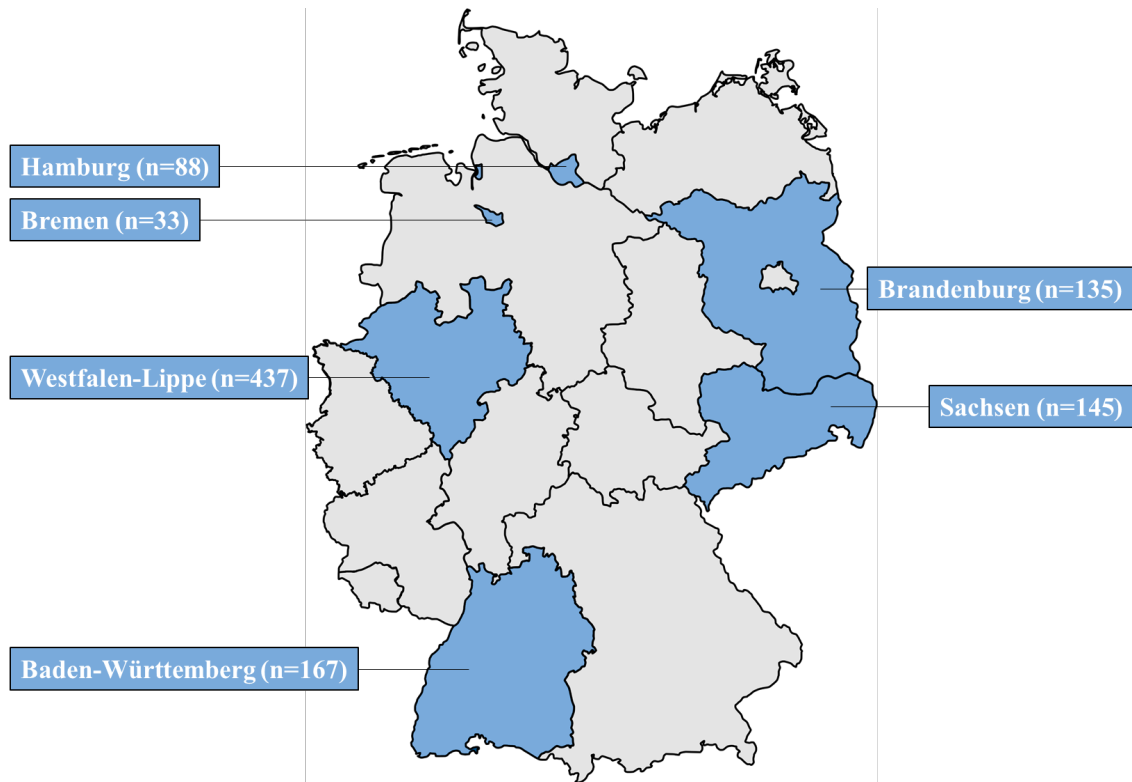


Abbildung 5.2: Informationen zur Standortbeteiligung der Teilnehmer. Unterteilung Deutschlands nach (Landes-) Zahnärztekammern (Studiengruppe LZK).

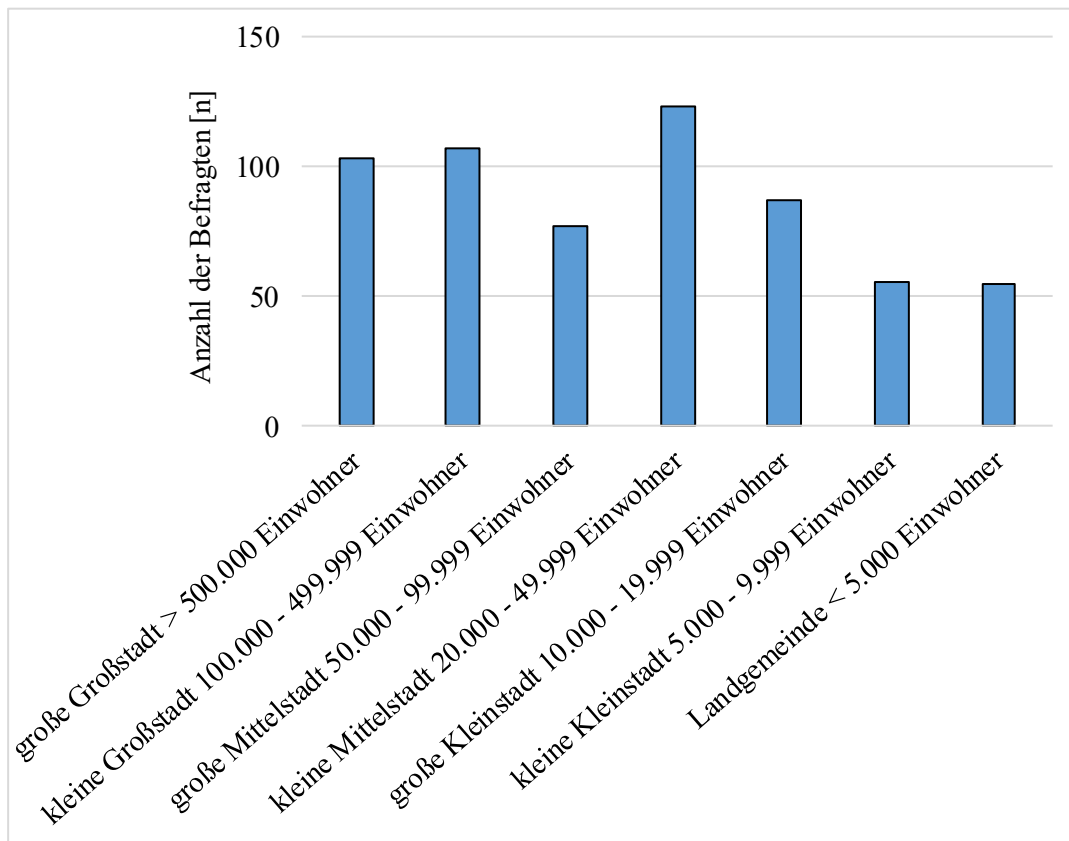


Abbildung 5.3: Detaillierte Informationen über die Standortbeteiligung an der Befragung nach Einwohnerzahl (Studiengruppe LZK).

5.2.2 Ausstattung von Zahnarztpraxen

Diejenigen Technologien, welche im Jahr 2023 in den meisten Fällen nur digital verwendet wurden, stellten Röntgensysteme (n=639) in Form von Ortopanthomographen und Tubusgeräten dar. Seltener gingen Zahnärzte hierbei nur analog (n=126) bzw. analog und digital (n=36) vor. DVTs fertigten 155 Zahnärzte in der Zahnarztpraxis an. Die digitale Patientenakte (n=728) und ein digitaler Terminkalender (n=619) waren in den meisten Zahnarztpraxen zu finden. Dennoch arbeiteten einige Zahnärzte sowohl mit einer digitalen als auch mit einer analogen Patientenakte (n=327) bzw. nutzten neben ausschließlich digitalen Terminkalendern (n=553) zusätzlich analoge Kalender (n=66). Mehrheitlich ausschließlich analog erfolgte die schriftliche Aufklärung von Patienten (n=553), gefolgt von der Archivierung von Modellen (n=529), der Patientenanamnese (n=522), der Terminvergabe (n=514) und der Materialverwaltung (n=405). Die Ausstattung von Zahnarztpraxen in Bezug auf ausschließlich digitale, kombiniert digitale und analoge und nur analoge Möglichkeiten ist in Abbildung 5.4 dargestellt.

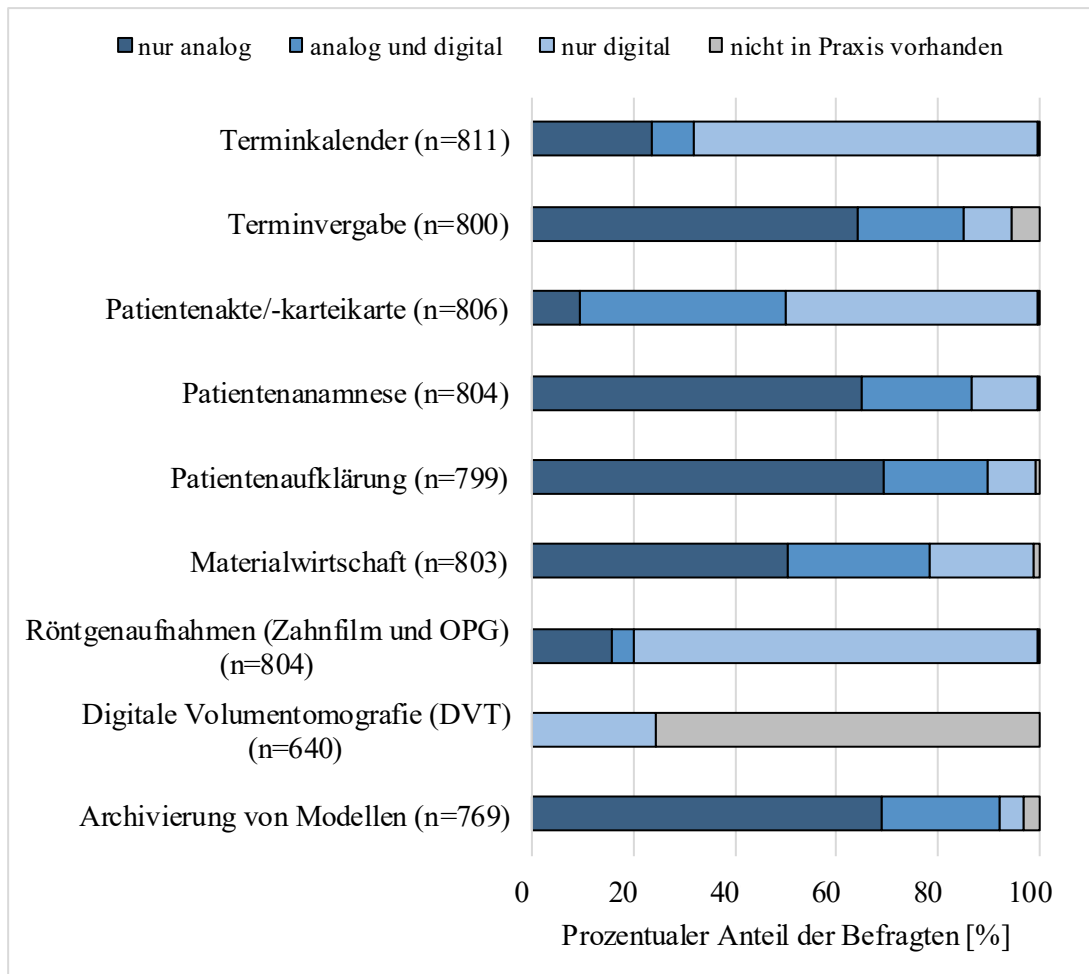


Abbildung 5.4: Detaillierte Informationen über die Ausstattung von Zahnarztpraxen verteilt auf die ausschließlich analoge, analoge und digitale und ausschließlich digitale Nutzung (n=Anzahl der gültigen Antworten, Studiengruppe LZK).

In Bezug auf die Ausstattung mit Technologien des digitalen Workflows, waren Intraoralscanner bei über einem Viertel der Befragten vorhanden (n=270) und somit weiter verbreitet als CAD/CAM-Fräsen (n=154) und 3D-Drucker (n=49) (Abbildung 5.5)

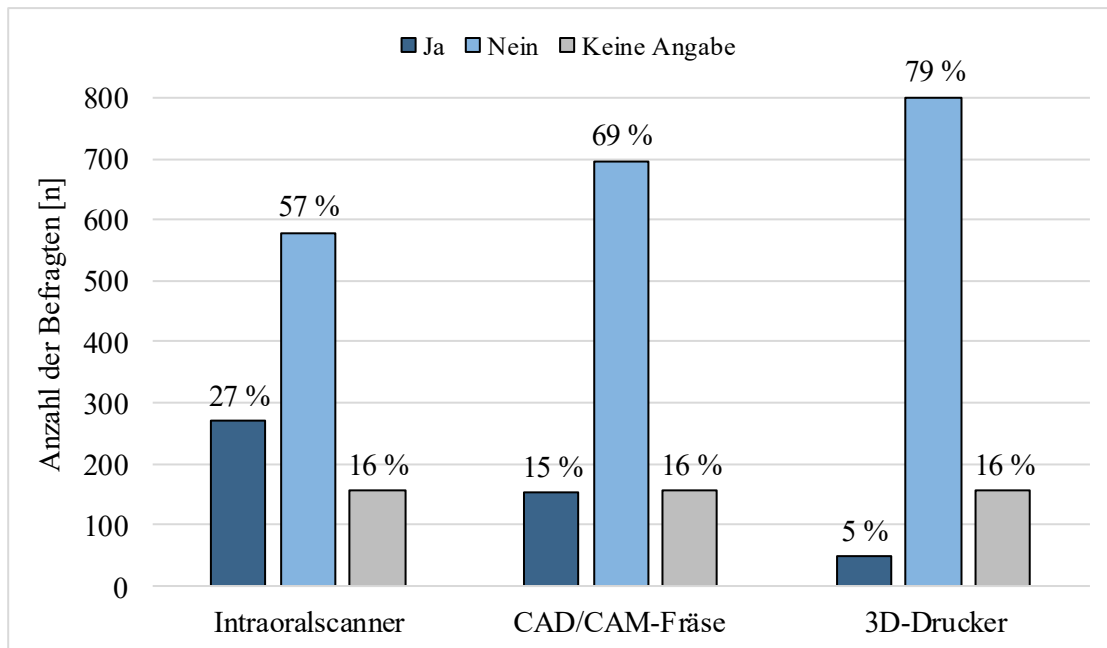


Abbildung 5.5: Detaillierte Informationen über die Ausstattung mit Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern (Studiengruppe LZK).

Während die maximal vergangene Zeit seit der ersten Nutzung bei Intraoralscannern mit 33 Jahren höher war als bei CAD/CAM-Fräsen mit 30 Jahren, war die durchschnittliche Zeit seit der ersten Nutzung bei Intraoralscannern ($6,6 \pm 7,5$ Jahre) geringer als bei CAD/CAM-Fräsen ($11,5 \pm 8,2$ Jahre). Wie in der Abbildung 5.6 dargestellt, zeigte sich insbesondere innerhalb der letzten zwei Jahre ein hoher Zuwachs an Intraoralscannern in Zahnarztpraxen, wohingegen CAD/CAM-Fräsen größtenteils bereits seit über fünf Jahren verwendet wurden. 3D-Drucker wurden im Durchschnitt erst seit $2,4 \pm 1,8$ Jahren bzw. maximal seit sechs Jahren chairside verwendet.

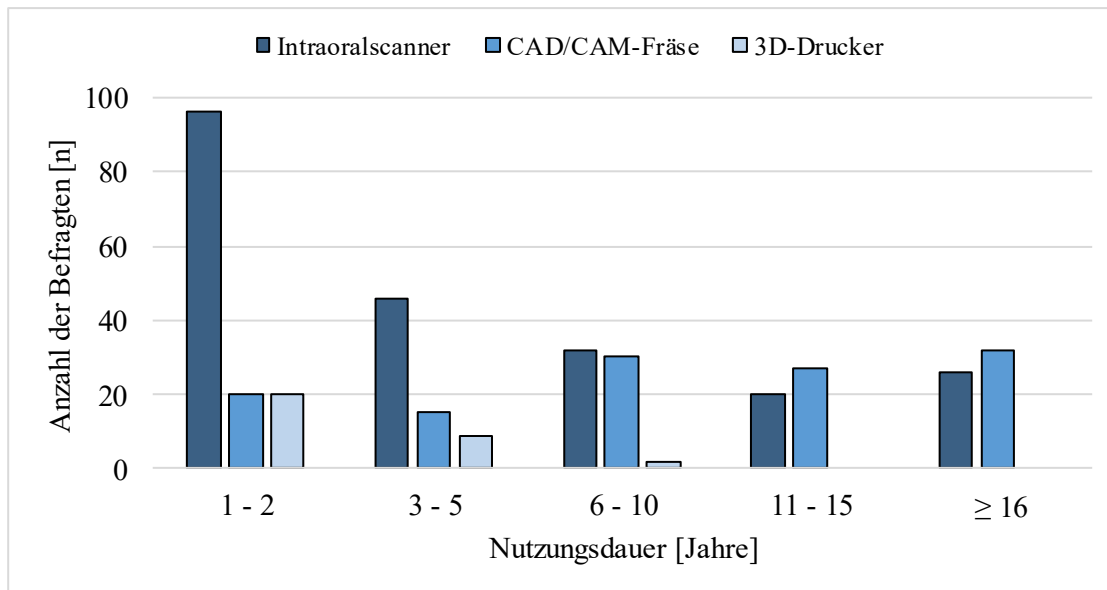


Abbildung 5.6: Detaillierte Informationen zur Nutzungsdauer von Intraoralscannern, praxisinternen CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern (Studiengruppe LZK).

Durch eine Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho (Tabelle 13.2) wurden statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der technologischen Ausstattung und dem Alter, der Dauer der aktiven Berufstätigkeit, der Praxisgröße in Bezug auf die Anzahl in der Praxis tätigen Zahnärzte und der Einwohnerzahl des Praxisstandortes festgestellt. Dabei wurde eine digitale Ausstattung mit einem höheren Wert kodiert als eine analoge, sodass ein negativer Korrelationseffizient für eine gegenläufige Richtung beider Variablen spricht. Anhand der Tabelle 13.2 wird ersichtlich, dass digitale Technologien wahrscheinlicher vorhanden waren, je jünger der Zahnarzt war, je weniger Jahre seit Approbation zurücklagen, je mehr Zahnärzte innerhalb einer Praxis tätig waren und je mehr Einwohner der Praxisstandort hatte. Mit wenigen Ausnahmen waren diese Zusammenhänge statistisch signifikant ($p < 0,05$, Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho), jedoch nach *Cohen*⁴² als schwach zu interpretieren. Im Falle des Terminkalenders in Bezug auf die aktive Berufserfahrung und im Falle der DVT in Bezug auf die Praxisgröße ist der Zusammenhang als mittelstark zu interpretieren.

Hinsichtlich des digitalen Workflows diente die Bildung von Altersgruppen einer detaillierteren Darstellung der Zusammenhänge zwischen dem Alter und der Praxisausstattung. Dabei wurden die Altersgruppen in Tabelle 13.3 drei Digitalisierungsgraden gegenübergestellt. Die Digitalisierungsgrade waren wie folgt definiert: Diejenigen Zahnärzte, welche ausschließlich auf administrativer Ebene und/oder im Bereich der zweidimensionalen Röntgendiagnostik digital arbeiteten,

wurden einem niedrigen Digitalisierungsgrad zugeordnet. Stand ein Intraoralscanner zur Verfügung, lag ein mittlerer Digitalisierungsgrad vor. Waren darüber hinaus CAD/CAM-Fräsen und/oder 3D-Drucker innerhalb der Zahnarztpraxis vorhanden, so wurde ein hoher Digitalisierungsgrad definiert. Wie zuvor durch die Korrelationsanalyse (Tabelle 13.2) beschrieben, wird auch bei Betrachtung von Tabelle 13.3 deutlich, dass Technologien des digitalen Workflows tendenziell wahrscheinlicher bei den jüngeren Altersgruppen vorzufinden waren, während sich die Digitalisierung bei älteren Zahnärzten tendenziell auf die administrative Ebene und die zweidimensionale Röntgendiagnostik beschränkte.

Bezüglich des Praxisstandortes stieg die technologische Ausstattung mit zunehmender Einwohneranzahl, jedoch ist der Zusammenhang als sehr schwach zu interpretieren (Tabelle 13.2). In Hinblick auf eine mögliche digitale Kluft zwischen den neuen und alten Bundesländern zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede auf der gesamten administrativen Ebene. Dabei waren Zahnarztpraxen mit einem Standort in den neuen Bundesländern seltener mit digitalen Terminkalendern ($p < 0,05$, Chi²-Test), digitalen Patientenakten (exakter Test nach Fischer, $p < 0,05$) und digitalen Praxisverwaltungssystemen ($p < 0,05$, Chi²-Test) ausgestattet und führten die Terminvergabe ($p < 0,05$, Chi²-Test), Erhebung der Anamnese ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) und Patientenaufklärung ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) seltener digital durch als diejenigen in den alten Bundesländern. Während sich beim zweidimensionalen Röntgen keine statistisch signifikanten Unterschiede zeigten ($p = 0,079$, exakter Test nach Fischer), besaßen Zahnärzte in den alten Bundesländern statistisch signifikant häufiger ein DVT ($p < 0,05$, Chi²-N-1-Test). In Bezug auf Intraoralscanner ($p = 0,131$, Chi²-N-1-Test), CAD/CAM-Fräsen ($p = 0,505$, Chi²-N-1-Test) und 3D-Drucker ($p = 0,064$, Chi²-N-1-Test) wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt, auch wenn Zahnarztpraxen einen tendenziell höheren Digitalisierungsgrad aufwiesen, wenn sie innerhalb der alten Bundesländer lokalisiert waren, wie Tabelle 13.4 zeigt ($p = 0,278$, Chi²-Test).

In Hinblick auf geschlechterspezifische Unterschiede wurde das Geschlecht den drei zuvor erläuterten Digitalisierungsgraden in Tabelle 13.5 gegenübergestellt. Anhand dieser wird ersichtlich, dass Männer tendenziell einen höheren Digitalisierungsgrad aufwiesen als Frauen, jedoch wurde diesbezüglich kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt ($p = 0,637$, Chi²-Test).

Statistisch signifikante, geschlechterspezifische Unterschiede konnten bei Betrachtung der einzelnen Technologien nur im Falle der DVT (exakter Test nach Fischer, $p < 0,05$) und der Onlineterminvergabe ($p < 0,05$, Chi²-Test) festgestellt werden, welche bei Männern signifikant häufiger vorhanden waren. In Bezug auf alle anderen Möglichkeiten der technologischen Ausstattung konnten keine statistisch signifikanten, geschlechterspezifischen Unterschiede ermittelt werden.

In Hinblick auf die Haupttätigkeitsfelder der Zahnärzte zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede bei Betrachtung der einzelnen Technologien. Diejenigen Zahnärzte, welche anstelle eines spezifischen Haupttätigkeitsfeldes die allgemein Zahnärztliche Versorgung angaben, waren insgesamt seltener digital ausgestattet. Sie besaßen signifikant seltener digitale Terminkalender ($p < 0,05$, Chi²-Test), digitale Patienten- ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) oder Materialverwaltungssysteme ($p < 0,05$, Chi²-Test), DVT ($p < 0,05$, Chi²-Test) und 3D-Drucker ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) und führten die Terminvergabe ($p < 0,05$, Chi²-Test), die Erhebung der Anamnese ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) und Patientenaufklärung ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) sowie die Röntgendiagnostik in Form von Zahnfilmen und OPGs ($p < 0,05$, exakter Test nach Fischer) signifikant seltener digital durch. Statistisch signifikante Unterschiede konnten in Bezug auf die Ausstattung mit Intraoralscannern ($p = 0,596$, Chi²-Test) und CAD/CAM-Fräsen ($p = 0,820$, Chi²-Test) nicht festgestellt werden. Digitale Terminkalender waren insbesondere bei denjenigen Zahnärzten häufiger vorhanden, welche die Kieferorthopädie ($p < 0,05$, Chi²-Test), die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ($p < 0,05$, Chi²-Test) oder Prävention ($p < 0,05$, Chi²-Test) zu ihren Haupttätigkeitsfeldern zählten. Während kieferorthopädisch tätige Zahnärzte zudem statistisch signifikant häufiger einen 3D-Drucker ($p < 0,05$, Chi² N-1-Test) besaßen, verfügten Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgen hingegen statistisch signifikanter häufiger über ein DVT ($p < 0,05$, Chi² N-1-Test) als diejenigen, die diese Haupttätigkeitsfelder nicht auswählten.

Was die Onlinepräsenz betrifft, war eine eigene Praxiswebsite ($n = 612$) mit Abstand das meist verbreitete Medium, gefolgt von einem Social-Media-Kanal ($n = 199$) und einem Account auf einer Bewertungsplattform ($n = 177$). Ein praxiseigener Blog ($n = 20$) war hingegen selten vorhanden. Während einige Zahnärzte durch Terminerinnerungen per E-Mail oder SMS ($n = 344$) im digitalen Kontakt mit ihren Patienten standen, wurden ein regelmäßiger Versand von Newslettern ($n = 24$) und telemedizinische Leistungen wie

beispielsweise Videosprechstunden (n=15) seltener angeboten. Bezüglich der Social-Media-Präsenz waren Instagram (n=160) und Facebook (n=149) die meist genutzten Plattformen. Anhand einer Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho (Tabelle 13.6) zeigte sich, dass Social-Media-Kanäle statistisch signifikant häufiger vorhanden waren, je mehr Zahnärzte innerhalb einer Praxis tätig waren, je jünger die Zahnärzte waren und wenn die Praxis in den alten Bundesländern lokalisiert war ($p < 0,05$, Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho). Der Zusammenhang kann im Falle der Anzahl der innerhalb einer Praxis tätigen Zahnärzte als mittelstark betrachtet werden, wohingegen er hinsichtlich des Alters und der Lokalisation als schwach zu interpretieren ist.

Auf Praxiswebsites, -blogs und Social-Media-Kanälen wurden mehrheitlich Informationen über Behandlungsmöglichkeiten (n=648), Praxisausstattung (n=638) und Zahnerkrankungen (n=430) veröffentlicht, aber auch Einblicke in den Praxisalltag (n=257) gewährt sowie wissenschaftliche Erkenntnisse (n=153), Behandlungsbeispiele (n=83) und Vorher-/ Nachher Bilder von Patientenbeispielen (n=44) geteilt. Überdies präsentierten sich einige Zahnärzte in Form unterhaltsamer Videos sowohl mit (n=76) als auch ohne zahnmedizinischen Bezug (n=41), wobei sich diese Form der Onlinepräsenz größtenteils auf Social-Media-Kanäle beschränkte. Bei der Frage nach den Beweggründen zur Onlinepräsenz standen das Hervorheben der Modernität der eigenen Praxis (n=493) und Wettbewerbsfähigkeit (n=439) sowie die Patientenrekrutierung (n=485) bzw. Patientenbindung (n=421) klar im Vordergrund. Aber auch die Mitarbeiterrekrutierung (n=333), die Absicht der Patientenschulung durch Vermittlung von Gesundheitsinformationen (n=272) und die Mitarbeiterbindung (n=153) stellten Faktoren dar, die eine Onlinepräsenz von Zahnarztpraxen begründeten. Die Zuständigkeit für die Digitalisierung im Allgemeinen (n=627) sowie für die Ausstattung mit elektronischen Geräten (n=565), Praxiswebsites (n=330), Social-Media-Kanälen (n=82) und Praxisblogs (n=8) lag vorherrschend bei den Praxisinhabern, mit Ausnahme des Qualitätsmanagements, welches mehrheitlich in dem Zuständigkeitsbereich zahnmedizinisch Fachangestellter (ZFA) fiel. Für die Verwaltung von Praxiswebsites (n=165), Social-Media-Kanälen (n=18) und Praxisblogs (n=6) wurden von einigen Zahnärzten auch externe Agenturen herangezogen.

Bezüglich der Internetqualität gab die Mehrheit der Teilnehmer eine Internetqualität des Mobilfunknetzes von 4G oder höher an. Dennoch konnten Unterschiede bezüglich der Internetqualität festgestellt werden. Während einige Teilnehmer angaben, über eine

Internetgeschwindigkeit von ca. 50 Mbits/s (n=274) in der Zahnarztpraxis zu verfügen und damit das Streamen von Videos oder das Versenden von Bilddateien in kürzester Zeit möglich war, gaben nur geringfügig weniger Zahnärzte eine Geschwindigkeit von ca. 10 Mbits/s (n=205) an, was einer kurzen Wartezeit bezüglich des Ladens einer Website entspricht. Darüber hinaus lag ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Internetqualität und dem Praxisstandort vor. Einerseits stieg die Internetgeschwindigkeit mit zunehmender Einwohnerzahl ($p < 0,05$, Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho), andererseits wurde eine höhere Internetgeschwindigkeit in den alten Bundesländern verzeichnet ($p < 0,05$, Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho; Tabelle 13.7).

5.2.3 Zahnärztliche Behandlung

Hinsichtlich der zahnärztlichen Behandlung (Abbildung 5.7) fällt auf, dass mit Ausnahme der Fotodokumentation in nahezu allen Behandlungskategorien noch überwiegend ausschließlich analog vorgegangen wurde. So gab die Mehrheit der Befragten an, Abformungen, wie die Situations- (n=538), Präzisions- (n=473) und Implantatabformungen (n=467) nur analog, also rein konventionell mit Abformlöffel und -masse vorzunehmen. Es ließ sich jedoch feststellen, dass bereits einige Zahnärzte in allen Behandlungskategorien nur digital vorgehen. Darüber hinaus nutzten viele Zahnärzte sowohl analoge als auch digitale Behandlungskonzepte, wobei insbesondere die Behandlungsplanung häufig digital unterstützt wurde. Während die Mehrheit der Zahnärzte angab, die Planung für implantologischen (n=238) und prothetischen Zahnersatz (n=445) noch vorwiegend analog durchzuführen, wurde hingegen bei der kieferorthopädischen (n=384) und mund-, kiefer-, und gesichtschirurgischen Planung (n=461) überwiegend ein kombiniertes Vorgehen unter Verwendung analoger und digitaler Techniken festgestellt.

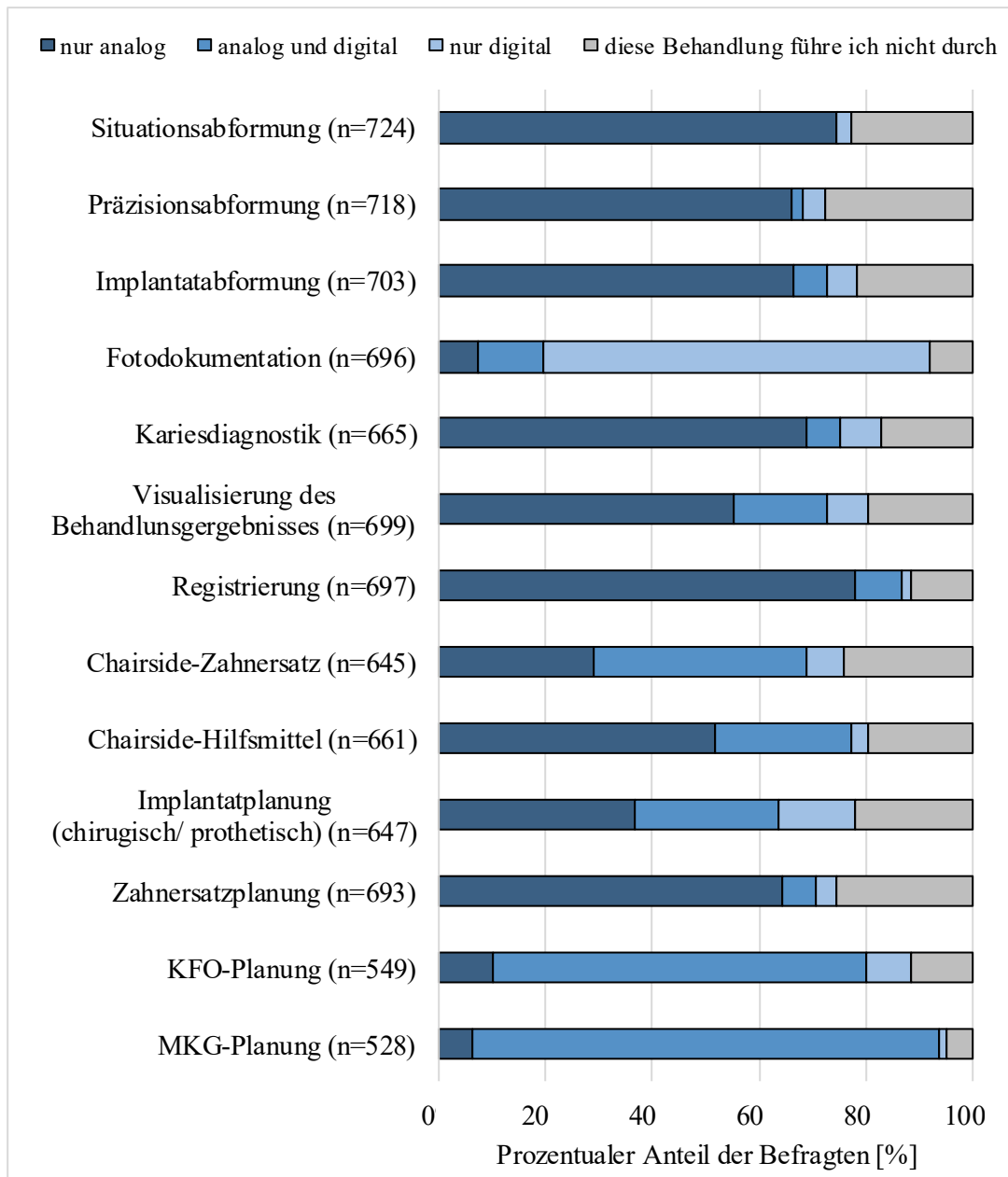


Abbildung 5.7: Zahnärztliche Behandlungen verteilt auf nur analoge, analoge und digitale sowie nur digitale Behandlungsweise (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).

Der durchschnittliche Anteil von Intraoralscannern bei der Patientenbehandlung war mit $47,9 \pm 31,1$ % etwas höher als der von CAD/CAM-Technologien, auf welche nach Angaben der Befragten im Durchschnitt in $40,9 \pm 30,4$ % der Fälle zurückgegriffen wurde. Der hohe Standardfehler des Mittelwertes bezüglich des durchschnittlichen Einsatzes von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen zeigt jedoch, dass diese Technologien in einem differenzierten Ausmaß verwendet wurden. Genauere Informationen liefert diesbezüglich Tabelle 5.3, in welcher die Antworten der Befragten bezüglich des prozentualen Anteils der Verwendung von Intraoralscannern und

CAD/CAM-Fräsen an der alltäglichen Patientenbehandlung in fünf Gruppen der Nutzungshäufigkeit gegliedert sind. Während Intraoralscanner einerseits von vielen Zahnärzten sehr häufig eingesetzt wurden, wurden sie von vergleichbar vielen Zahnärzten nur sehr selten bei der Patientenbehandlung verwendet. Im Unterschied dazu wurden CAD/CAM-Technologien zur Herstellung von Chairsidezahnersatz insgesamt seltener verwendet, denn fast ein Drittel derjenigen Zahnärzte, welche CAD/CAM-Technologien in ihrer Praxis besaßen, gab an, diese nur sehr selten für die Patientenbehandlung einzusetzen. Es berichteten dennoch einige Zahnärzte CAD/CAM-Fräsen häufig oder sogar sehr häufig zu verwenden.

Tabelle 5.3: Detaillierte Informationen zum prozentualen Anteil des Einsatzes von Intraoralscannern sowie CAD/CAM-Fräsen an der Patientenbehandlung (Studiengruppe LZK).

Anteil des Technologieeinsatzes in der Patientenbehandlung	Anzahl der Zahnärzte, welche Intraoralscanner verwenden [n] (%)	Anzahl der Zahnärzte, welche CAD/CAM-Fräsen verwenden [n] (%)
sehr selten (< 20 %)	52 (23)	39 (31)
eher selten (20-39 %)	36 (16)	21 (17)
moderat (40-59 %)	45 (20)	22 (18)
eher häufig (60-79 %)	30 (14)	22 (18)
sehr häufig (80-100 %)	59 (27)	20 (16)

Anhand der Abbildung 5.8 und Abbildung 5.9 wird deutlich, dass sich die Nutzungshäufigkeit von Intraoralscannern auf den Besitz einer CAD/CAM-Fräse bzw. eines 3D-Druckers auswirkte. Während eine häufige Abformung mithilfe von Intraoralscannern sich tendenziell positiv auf den Besitz einer CAD/CAM-Fräse ($p=0,055$, Welch-Test) auswirkte, war der Zusammenhang in Hinsicht auf den Besitz von 3D-Druckern statistisch signifikant ($p<0,05$, Welch-Test).

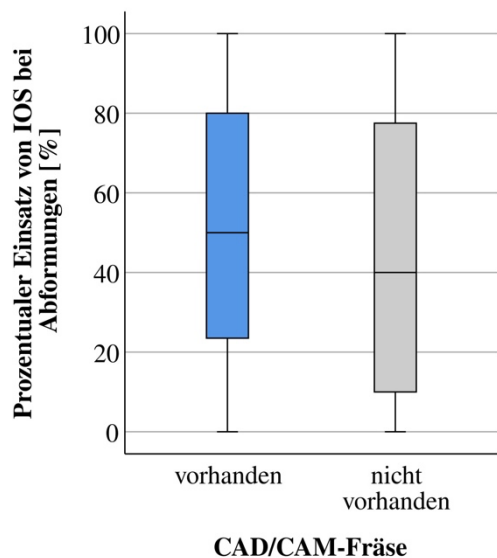


Abbildung 5.8: Prozentualer Einsatz von Intraoralscannern (IOS) zur Abformung bei Zahnärzten, welche zzgl. eine CAD/CAM-Fräse besitzen (blau) und denjenigen welche dies nicht tun (grau) (Studiengruppe LZK).

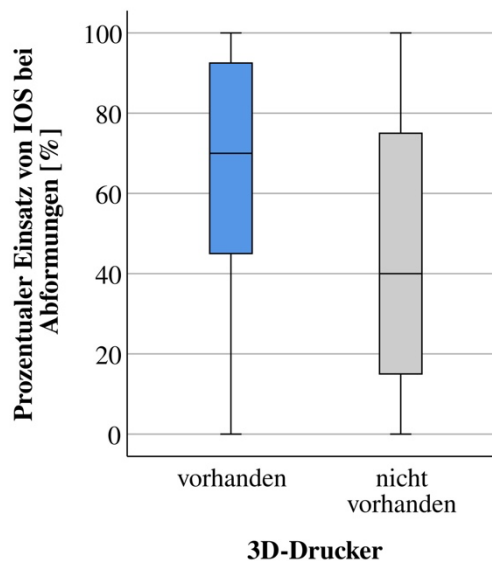


Abbildung 5.9: Prozentualer Einsatz von Intraoralscannern (IOS) zur Abformung bei Zahnärzten, welche zzgl. einen 3D-Drucker besitzen (blau) und denjenigen welche dies nicht tun (grau) (Studiengruppe LZK).

Bei Betrachtung des Einsatzbereiches von Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern wird ersichtlich, dass die Art des Zahnersatzes die Vorgehensweise bestimmte (Abbildung 5.10). Während kleinere und festsitzende Arten von Zahnersatz den Haupteinsatzbereich von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen darstellten, bildeten zahnmedizinische Hilfsmittel, wie Aufbissbehelfe, Retentionsschienen und Bohrschablonen hingegen den größten Anwendungsbereich von 3D-Druckern. Überdies zeigte sich ein abnehmender Einsatz von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen mit einer Zunahme der Zahnersatzgröße. Zwar gaben einige Zahnärzte an, herausnehmbare Ganzkieferversorgungen bereits digital herzustellen, dennoch stellte diese Art des Zahnersatzes eine Seltenheit für den digitalen Workflow dar.

Sowohl an der Tatsache, dass Intraoralscanner weiter verbreitet waren als CAD/CAM-Fräsen und 3D-Drucker als auch an deren Nutzungshäufigkeit und Einsatzbereich ist festzustellen, dass Intraoralscans immer noch zu einem Großteil von zahntechnischen Laboren zur Herstellung von Zahnersatz weiterverarbeitet wurden.

Ergebnisse

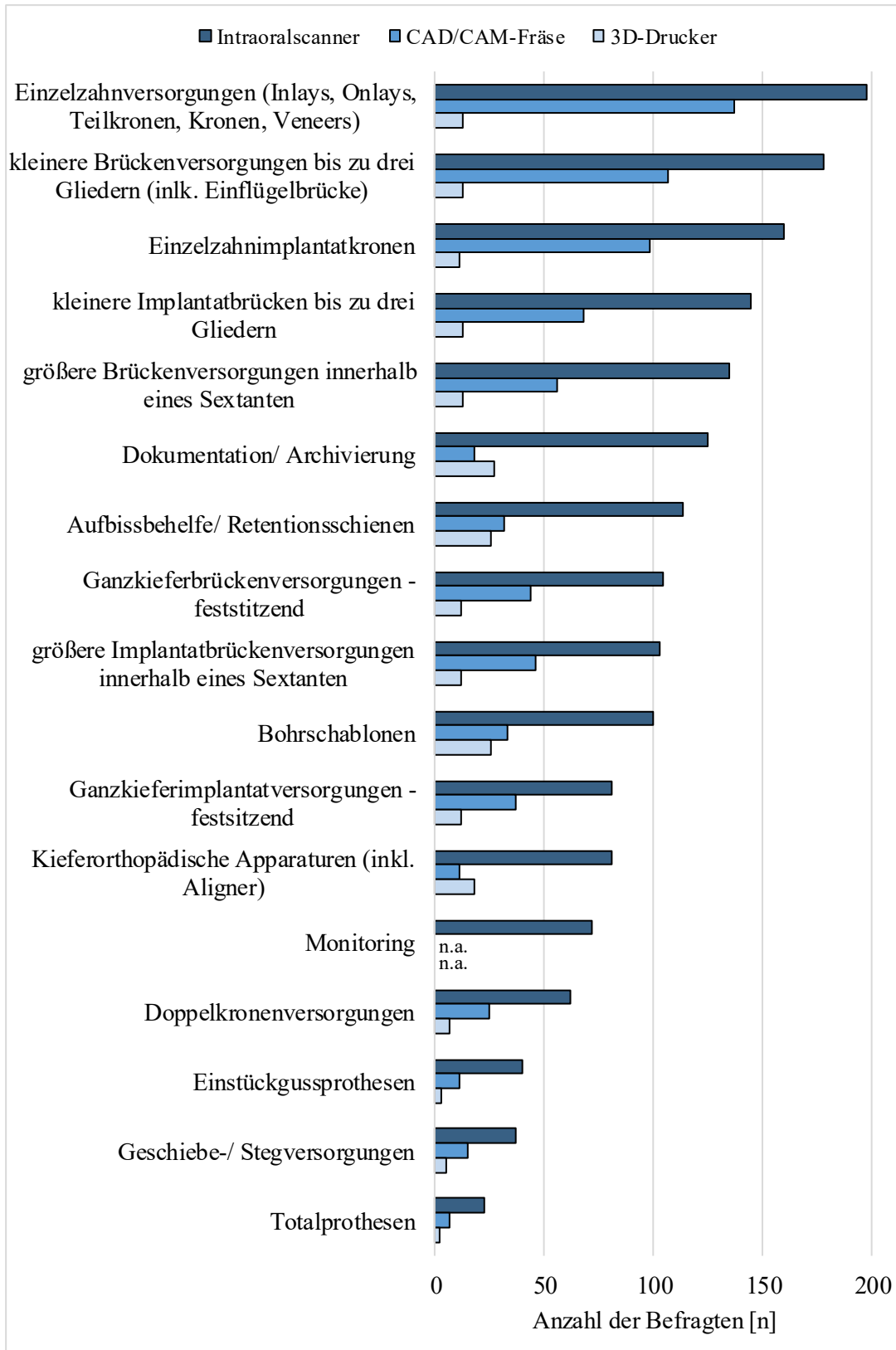


Abbildung 5.10: Einsatz von Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen oder 3D-Druckern nach Art von feststehendem und herausnehmbarem Zahnersatz bzw. zahnmedizinischen Hilfsmitteln, innerhalb der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der Zahnärzte, welche die jeweilige Technologie für die zahnärztliche Behandlung verwenden; Studiengruppe LZK).

5.2.4 Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin

Anhand einer fünfstufigen Likert-Skala (n=624, 1=sehr negativ, 5=sehr positiv) bewerteten die Befragten die Digitalisierung in der Zahnmedizin im Allgemeinen insgesamt mit einem Mittelwert von 3,6 als eher positiv. Während die digitale Röntgendiagnostik und digitale Lösungen zur Praxisverwaltung mehrheitlich sehr positiv bzw. eher positiv bewertet wurden, zeigten die Befragten eine eher negative bis sehr negative Einstellung gegenüber dem Einsatz der Telemedizin, der Onlineterminvergabe und der Nutzung von Social-Media-Kanälen. Der Einsatz von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien wurde zwar überwiegend eher positiv bis sehr positiv bewertet, aber dennoch zeigten einige Zahnärzte eine eher zurückhaltende Einstellung gegenüber diesen Technologien (Abbildung 5.11).

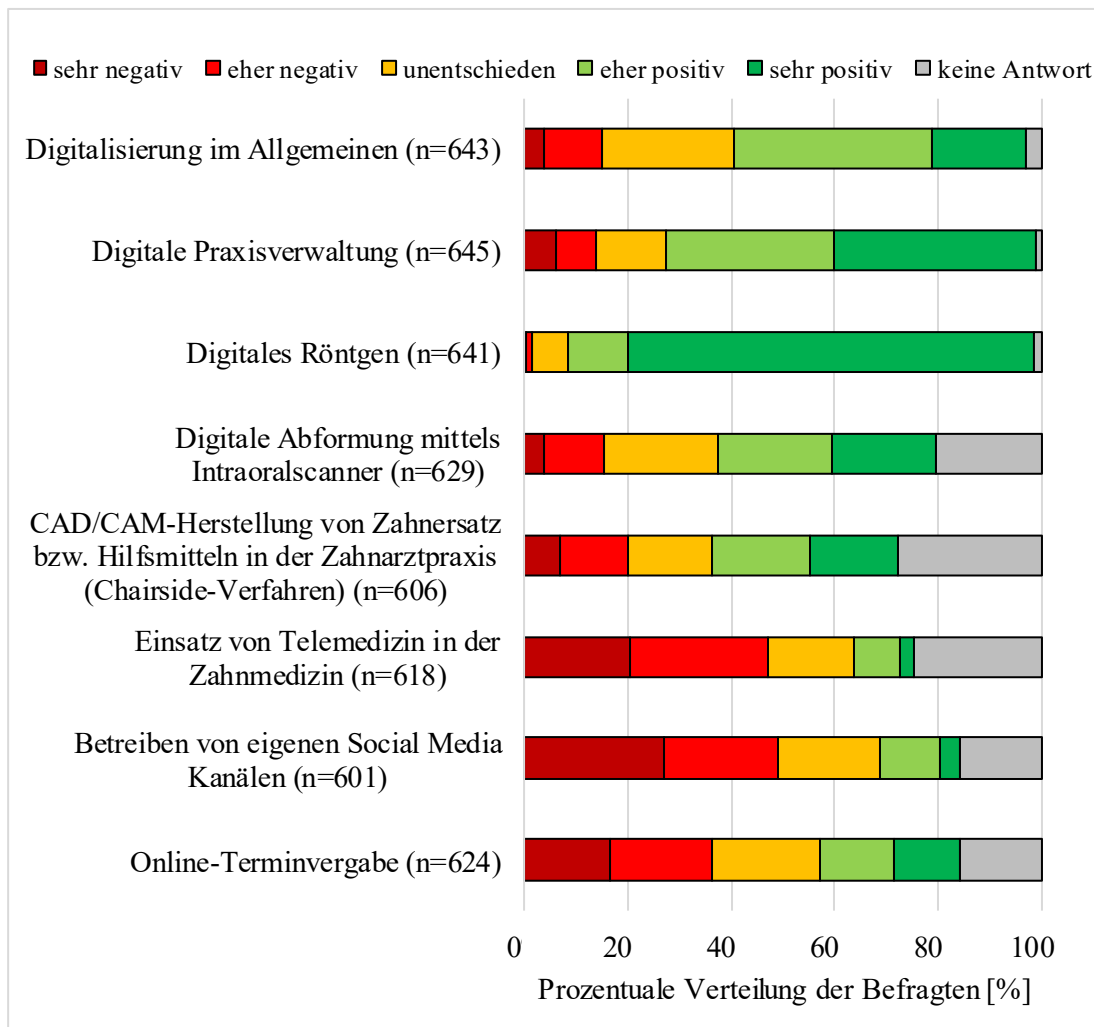


Abbildung 5.11: Einstellung der Befragten zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).

Die Abbildung 5.12 zeigt die Beweggründe zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis derjenigen Zahnärzte, welche Technologien des digitalen Workflows in ihrer Praxis verwendeten. Viele Zahnärzte stimmten zu oder sogar voll und ganz zu, dass sie weniger Lagerflächen benötigten (n=400), die Modernität ihrer Praxis hervorgehoben (n=364) und der Patientenkomfort erhöht werden würde (n=336). Einer Reduktion des Verwaltungsaufwands (n=278) und Einsparung von Behandlungszeit (n=276) stimmte die knappe Mehrheit zu. Gründe wie die Gewinnung neuer Patienten (n=181) oder Mitarbeiter (n=150) und die Steigerung des Umsatzes (n=148) stellten dagegen keine Hauptfaktoren zur Beschaffung digitaler Technologien dar.

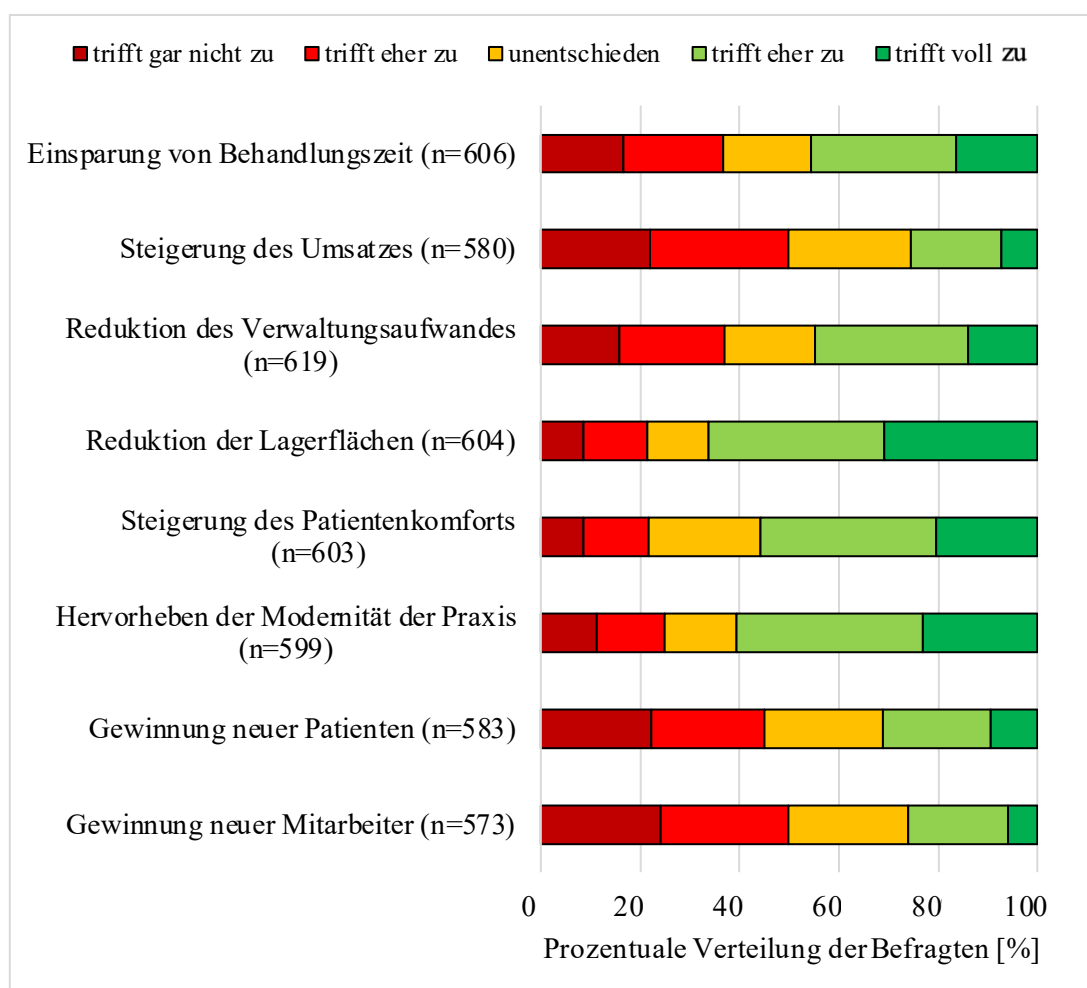


Abbildung 5.12: Detaillierte Informationen zu den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).

Die Abbildung 5.13 zeigt Hürden derjenigen Zahnärzte, welche noch keine Technologien des digitalen Workflows in ihrer Praxis verwendeten. Die meisten Zahnärzte begründeten den Verzicht dadurch, dass digitale Technologien für die Praxis

nicht wirtschaftlich seien (n=179) und häufig Unklarheiten bezüglich der Abrechnung digital erbrachter Leistungen bestünden (n=158). Aber auch personelle Gründe, wie ein Wissensdefizit über digitale Technologien (n=118) oder ein vollständig analog aufgestelltes Praxisteam (n=112) bzw. Dentallabor (n=103) fanden Zustimmung von einigen Zahnärzten. Dabei zu beachten ist, dass jede vorgegebene Aussage zwar bei einigen Zahnärzten Zustimmung erlangte, jedoch die Mehrheit der Zahnärzte die jeweilige Aussage dementierte.

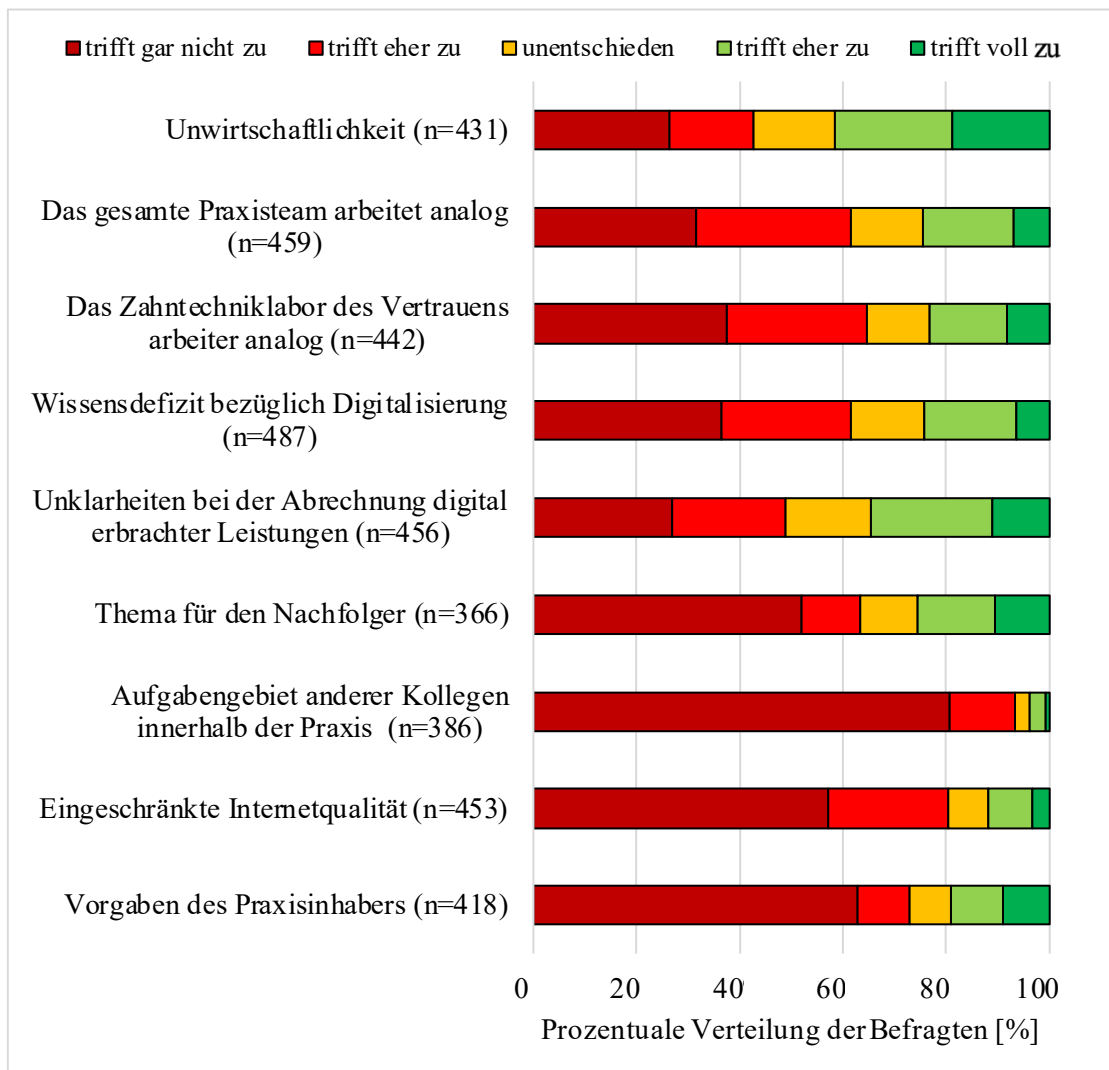


Abbildung 5.13: Detaillierte Informationen über die Begründungen des Verzichtes auf digitale Technologien in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).

Während einige Zahnärzte den Aussagen, sich durch die voranschreitende Digitalisierung motiviert zu fühlen, ihr Wissen um digitale Möglichkeiten in der Zahnarztpraxis zu erweitern (n=284) und ihren Workflow zu optimieren (n=299) zustimmten oder sogar voll und ganz zustimmten (n=229) war dies nur bei geringfügig

weniger Zahnärzten nicht der Fall (n=217). Dagegen gaben insgesamt 160 Zahnärzte an, sich durch die Digitalisierung beruflich einem dauerhaften Anpassungsdruck ausgesetzt zu fühlen. Hierbei zu berücksichtigen ist, dass 140 derjenigen Zahnärzte, welche sich einem Anpassungsdruck ausgesetzt fühlten, sich gleichzeitig wie zuvor beschrieben, durch die Digitalisierung motiviert fühlten ihren Workflow zu optimieren. Insgesamt stimmten 100 Zahnärzte der Aussage zu oder sogar voll und ganz zu, dass sie sich nicht für die Digitalisierung interessierten. Dagegen gaben 425 Zahnärzte im Umkehrschluss an sich für die Digitalisierung zu interessieren (Abbildung 5.14).

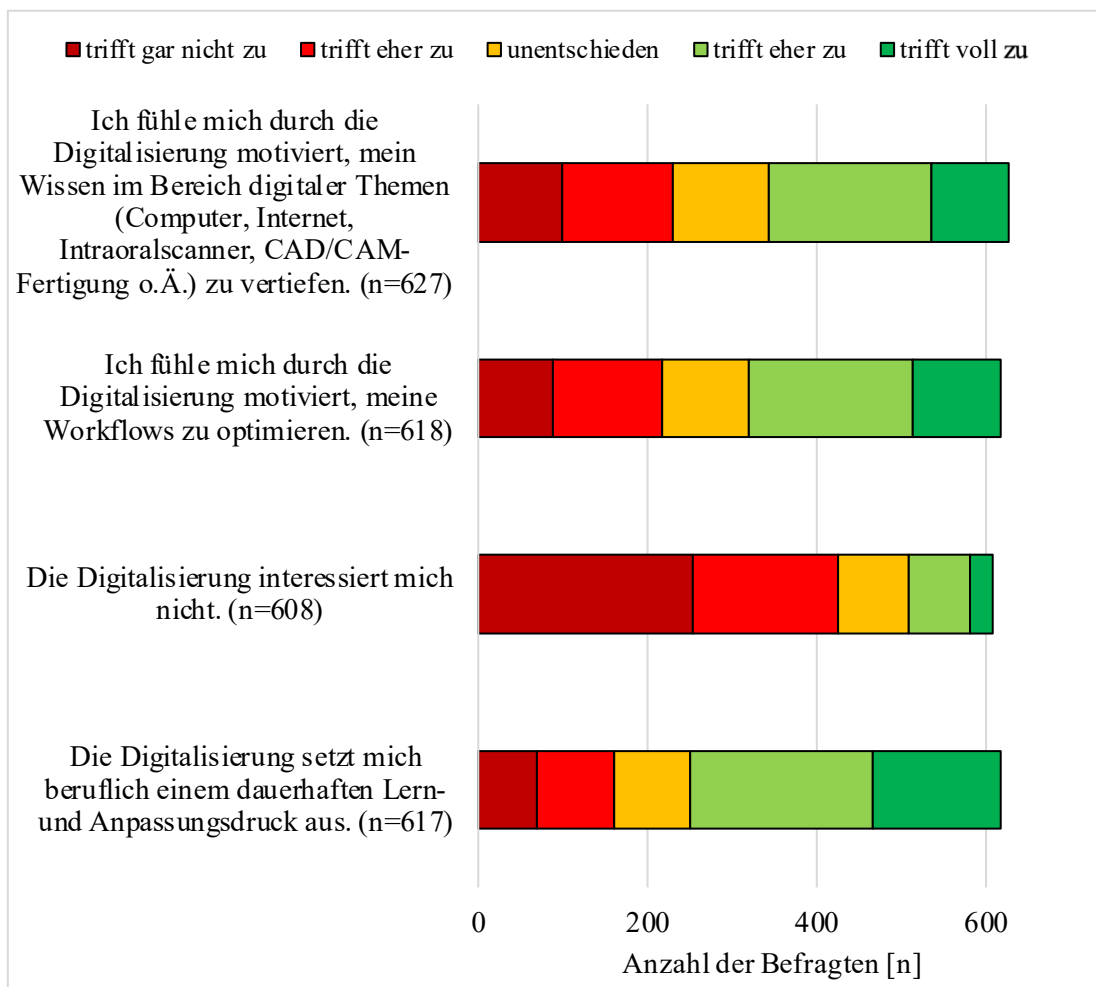


Abbildung 5.14: Detaillierte Informationen zur Einstellung der Befragten zur Digitalisierung in der Zahnmedizin anhand vorgegebener Aussagen (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).

Neben den zuvor erläuterten Gründen für und gegen den Einsatz digitaler Technologien, wurde die Einstellung zum Thema Digitalisierung auf beeinflussende Faktoren durch demografische Daten der Teilnehmer untersucht. Bei Betrachtung der anhand einer Likert-Skala erreichten Mittelwerte, lässt sich erkennen, dass Frauen durchweg eine

tendenziell positivere Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin aufwiesen als Männer (Tabelle 13.8). Der Zusammenhang mit dem Geschlecht erwies sich für die digitale Abformung ($p < 0,05$, Mann-Whitney-U-Test), die Telemedizin ($p < 0,05$, Mann-Whitney-U-Test) und das Betreiben von Social-Media-Kanälen ($p = p < 0,05$, Mann-Whitney-U-Test) als statistisch signifikant.

Eine Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho zeigte, dass Zahnärzte eine positivere Einstellung gegenüber digitalen Technologien aufwiesen, je jünger sie waren, je geringer die Anzahl der aktiven Berufsjahre war, je höher der zugeordnete Digitalisierungsgrad war, je mehr Zahnärzte innerhalb einer Praxis arbeiteten und je höher die Einwohnerzahl des Praxisstandortes war. Zu beachten ist, dass viele dieser schwachen bis mittelstarken Zusammenhänge statistisch signifikant ausgefallen sind (Tabelle 13.9).

Darüber hinaus stimmten Zahnärzte mit einem höheren Digitalisierungsgrad allen angebotenen Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien signifikant häufiger zu, wobei die Zusammenhänge zwischen der technologischen Ausstattung und den Beweggründen, mit Ausnahme reduzierter Lagerflächen und einer Einsparung der Behandlungszeit, als mittelstark zu interpretieren sind (Tabelle 13.10).

Hinsichtlich weiterer beeinflussender Faktoren auf die Einstellung zum Thema Digitalisierung schien außerdem die Nutzungshäufigkeit digitaler Technologien eine Rolle zu spielen. Anhand einer Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho (Tabelle 13.11) zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien und der Bewertung derselben. Dabei beeinflusste eine zunehmende Verwendung von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien die Einstellung zum Einsatz derselben als auch der jeweils anderen Technologie positiv. Der Zusammenhang zwischen der Nutzungsintensität von Intraoralscannern bzw. CAD/CAM-Technologien und der Einstellung hinsichtlich des Einsatzes von Intraoralscannern erwies sich nach Cohen als stark. In Bezug auf die Einstellung hinsichtlich des Einsatzes von CAD/CAM-Technologien innerhalb der Zahnarztpraxis wurde ein mittelstarker bis starker Zusammenhang festgestellt.

Zudem stimmen die Zahnärzte den in Tabelle 13.11 dargestellten Beweggründen mit steigender Nutzungshäufigkeit von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien häufiger zu. Die Ergebnisse waren für den Zusammenhang mit Intraoralscannern für alle dargebotenen Beweggründe statistisch signifikant, jedoch nach Cohen als schwach

bis mittelstark zu interpretieren. Dahingegen zeigte sich ein statistisch signifikanter und starker Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit von CAD/CAM-Technologien und einer wahrgenommenen Umsatzsteigerung.

Hinsichtlich des Wissenserwerbs über digitale Technologien in der Zahnarztpraxis, gaben die meisten Zahnärzte an, Informationen durch ein Selbststudium mithilfe von Fachzeitschriften (n=388) erworben zu haben, gefolgt von Fortbildungsangeboten der (Landes-) Zahnärztekammern (n=220), der Dentalindustrie (n=198) bzw. Dentaldepots (n=174) oder durch Einweisung seitens eines Dentallabors (n=131). Einige Zahnärzte nutzten Social-Media-Plattformen (n=108) für den Erwerb von Informationen über digitale Technologien und wiederum andere erweiterten ihr Wissen durch kollegiale Beratung bzw. Hospitationen in anderen Praxen (n=91). Nur 76 Zahnärzte gaben an, dass Inhalte über oder der Gebrauch von digitalen Technologien bereits Bestandteil ihres Zahnmedizinstudiums gewesen seien. Eine Unternehmensberatung wurde nur selten für den Informationserwerb herangezogen (n=17). Des Weiteren äußerten insgesamt 242 Zahnärzte den Wunsch nach Fortbildungen zu dem Thema Digitalisierung von ihrer (Landes-) Zahnärztekammer, wobei Konzepte zur digitalen Praxisverwaltung, Intraoralscanner sowie Chairside- und Labsidelösungen zur Herstellung von Zahnersatz, Abrechnung digital erbrachter Leistungen und die Daten- und Rechtssicherheit relevante Themen für die Befragten darstellten.

Wie die Tabelle 13.12 zeigt, tendierten Zahnärzte, welche bereits ein Fortbildungsangebot zum Thema Digitalisierung wahrgenommen haben, zu einer positiveren Einstellung gegenüber der Digitalisierung. Diesbezüglich standen die Einstellung der Zahnärzte zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis sowohl im Allgemeinen (Mann-Whitney-Test, $p=0,002$) als auch im Speziellen, bei der digitalen Praxisverwaltung (Mann-Whitney-Test, $p=0,050$) und digitalen Abformung (Mann-Whitney-Test, $p<0,001$) in einem statistisch signifikanten Zusammenhang mit bereits wahrgenommenen Fortbildungen zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin.

Insgesamt machten 542 der Befragten Angaben zu Plänen bezüglich zukünftiger Digitalisierungsmaßnahmen ihrer Zahnarztpraxis. Dabei gaben 111 Zahnärzte ein Vorhaben an, ihre Praxis innerhalb eines Jahres erstmals bzw. weiter zu digitalisieren und weitere 200 Zahnärzte planten eine Digitalisierung innerhalb der nächsten fünf Jahre. Nur 30 Zahnärzte nahmen sich einen Zeithorizont von zehn Jahren vor. Dahingegen lehnten 201 Zahnärzte eine grundsätzliche oder weitere Digitalisierung

ihrer Zahnarztpraxis für die nächsten zehn Jahre gänzlich ab. Im Rahmen dieser Digitalisierungsmaßnahmen planten die meisten Zahnärzte den Erwerb von Intraoralscannern (n=185), gefolgt von Softwaresystemen für die Praxisverwaltung (n=132) und die Materialverwaltung (n=106), 3D-Druckern (n=90), digitalen Röntengeräten (n=60) oder CAD/CAM-Fräsen (n=52) und einige Zahnärzte nahmen sich vor, zukünftig durch Social-Media-Kanäle (n=68) präsent zu werden bzw. ihre Präsenz weiter zu erhöhen. In einer weiterführenden Analyse stellte sich heraus, dass Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgen sowie Zahnärzte, welche die Oralchirurgie zu einer ihrer drei Haupttätigkeitsfeldern zählten, signifikant häufiger Digitalisierungsmaßnahmen planten als diejenigen, welche andere Haupttätigkeitsfelder wählten ($p < 0,05$, Chi² N-1-Test). Dahingegen lagen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen den Digitalisierungsplänen und den Haupttätigkeitsfeldern konservierende Zahnheilkunde ($p=0,942$, Chi² N-1-Test), Endodontie ($p=0,378$, Chi² N-1-Test), Parodontologie ($p=0,087$, Chi² N-1-Test), Zahnärztliche Prothetik ($p=0,43$, Chi² N-1-Test), Kieferorthopädie ($p=0,48$, Chi² N-1-Test), Kinderzahnheilkunde ($p=0,519$, Chi² N-1-Test) und Prävention ($p=0,383$, Chi² N-1-Test) vor.

5.3 Ergebnisse der Befragung von DGCZ-Mitgliedern

5.3.1 Studiengruppe DGCZ

An der bundesweiten Befragung von DGCZ-Mitgliedern nahmen insgesamt 216 Zahnärzte teil, was einer Rücklaufquote 13,0 % entspricht.

Der Altersdurchschnitt der Studiengruppe DGCZ lag bei $54,2 \pm 9,0$ Jahren und wich somit nur 1,1 Jahr vom Altersdurchschnitt aller DGCZ-Mitglieder ($53,1$ Jahre $\pm 7,2$ Jahre) ab. Anhand der Abbildung 5.15 wird deutlich, dass insbesondere die jüngeren Altersgruppen in der Studiengruppe DGCZ schwächer vertreten waren, was jedoch mit den Basisdaten aller DGCZ-Mitglieder vergleichbar ist.

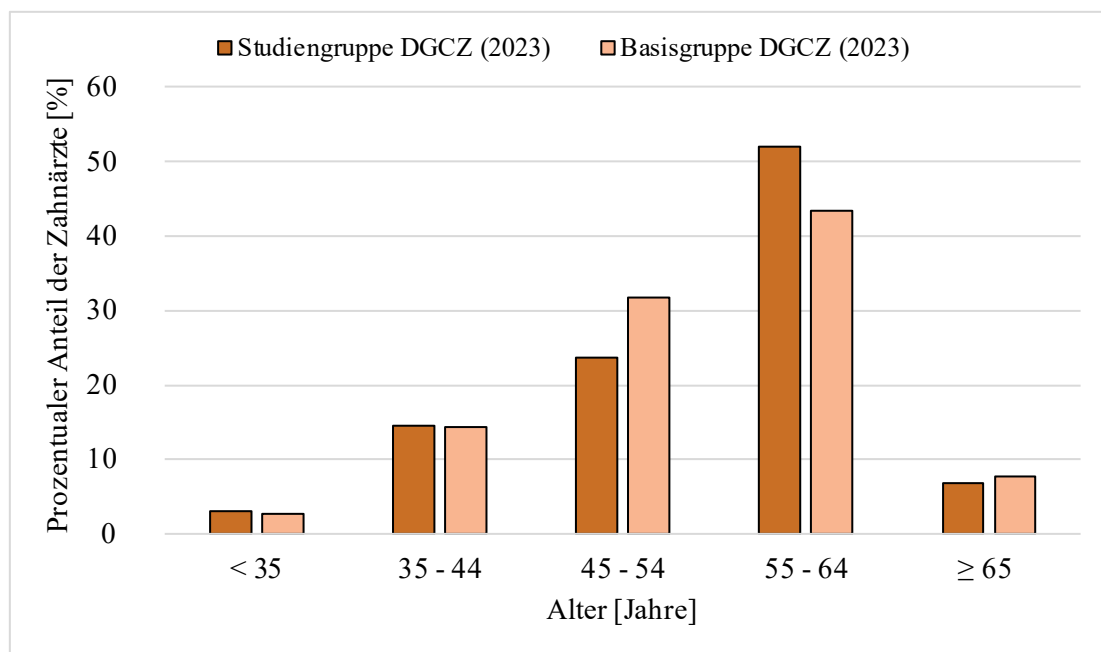


Abbildung 5.15: Informationen zur Altersstruktur der Studienteilnehmer innerhalb der Studiengruppe DGCZ im Vergleich zu allen registrierten DGCZ-Mitgliedern (Basisgruppe DGCZ).

Der Frauenanteil der Studiengruppe DGCZ lag bei 24,2 % und wich somit nur geringfügig von den Verteilungen innerhalb der Basisgruppe DGCZ (25,2 % Frauen) ab. Es waren 123 Praxisinhaber unter den DGCZ-Mitgliedern vertreten, wobei die Mehrheit angab, ihre Praxis ohne weitere Partner zu betreiben (n=94) und nur sieben Zahnärzte gaben an, in einer Praxis angestellt zu sein. Des Weiteren war ein Großteil der Zahnärzte in einer Vollzeitbeschäftigung (n=117), während nur wenige DGCZ-Mitglieder eine Teilzeitbeschäftigung (n=11) angaben. Im Unterschied zur Studiengruppe LZK arbeiteten 59,2 % der DGCZ-Mitglieder mit zwei bis vier Zahnärzten innerhalb der Praxis zusammen, während die Gruppe der Zahnärzte in Einzelzahnarztpraxen mit einem Anteil von 34,4 % etwas geringer vertreten war. Dagegen fiel der Anteil derjenigen Zahnärzte, welche mit fünf bis zehn Kollegen (4,8 %), bzw. derjenigen, welche mit elf oder mehr Kollegen (1,6 %) innerhalb einer Praxis zusammenarbeiteten, deutlich geringer aus.

Wie bei der Studiengruppe LZK stellten die Zahnärztliche Prothetik (n=99) die allgemeine Zahnheilkunde (n=93) und die konservierende Zahnheilkunde (n=61) die drei Haupttätigkeitsfelder von DGCZ-Mitgliedern dar. Ferner nahmen zwar Fachzahnärzte für Kieferorthopädie (n=8) an der Befragung teil, Fachzahnärzte für Oralchirurgie und Fachärzte für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie waren jedoch nicht in der Studiengruppe DGCZ vertreten.

In Hinblick auf die Standortbeteiligung arbeiteten die meisten DGCZ-Mitglieder in großen Großstädten. Insgesamt ist die Verteilung auf städtische bzw. ländliche Gebiete jedoch mit der der Studiengruppe LZK vergleichbar (Abbildung 5.16).

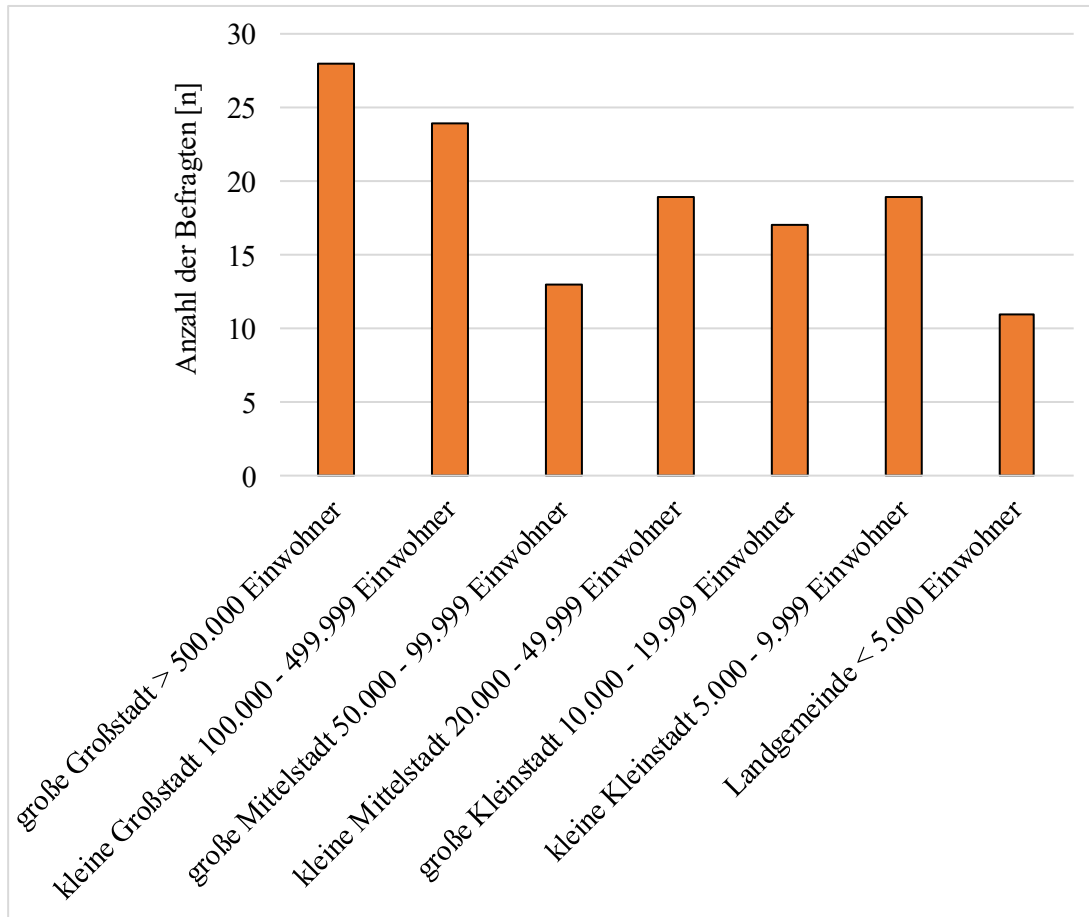


Abbildung 5.16: Detaillierte Informationen zur prozentualen Standortverteilung der Teilnehmer der Studiengruppe DGCZ in Bezug auf die Größe des Patienteneinzugsgebietes der Zahnarztpraxis, Studiengruppe DGCZ).

Anhand der angegebenen Postleitzahlen wurde ersichtlich, dass Zahnärzte aus allen 17 (Landes-) Zahnärztekammern Deutschlands bei der bundesweiten Befragung der DGCZ-Mitglieder vertreten waren (Abbildung 5.17).

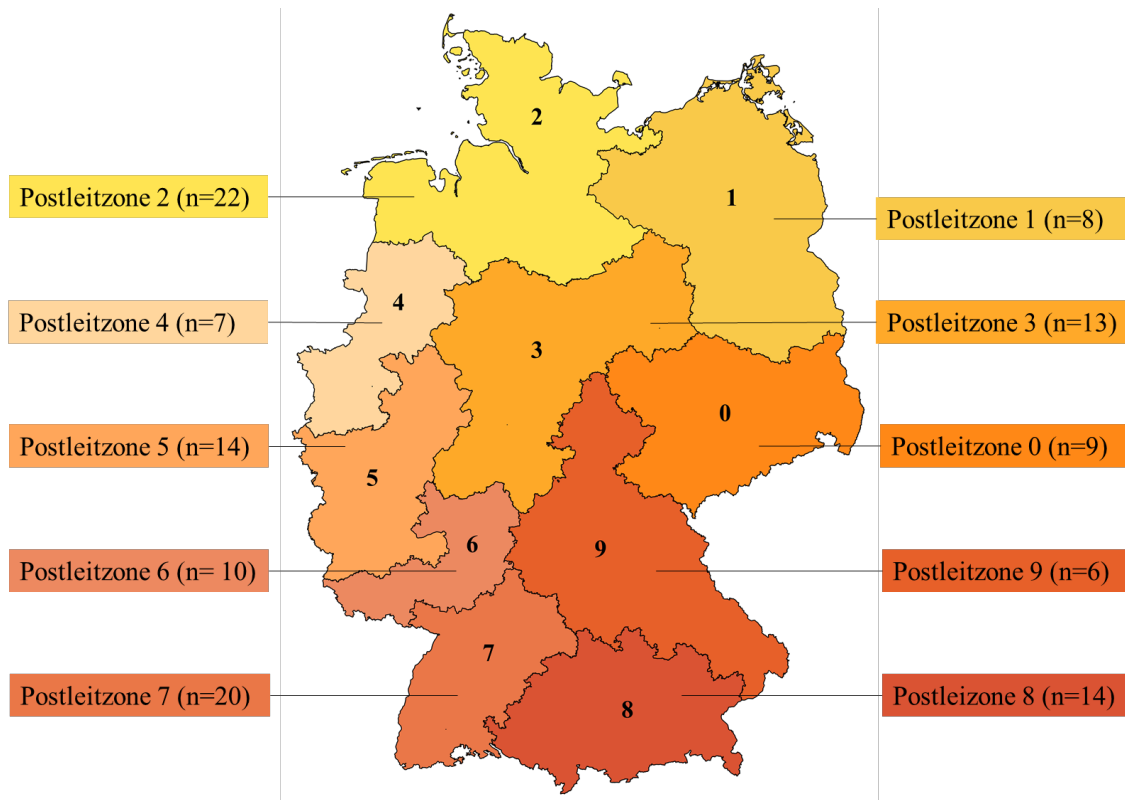


Abbildung 5.17: Detaillierte Informationen zur Standortbeteiligung der Teilnehmer. Unterteilung Deutschlands nach Postleitzonen (Studiengruppe DGCZ).

5.3.2 Ausstattung von Zahnarztpraxen der DGCZ-Mitglieder

Anhand der Abbildung 5.18 wird ersichtlich, dass fast alle teilnehmenden DGCZ-Mitglieder ausschließlich mit digitalen Röntgensystemen in Form von Orthopantomographen und Tubusgeräten (n=168) arbeiteten, gefolgt von digitalen Terminkalendern (n=155) und digitalen Patientenakten (n=141) und etwa die Hälfte gab an, ein DVT (n=75) zu besitzen. Ferner setzten einige DGCZ-Mitglieder bei der Materialverwaltung (n=73), der Patientenanamnese (n=53) und -aufklärung (n=37) sowie bei der Terminvergabe (n=32) auf rein digitale Methoden. Dennoch konnte auch bei DGCZ-Mitgliedern insbesondere bei der Patientenaufklärung (n=74) und -anamnese (n=73) sowie der Terminvergabe (n=67) ein hoher Anteil des rein analogen Vorgehens festgestellt werden. Darüber hinaus ließ sich erkennen, dass in den Bereichen der Archivierung von Modellen und Patientenkommunikation sowohl analoge als auch digitale Möglichkeiten parallel genutzt wurden.

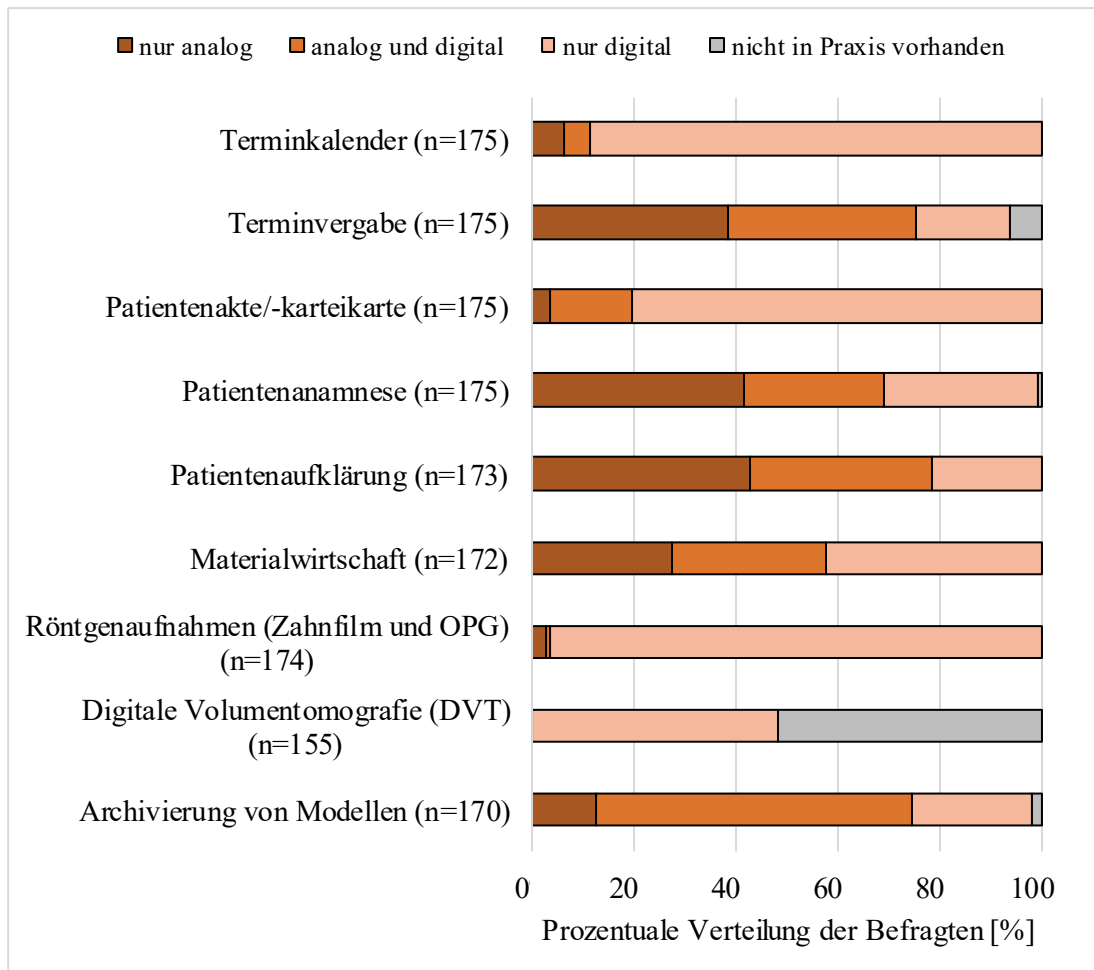


Abbildung 5.18: Detaillierte Informationen über die Ausstattung von Zahnarztpraxen verteilt auf die ausschließlich analoge, analoge und digitale und ausschließlich digitale Nutzung (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).

Wie die Abbildung 5.19 zeigt, waren Technologien des digitalen Workflows mehrheitlich in den Zahnarztpraxen der DGCZ-Mitglieder vorhanden. Es wurde davon ausgegangen, dass alle Teilnehmer der Studiengruppe DGCZ über einen Intraoralscanner verfügen. Zudem besaßen 166 Teilnehmer zusätzlich eine CAD/CAM-Fräse und 50 Teilnehmer einen 3D-Drucker.

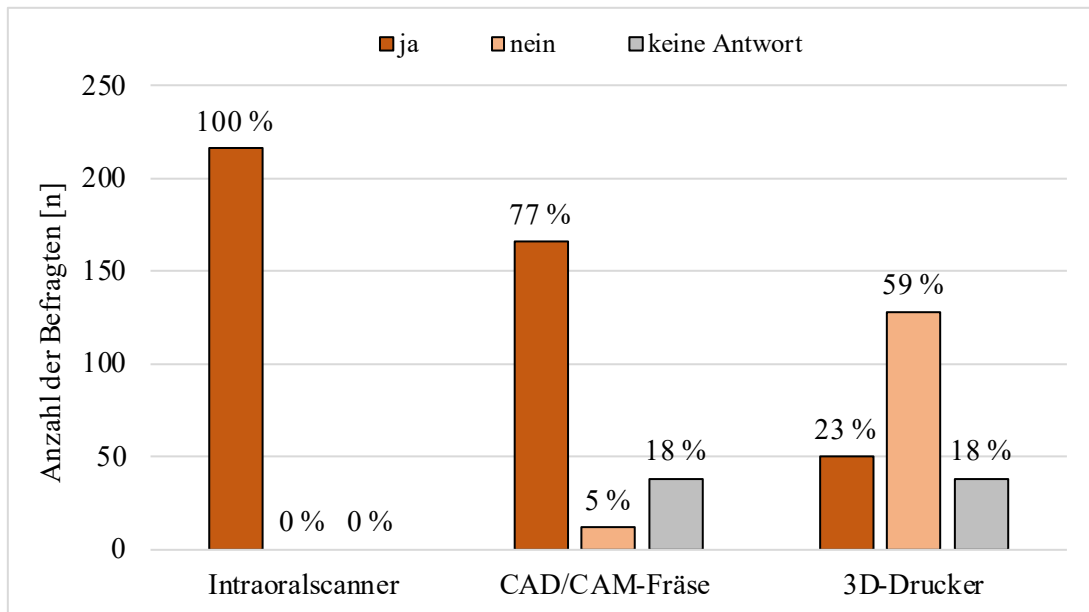


Abbildung 5.19: Detaillierte Informationen über die Ausstattung mit Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern, Studiengruppe DGCZ).

Innerhalb der Studiengruppe DGCZ ähnelte die durchschnittliche Dauer der Nutzung von Intraoralscannern ($15,2 \pm 8,6$ Jahre) derjenigen von CAD/CAM-Fräsen ($15,9 \pm 9,2$ Jahre), wohingegen diejenige von 3D-Druckern ($2,4 \pm 1,8$ Jahre) deutlich geringer war. Dies spiegelt sich in der maximalen Nutzungsdauer von Intraoralscannern (33 Jahre), CAD/CAM-Fräsen (30 Jahre) und 3D-Druckern (6 Jahre) wider. Überdies zeigte sich, dass die Mehrheit der DGCZ-Mitglieder bereits seit über einer Dekade auf den Einsatz von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen setze, während 3D-Drucker insbesondere innerhalb der letzten zwei Jahre erworben wurden (Abbildung 5.20).

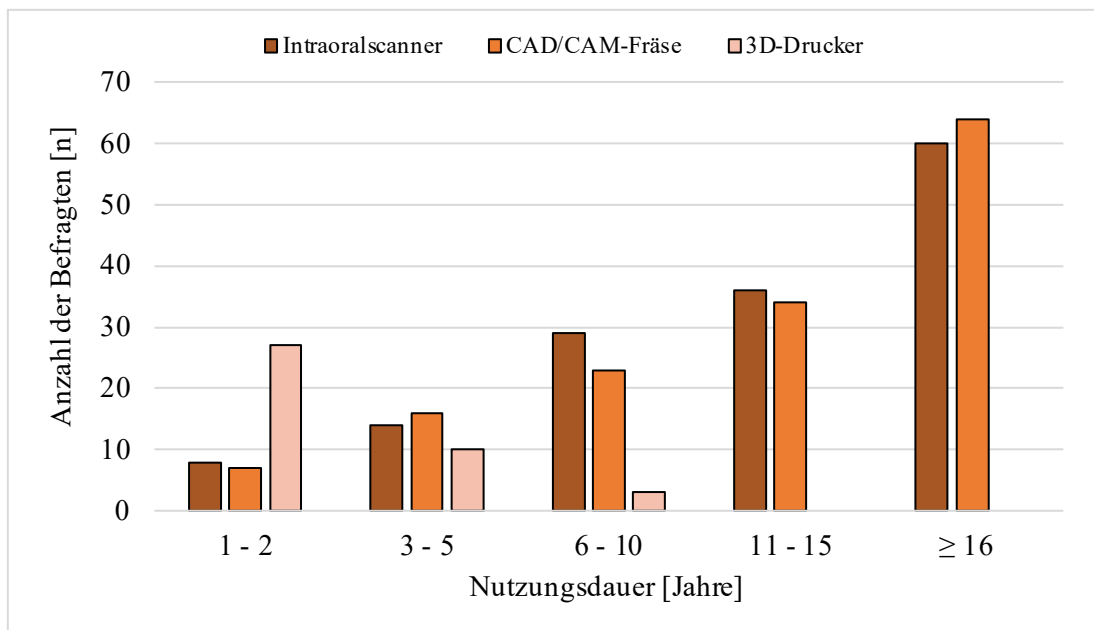


Abbildung 5.20: Detaillierte Informationen zur Nutzungsdauer von Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern (Studiengruppe DGCZ).

Hinsichtlich der Onlinepräsenz gaben die meisten DGCZ-Mitglieder an, über eine Praxiswebsite (n=161) zu verfügen, wohingegen weniger einen Account für die Zahnarztpraxis auf einer Social-Media-Plattform (n=74) anboten, gefolgt von einem Account auf einer Bewertungsplattform (n=67) und einem Praxisblog (n=11). Darüber hinaus standen viele Zahnärzte mit ihren Patienten über automatische Terminerinnerungen per E-Mail (n=117) im digitalen Kontakt. Der regelmäßige Versand von Newslettern per E-Mail (n=8) und telezahnmedizinische Leistungen, wie beispielsweise Videosprechstunden (n=6), wurden nur vereinzelt angeboten. Die präferierten Social-Media-Plattformen waren, wie bei der Studiengruppe LZK, Facebook (n=59) und Instagram (n=56). TikTok (n=11), Youtube (n=10), Twitter (n=6) und Telegram (n=1) wurden nur von wenigen Zahnärzten als Mittel der Onlinepräsenz gewählt. Wie bei der Studiengruppe LZK stellten Informationen über die Praxisausstattung (n=199) sowie über Behandlungsmöglichkeiten (n=194) und Zahnerkrankungen (n=146) die am meisten veröffentlichten Inhalte auf Praxiswebsites, Social-Media-Kanälen und Praxisblogs dar, gefolgt von Einblicken in den Praxisalltag (86), wissenschaftlichen Erkenntnissen (n=63), Patienten- und Behandlungsbeispielen (n=43) bzw. Vorher-/Nachherbildern (n=48). Unterhaltsame Videos mit (n=39) bzw. ohne zahnmedizinischen Bezug (n=17) wurden selten angeboten und beschränkten sich überwiegend auf Social-Media-Kanäle.

Neben dem Hervorheben der Modernität der eigenen Praxis (n=182) stellten die Gewinnung neuer Patienten (n=127) bzw. die Patientenbindung (n=109) die meistgenannten Beweggründe der Onlinepräsenz dar, gefolgt von der Wettbewerbsfähigkeit (n=141), Gewinnung neuer Mitarbeiter (n=131) bzw. Mitarbeiterbindung (n=66) und die Schulung von Patienten durch Vermittlung von Gesundheitsinformationen (n=95).

Während die Zuständigkeit bezüglich der Digitalisierung im Allgemeinen (n=148) und für die Ausstattung elektronischer Geräte (n=135) mehrheitlich bei den Praxisinhabern lag, setzten viele Zahnärzte der Studiengruppe DGCZ im Unterschied zur Studiengruppe LZK beim Thema Onlinepräsenz auf externe Agenturen. Zudem fiel neben dem Qualitätsmanagement auch die Onlinepräsenz in einigen Fällen in den Zuständigkeitsbereich von zahnmedizinischen Fachangestellten. Wie bei der Studiengruppe LZK waren angestellte Zahnärzte und Assistenz Zahnärzte nur in Einzelfällen für die Verwaltung digitaler Angelegenheiten zuständig.

5.3.3 Zahnärztliche Behandlung

Wie in der Abbildung 5.21 dargestellt, wies die zahnärztliche Behandlung durch DGCZ-Mitglieder einen hohen Einsatz digitaler Technologien auf. Insbesondere die Fotodokumentation (n=131), Planung von implantatprothetischen Zahnersatz (n=69) sowie kieferorthopädische Planungen (n=54) erfolgten bei der Mehrheit der DGCZ-Mitglieder ausschließlich digital. Trotz vorhandener Intraoralscanner formte ein kleiner Anteil der DGCZ-Mitglieder in einigen Fällen nur analog ab (Situationsabformung n=30, Präzisionsabformung n=7, Implantatabformung n=21). Dennoch zeigte sich, dass die Mehrheit der DGCZ-Mitglieder in nahezu allen erfragten Behandlungsschritten vorwiegend sowohl auf analoge als auch auf digitale Methoden setzte. Lediglich die Registrierung (n=89) und Kariesdiagnostik (n=60) wurden auch bei DGCZ-Mitgliedern noch von der ausschließlich analogen Vorgehensweise dominiert.

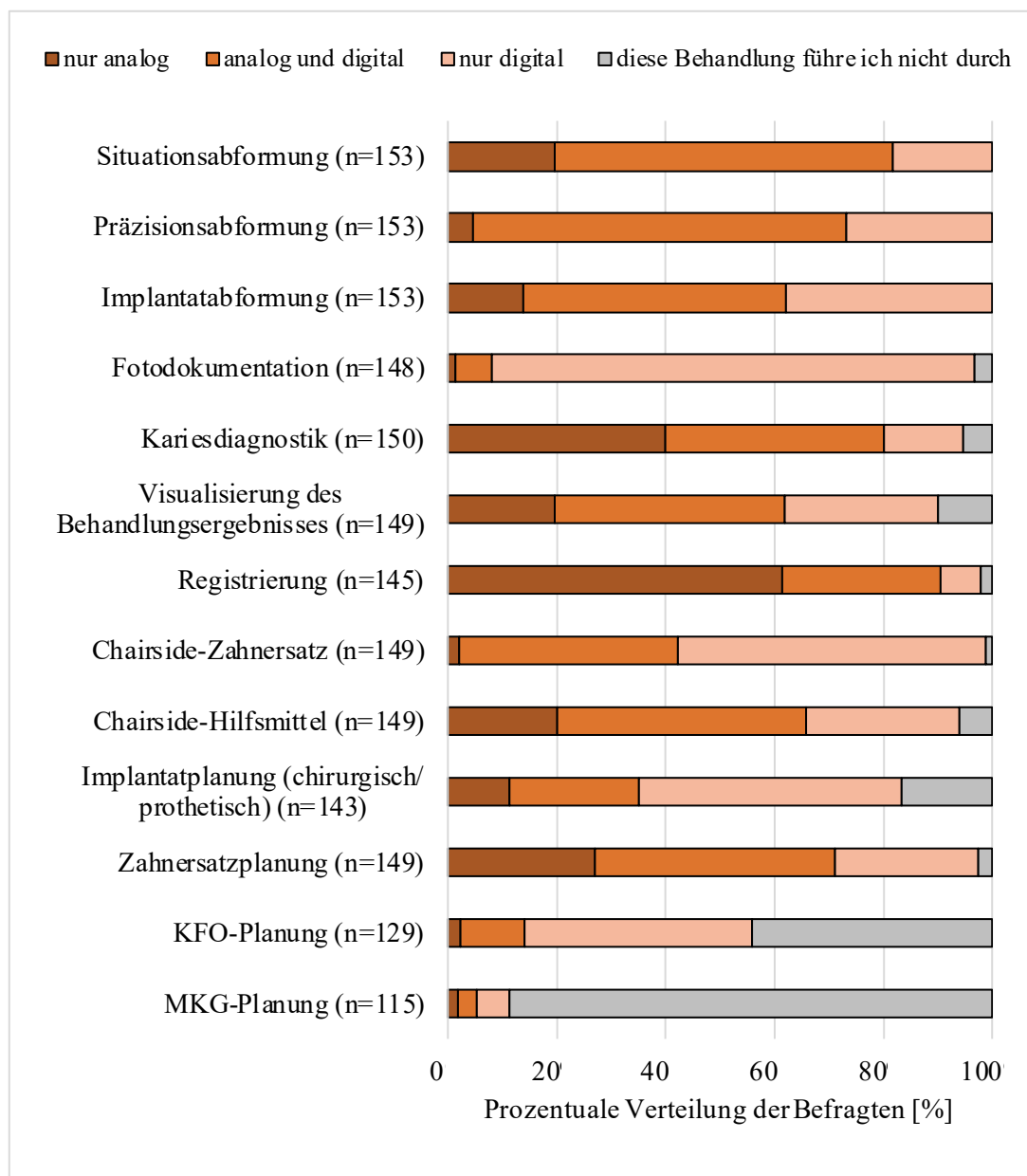


Abbildung 5.21: Zahnärztliche Behandlungen verteilt auf das ausschließlich analoge, analoge und digitale sowie ausschließlich digitale Vorgehen (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).

Anhand der Tabelle 5.4 wird ersichtlich, dass Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräsen von den meisten DGCZ-Mitgliedern eher häufig oder sehr häufig bei der Patientenbehandlung verwendet wurden, während 3D-Drucker nur sehr selten oder eher selten zum Einsatz kamen. Intraoralscanner wurden von DGCZ-Mitgliedern im Durchschnitt in $68,7 \pm 27,4$ % für Abformungen aller Art und CAD/CAM-Fräsen in $55,4 \pm 9,2$ % für die Herstellung von Chairsidezahnersatz herangezogen. Dahingegen wurden 3D-Drucker von denjenigen DGCZ-Mitgliedern, welche einen solchen besaßen, im Durchschnitt nur in $15,9 \pm 17,9$ % eingesetzt.

Tabelle 5.4: Detaillierte Informationen zum prozentualen Anteil des Einsatzes von Intraoralscannern sowie CAD/CAM-Technologien an der Patientenbehandlung (Studiengruppe DGCZ).

Anteil der Verwendung der Technologie an der Patientenbehandlung	Intraoralscanner [n] (%)	CAD/CAM-Fräsen [n] (%)	3D-Drucker [n] (%)
sehr selten (< 20 %)	11 (8)	25 (17)	26 (63)
eher selten (20-39 %)	15 (10)	18 (12)	10 (24)
moderat (40-59 %)	13 (9)	22 (15)	3 (7)
eher häufig (60-79 %)	36 (25)	36 (25)	1 (3)
sehr häufig (80-100 %)	71 (49)	44 (30)	1 (3)

Die Abbildung 5.22 zeigt den Einsatzbereich von Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern bezogen auf die Art des herzustellenden Zahnersatzes bei der Studiengruppe DGCZ. Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräsen kamen bei DGCZ-Mitgliedern im Rahmen von Einzelzahnversorgungen und kleinerer Brückenversorgungen ähnlich häufig zum Einsatz wie bei der Studiengruppe LZK. Intraoralscans wurden in dieser Größenordnung demnach häufig chairside weiterverarbeitet. Mit zunehmender Kieferspanne zeigte sich hingegen ein abnehmender Einsatz von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen. Dies zeigt, dass die Herstellung von herausnehmbaren oder langspannigen, festsitzenden Zahnersatz noch überwiegend durch ein zahntechnisches Labor erfolgte. Das Haupteinsatzgebiet von 3D-Druckern bei DGCZ-Mitgliedern wurde von zahnmedizinischen Hilfsmitteln, wie Bohrschablonen und Retentionsschienen sowie Modellen zur Archivierung dominiert.

Ergebnisse

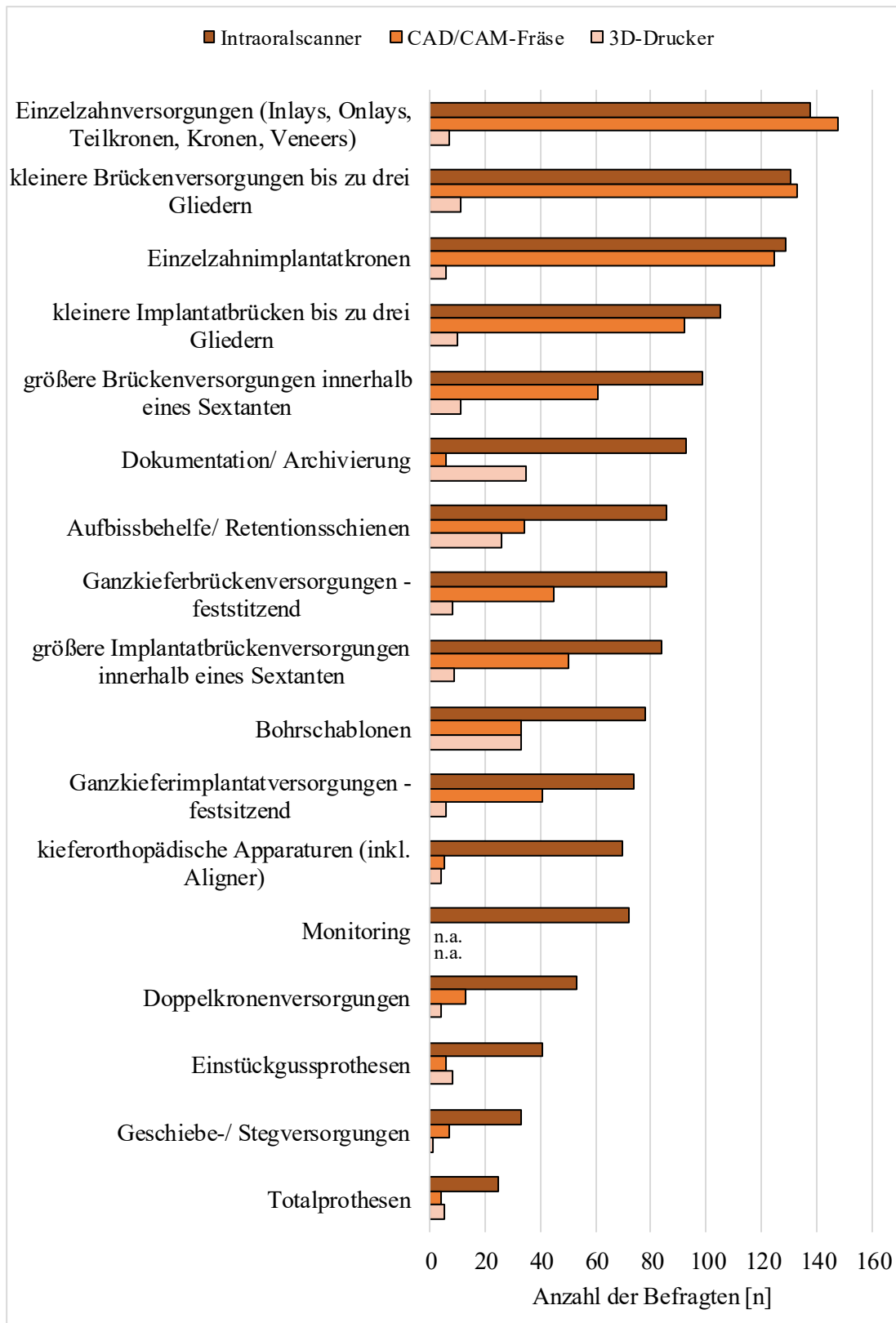


Abbildung 5.22: Art von feststehendem und herausnehmbarem Zahnersatz bzw. zahnmedizinischen Hilfsmitteln, bei denen Intraoralscanner, CAD/CAM-Fräsen oder 3D-Drucker zur Herstellung in der Zahnarztpraxis von den Befragten herangezogen werden. (n= Anzahl der Zahnärzte, welche die jeweilige Technologie für die zahnärztliche Behandlung verwenden; Studiengruppe DGCZ).

5.3.4 Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin

Die Abbildung 5.23 zeigt die Einstellung der Teilnehmer gegenüber der Digitalisierung in der Zahnmedizin anhand einer Likert-Skala (1=sehr negativ, 5=sehr positiv). Mit einem erreichten Mittelwert von 4,50 war die Einstellung der DGCZ-Mitglieder gegenüber der Digitalisierung in der Zahnmedizin im Allgemeinen sehr positiv. Dies wurde durch eine sehr positive Einstellung gegenüber der digitalen Röntgendiagnostik, dem Einsatz von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien sowie gegenüber der digitalen Praxisverwaltung verdeutlicht. Andererseits zeigte sich eine eher skeptische Einstellung gegenüber dem Einsatz der Telemedizin, dem Betreiben eines praxiseigenen Social-Media-Kanals und gegenüber der Onlineterminvergabe.

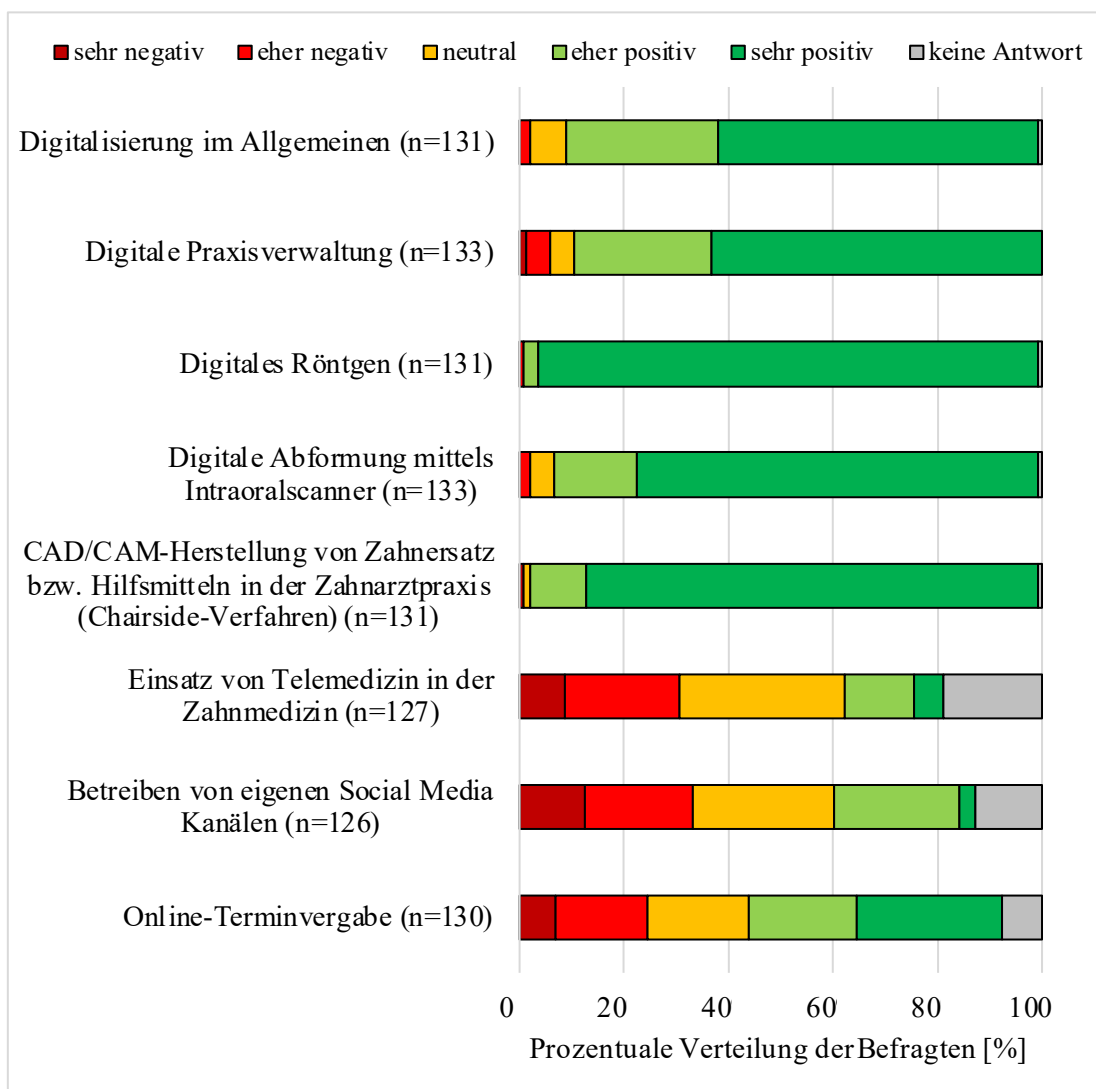


Abbildung 5.23: Einstellung der Befragten zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).

Innerhalb der Studiengruppe DGCZ zeigte sich ein geschlechtsspezifischer Unterschied hinsichtlich der Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin. Anhand der Tabelle 13.13 wird ersichtlich, dass weibliche DGCZ-Mitglieder die Digitalisierung sowohl im Allgemeinen als auch in allen speziellen Fragestellungen durchweg tendenziell positiver als ihre männlichen Kollegen bewerten. Der Zusammenhang mit dem Geschlecht erwies sich bezüglich der Einstellung zum Thema Digitalisierung in Zahnmedizin jedoch nur im Allgemeinen ($p < 0,05$, Mann-Whitney-Test) und der Onlineterminvergabe ($p < 0,05$, Mann-Whitney-Test) als statistisch signifikant.

Vor dem Hintergrund der Annahme, dass Mitglieder der DGCZ einen Intraoralscanner besitzen und somit ein Interesse an der Digitalisierung in der Zahnmedizin als gegeben angesehen wurde, wurden nur die Gründe zur Nutzung digitaler Technologien berücksichtigt. Die Befragten stimmten bei allen diesbezüglich zur Verfügung gestellten Antwortmöglichkeiten mehrheitlich zu oder sogar voll und ganz zu (Abbildung 5.24). Dabei erreichte das Hervorheben der Modernität der eigenen Praxis ($n=125$) die meiste Zustimmung der DGCZ-Mitglieder, gefolgt von einem erhöhten Patientenkomfort ($n=121$), reduzierten Lagerflächen ($n=109$), gesteigertem Umsatz ($n=104$), reduzierter Behandlungszeit ($n=98$), Gewinnung neuer Patienten ($n=97$), reduziertem Verwaltungsaufwand ($n=76$) und Gewinnung neuer Mitarbeiter ($n=55$).

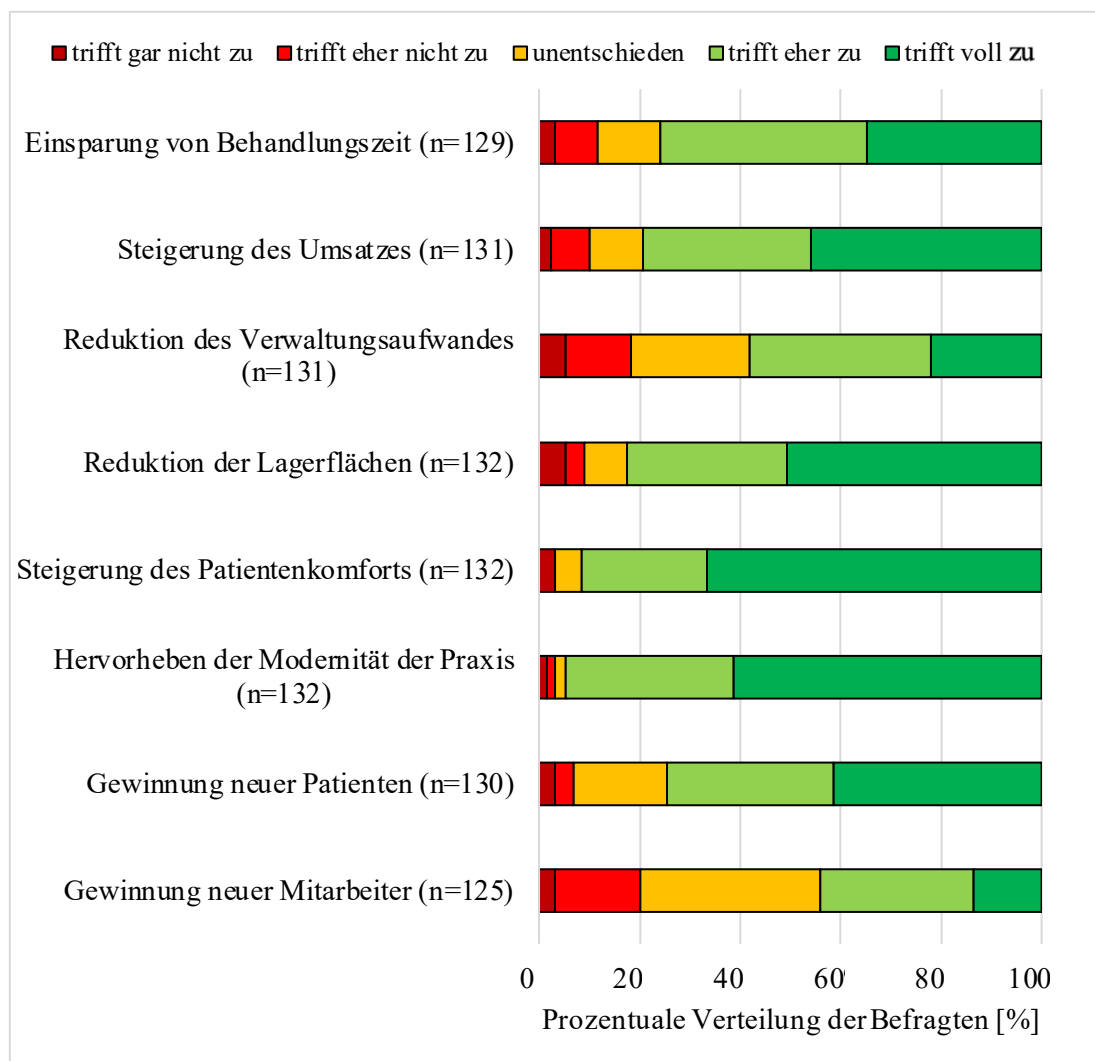


Abbildung 5.24 Detaillierte Informationen zu den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).

Bezüglich des Wissenserwerbs gaben die meisten DGCZ-Mitglieder an, ihr Wissen über digitale Technologien durch Fortbildungsangebote der DGCZ (n=122) erworben zu haben. Daneben stellte das Selbststudium mithilfe von Fachzeitschriften (n=77) für einen Großteil der Befragten eine gute Fortbildungsmöglichkeit dar. Des Weiteren nutzten einige Zahnärzte Fortbildungsangebote der Dentalindustrie (n=47) bzw. Dentaldepots (n=47), erweiterten ihr Wissen durch Hospitationen in anderen Praxen (n=29) oder durch ein Selbststudium über Social-Media-Kanäle (n=28) und nur wenige Zahnärzte erlangten ihr Wissen über die Digitalisierung durch Fortbildungsangebote der jeweiligen (Landes-) Zahnärztekammer (n=18), ein zahntechnisches Labor (n=15) oder kamen bereits im Studium mit digitalen Technologien in Kontakt (n=12). Eine Gemeinsamkeit aller Teilnehmer der Studiengruppe DGCZ ist eine bereits erfolgte Fortbildung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin auf einem beliebigen Weg.

Hinsichtlich weiterer Fortbildungen äußerten die Befragten Wünsche bezüglich Informationen über chairsidefähige CAD/CAM-Technologien im Allgemeinen, und digitale Herangehensweisen bei spezifischen und komplexen Patientenfällen. Darüber hinaus wünschten sich einige DGCZ-Mitglieder Informationen zur Datenverarbeitung und Datenschutz sowie zur Abrechnung digitaler Leistungen und Personalschulungen. Von 116 DGCZ-Mitgliedern, welche sich hinsichtlich ihrer Digitalisierungspläne äußerten, gaben 72 % (n=84) an, sich eine weitere Digitalisierung innerhalb der nächsten zehn Jahre vorzunehmen, wobei sich die Mehrheit auf einen Zeithorizont von einem (n=38) bzw. fünf Jahren (n=41) beschränkte. Dagegen lehnten 32 Zahnärzte eine weitere Digitalisierung innerhalb der nächsten zehn Jahre ab, wobei darunter viele kommentierten, dass sie zurzeit vollständig digitalisiert seien. Durch Betrachtung der Freitextkommentare wurde deutlich, dass insbesondere der 3D-Druck an Interesse gewonnen hat. Weitere Pläne umfassten die Anschaffung weiterer Intraoralscanner und Software für administrative Aufgaben.

5.4 Gegenüberstellung der Studiengruppen LZK und DGCZ

Die Ergebnisse beider Studiengruppen zeigen in allen betrachteten Kategorien statistisch signifikante Unterschiede. Wie in den Tabellen 13.14 bis 13.23 dargestellt, waren Zahnärzte der Studiengruppe DGCZ sowohl auf administrativer Ebene als auch in Hinsicht der Röntgendiagnostik und des digitalen Workflows häufiger digital ausgestattet als Zahnärzte der Studiengruppe LZK. Diese Unterschiede erwiesen hinsichtlich aller erfragten Technologien als statistisch signifikant ($p < 0,05$, Chi²-Test). Darüber hinaus waren DGCZ-Mitglieder im Unterschied zur Studiengruppe LZK länger mit Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen ausgestattet, während 3D-Drucker in beiden Studiengruppen durchschnittlich seit ähnlich langer Zeit verwendet wurden. Ein Vergleich von Abbildung 5.6 und Abbildung 5.20 zeigt, dass der Verlauf der Einführung von CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern in beiden Studien miteinander vergleichbar ist, wobei derjenige von 3D-Druckern bei DGCZ-Mitgliedern etwas steiler ansteigt.

Im Vergleich der Vorgehensweisen beider Studiengruppen hinsichtlich der Patientenbehandlung durch Betrachtung der Abbildung 5.7 und Abbildung 5.21 zeigt sich bei der Studiengruppe DGCZ eine Verschiebung in Richtung des digitalen Vorgehens über alle Behandlungsschritte hinweg. Die Unterschiede beider Studiengruppen sind in den Tabellen 13.24 und 13.25 aufgeführt und waren hinsichtlich

jedes einzelnen Behandlungsschrittes statistisch signifikant ($p < 0,05$, Chi²-Test bzw. $p < 0,05$, exakter Test nach Fisher).

Anhand der Abbildung 5.25 wird ersichtlich, dass in beiden Studiengruppen sowohl Zahnärzte vertreten waren, welche nur digital abformten als auch solche, welche trotz in der Praxis vorhandener Intraoralscanner nur konventionell abformten. Gleiches gilt für den Einsatz von CAD/CAM-Fräsen zur Herstellung von Zahnersatz im Chairsideverfahren (Abbildung 5.26). Dennoch zeigte sich ein statistisch signifikant höherer Einsatz von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen bei DGCZ-Mitgliedern im Vergleich zu Zahnärzten der Studiengruppe LZK ($p < 0,05$, Mann-Whitney-Test). Aufgrund einer teilweise hohen Varianzheterogenität wurde hierbei die Satterthwaite-Korrektur des T-Tests interpretiert.

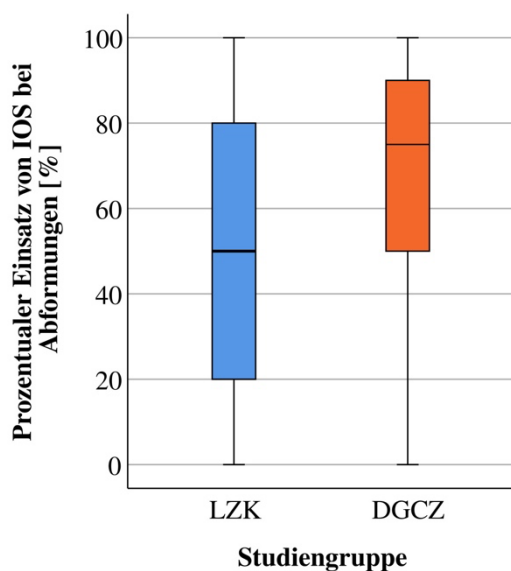


Abbildung 5.25: Vergleich der Studiengruppen LZK und DGCZ hinsichtlich des prozentualen Einsatzes von Intraoralscannern (IOS) bei Abformungen.

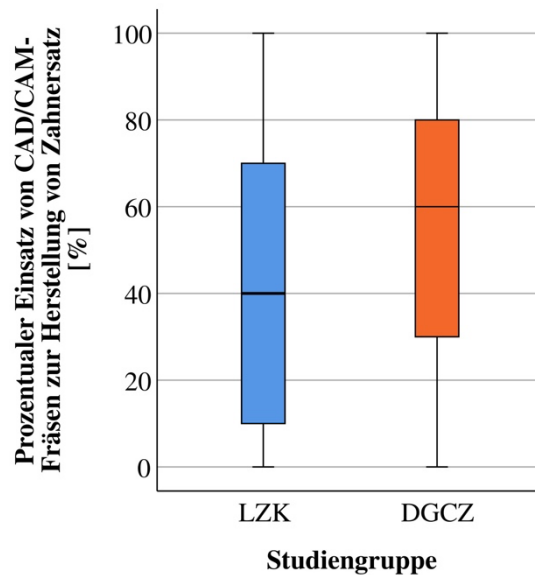


Abbildung 5.26: Vergleich der Studiengruppen LZK und DGCZ hinsichtlich des prozentualen Einsatzes von CAD/CAM-Fräsen zur Herstellung von Zahnersatz.

Der Einsatzbereich für Intraoralscanner, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Drucker zeigte für beide Studiengruppen insgesamt eine ähnliche Verteilung. Um Unterschied zur Studiengruppe LZK bildete neben der Herstellung von Bohrschablonen und Aufbissbehelfen bzw. Retentionsschienen zusätzlich die Herstellung von Modellen zwecks der Archivierung und Dokumentation den Haupteinsatzbereich von 3D-Druckern bei DGCZ-Mitgliedern. Darüber hinaus setzen DGCZ-Mitglieder

Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräsen ungefähr zu gleichen Anteilen bei der Herstellung von Einzelzahnersatz und kleinen Brücken bis zu drei Gliedern ein, wohingegen die Einsatzdifferenz beider Technologien bei größerem Zahnersatz dem der Studiengruppe LZK entspricht.

Bei der Betrachtung der Tabelle 13.8 und der Tabelle 13.13, sowie der Abbildung 5.11 und Abbildung 5.23 hinsichtlich der Einstellung zum Thema Digitalisierung im Vergleich, zeigt sich insgesamt ein ähnliches Muster für beide Studiengruppen. Dennoch fällt ein insgesamt höherer erreichter Mittelwert (Tabelle 13.8; Tabelle 13.13) auf Seiten der DGCZ-Mitglieder auf. Einen direkten Vergleich liefert diesbezüglich die Abbildung 5.27. DGCZ-Mitglieder waren gegenüber allen erfragten Kategorien positiver eingestellt als Zahnärzte der Studiengruppe LZK, wobei sich der Unterschied zwischen beiden Studiengruppen in allen erfragten Kategorien als statistisch signifikant erwies ($p < 0,05$, ungepaarter T-Test). Aufgrund einer hohen Varianzheterogenität wurde hierbei die Satterthwaite-Korrektur des T-Tests interpretiert. Innerhalb beider Studiengruppen waren weibliche Zahnärzte tendenziell positiver gegenüber Digitalisierung in der Zahnmedizin eingestellt als ihre männlichen Kollegen derselben Studiengruppe (Tabelle 13.8; Tabelle 13.13).

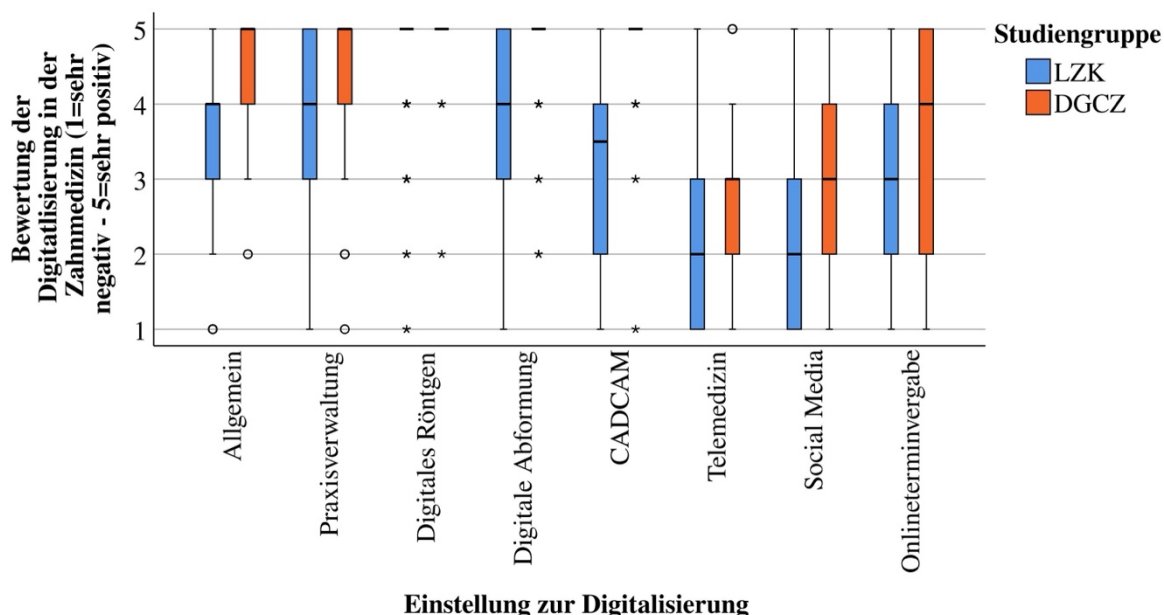


Abbildung 5.27: Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin der Studiengruppen LZK und DGCZ im Vergleich.

Bei Betrachtung der Abbildung 5.28 wird ersichtlich, dass DGCZ-Mitglieder allen auswählbaren Gründen zur Nutzung digitaler Technologien häufiger zustimmten als

Zahnärzte der Studiengruppe LZK. Der Unterschied zwischen beiden Studiengruppen erwies sich durchweg als statistisch signifikant ($p < 0,05$, ungepaarter T-Test). Aufgrund einer hohen Varianzheterogenität wurde hierbei die Satterthwaite-Korrektur des T-Tests interpretiert. Dennoch ist zu beachten, dass auch wenige Zahnärzte innerhalb der Studiengruppe DGCZ Vorteile wie eine Reduktion von Behandlungszeit, Lagerflächen oder Verwaltungsarbeit, eine Steigerung des Umsatzes oder des Patientenkomforts oder die Gewinnung neuer Patienten oder Mitarbeiter nicht für sich erkannt haben oder diese zumindest keine Anreize zur Nutzung digitaler Technologien darstellten. Der Anteil derjenigen Zahnärzte viel jedoch geringer aus als bei der Studiengruppe LZK.

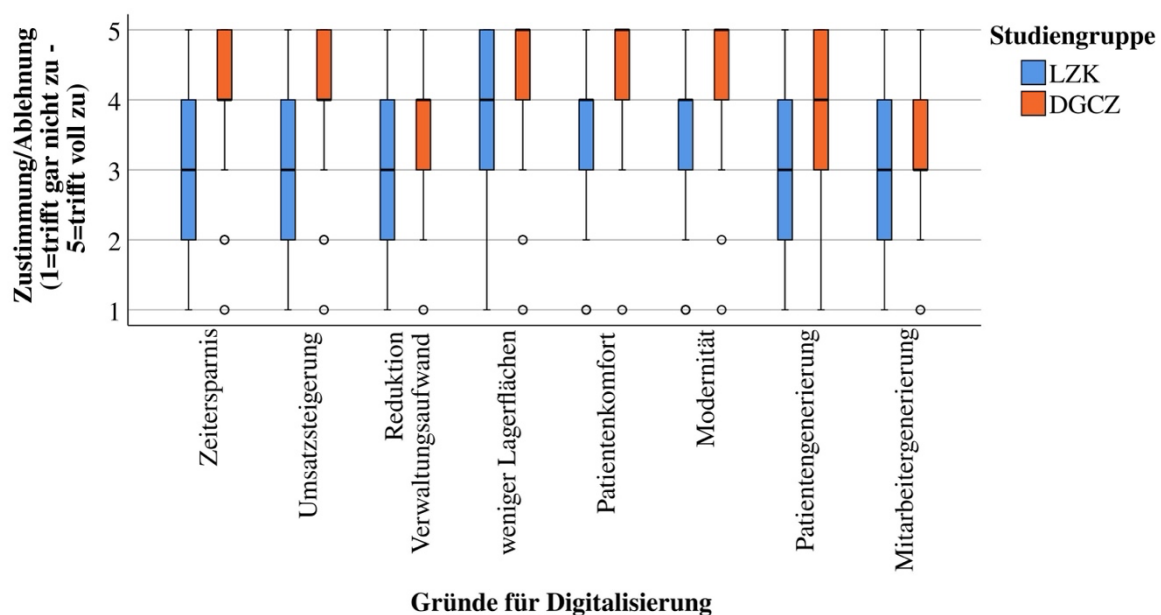


Abbildung 5.28: Beweggründe zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis der Studiengruppen LZK und DGCZ im Vergleich.

5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Von 24.164 Zahnärzten der Basisgruppe LZK nahmen 1.005 Zahnärzte (Studiengruppe LZK) und von 1.661 DGCZ-Mitgliedern 216 Zahnärzte (Studiengruppe DGCZ) an der jeweiligen Befragung teil. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 4,2 % bzw. 13,0 %. Dabei waren die Alters- und Geschlechterverteilung für beide Studiengruppen repräsentativ für die jeweilige Basisgruppe.

Innerhalb der Studiengruppe LZK war die Mehrheit der Zahnärzte auf administrativer Ebene digital organisiert. Dabei waren die digitale Patientenakte (n=728) und ein

digitaler Terminkalender (n=619) in den meisten Zahnarztpraxen vorhanden, wenngleich einige Zahnärzte diese in Kombination mit analogen Patientenakten (n=327) und analogen Terminkalendern (n=66) verwendeten. Eine hohe analoge Vorgehensweise lag hingegen bei der Patientenaufklärung (n=553) und -anamnese (n=522), sowie der Terminvergabe (n=514) und Materialverwaltung (n=405) vor.

Während Röntgengeräte zur zweidimensionalen Bildgebung die meist verbreitete digitale Technologie darstellten (n=639), waren DVTs seltener vorhanden (n=155). 26,9% Zahnärzte verfügten über einen Intraoralscanner, 15,3 % über eine CAD/CAM-Fräse und 4,9 % über einen 3D-Drucker. Intraoralscanner wurden im Durchschnitt seit $6,6 \pm 7,5$ Jahren, CAD/CAM-Fräsen seit $11,5 \pm 8,2$ Jahren und 3D-Drucker seit $2,4 \pm 1,8$ Jahren verwendet. Dabei zeigte sich besonders innerhalb der letzten 2 Jahre ein hoher Zuwachs von Intraoralscannern und 3D-Druckern in den Zahnarztpraxen. Es wurde festgestellt, dass Zahnärzte statistisch signifikant häufiger einen höheren Digitalisierungsgrad aufwiesen, je jünger sie waren, je weniger Jahre seit die Approbation zurücklag, je mehr Zahnärzte innerhalb einer Praxis arbeiteten und je mehr Einwohner der Praxisstandort aufwies ($p < 0,05$, Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho). Der Zusammenhang ist jedoch als schwach zu interpretieren. Statistisch signifikante, geschlechterspezifische Unterschiede hinsichtlich der Ausstattung konnten lediglich im Fall der DVT (exakter Test nach Fischer, $p < 0,05$) und der Onlineterminvergabe ($p < 0,05$, Chi²-Test) festgestellt werden, welche bei Männern statistisch signifikant häufiger vorhanden waren.

Die zahnärztliche Behandlung wurde bei den meisten Zahnärzten zu einem Großteil konventionell durchgeführt, insbesondere Abformungen aller Art sowie Planungen für implantaologischen (n=238) und prothetischen (n=445) Zahnersatz. Kombinationen aus digitalen und analogen Vorgehensweisen kamen insbesondere zum Zweck chirurgischer oder kieferorthopädischer Planungen zum Einsatz. In Hinblick auf den digitalen Workflow verteilte sich der Einsatzbereich von Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen vom festsitzenden Einzelzahnersatz bis hin zu herausnehmbaren Ganzkieferversorgungen in abnehmender Reihenfolge. Dabei wurden viele Intraoralscans im Labsideverfahren weiterverarbeitet. Das Einsatzgebiet von 3D-Druckern lag hingegen bei der Anfertigung von zahnmedizinischen Hilfsmitteln und Aufbissbehelfen. Es stellte sich heraus, dass sich ein häufiger Einsatz von Intraoralscannern tendenziell positiv auf den Besitz einer CAD/CAM-Fräse ($p = 0,055$,

Welch-Test) und statistisch signifikant positiv auf den Besitz von 3D-Druckern ($p < 0,05$, Welch-Test) auswirkte.

Im Allgemeinen wurde die Digitalisierung in der Zahnmedizin anhand einer Likertskala (1=sehr negativ, 5=sehr positiv) mit einem Mittelwert von 3,58 als eher positiv bewertet. Im Einzelnen wurden digitale Technologien zur Patientenverwaltung sehr positiv bewertet. Gegenüber Technologien des digitalen Workflows zeigten einige Zahnärzte dagegen eine eher zurückhaltende Einstellung. Die Onlineterminvergabe, Telemedizin und die Onlinepräsenz auf Social-Media-Kanälen bewerteten die Befragten eher negativ. Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien und Bewertung derselben ($p < 0,05$, Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho). Dabei beeinflusste eine zunehmende Verwendung von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien die Einstellung zum Einsatz derselben als auch der jeweils anderen Technologie positiv.

Die Nutzung digitaler Technologien begründeten die Zahnärzte durch die Reduktion von Lagerflächen ($n=400$) und des Verwaltungsaufwandes ($n=276$), sowie durch eine Steigerung des Patientenkomforts ($n=336$), der Modernität der Praxis ($n=364$) und des Umsatzes ($n=148$). Dahingegen stellten sowohl personell bedingte und ökonomische Faktoren als auch Informationsdefizite Hindernisse für die Anschaffung und Nutzung digitaler Technologien dar.

Knapp zwei Drittel der Zahnärzte planten weitere Digitalisierungsmaßnahmen innerhalb der nächsten zehn Jahre.

Im Vergleich beider Studiengruppen ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede, hinsichtlich der digitalen Ausstattung, Verwendung und Bewertung digitaler Technologien, wobei DGCZ-Mitglieder durchweg statistisch signifikant häufiger digital ausgestattet waren, digitale Technologien häufiger bei der zahnärztlichen Behandlung heranzogen und diese zudem positiver bewerteten.

6 Diskussion

6.1 Methodendiskussion

6.1.1 Validierungsmethodik

In der Umfrageforschung gilt es, einen standardisierten Fragebogen zu erarbeiten und dessen Aussagekraft und Anwendbarkeit vor Durchführung der Hauptuntersuchung zu validieren. Nach *Sudman* und *Bradburn*²⁰² lässt sich die Validität eines Fragebogens nicht ausreichend durch den Fragebogenersteller evaluieren, da dieser durch entsprechendes Vorwissen stark beeinflusst sei. Vielmehr bedürfe es empirische *Pretests*, welche Hinweise über etwaige Mängel hinsichtlich der Verständlichkeit der Fragen sowie über Reihenfolgen- und Kontexteffekte, Bearbeitungsdauer und das Interesse der Befragten liefern, sowie etwaige technische, formale oder inhaltliche Defizite und Ermüdungseffekte offenbaren. Welche *Pretests* hierbei ein geeignetes Messinstrument zur Evaluation darstellen hänge stark von dem Studienziel sowie zeitlichen und personellen Faktoren ab.^{111, 202}

Während einige Autoren vergleichbarer Studien aus dem Ausland die Anzahl der Validierungsteilnehmer angaben, wurden keine Informationen zur Validierungsmethodik angegeben. Lediglich *Burke et al.*³⁷ bezogen sich auf einen bereits zur Anwendung gekommenen Fragebogen, welcher durch wenige Fragen erweitert wurde. In der Pilotstudie erfolgte die Validierung des Fragebogens durch die Technik des lauten Denkens (*Think Aloud*).¹⁷⁸ Diese gehört neben der Nachfragetechnik (*Probing*), dem Paraphrasieren (*Paraphrasing*), der Bewertung der Verlässlichkeit der Antwort (*Confidence Rating*) und der Sortiertechnik (*Sorting*) zu den aktiven bzw. kognitiven *Pretests*. Bei der *Think Aloud* Methode werden die Befragten aufgefordert ihre Gedankengänge auszusprechen, wobei die Befragungspersonen beim *Concurrent Think Aloud* angehalten werden, zunächst ihre Überlegungen und den Weg zur Antwortbildung zu verbalisieren, wohingegen dies beim *Retrospektive Think Aloud* erst nach Angabe der Antwort erfolgt.¹⁵¹ Beim *Probing* werden die Befragten aufgefordert ihre Antworten entweder nach jeder einzelnen Frage (*Follow-Up-Probing*) oder im Anschluss an die gesamte Befragung (*Post-Interview-Probing*) zu begründen. Hierbei kann das Fragenverständnis (*Comprehension Probing*), die Wahl der Antwortkategorie

(*Category Selection Probing*) und die Informationsbeschaffung (*Information Retrieval Probing*) im Einzelnen oder im Allgemeinen (*General Probing*) geprüft werden.^{111, 151} Zu berücksichtigen ist jedoch, dass den Befragten ein etwaiges Missverständnis häufig nicht bewusst ist, sodass nur selten Verständnisprobleme aufgedeckt werden.¹⁵³ Das Paraphasieren liefert dagegen präzisere Informationen über das Verständnis und die Bedeutung einer Frage. Mit der Angabe einer hohen bzw. niedrigen Sicherheit und Begründung dieser, kann die Verlässlichkeit einer Antwortangabe auf einer Skala eingeschätzt werden. Allen kognitiven *Pretest* gemein ist jedoch die Notwendigkeit eines Interviewers, durch dessen Verhalten die Befragten beeinflusst werden könnten.^{111, 151} Neben den aktiven Methoden existieren passive *Pretest*verfahren, wie beispielsweise der *Standard-Pretest*. In diesem wird die Datenerhebung unter realistischen Bedingungen anhand einer repräsentativen Stichprobe von 10 bis 200 Teilnehmern simuliert. Der *Standard-Pretest* liefert daher einerseits eine gute Übersicht zum allgemeinen Studienablauf, andererseits werden nur unzureichende Informationen über zentrale Qualitätsmerkmale einzelner Fragen erbracht.¹⁵² Da der Fokus in der Pilotstudie auf der Entwicklung eines gänzlich neuen Fragebogens und der Formulierung einzelner Fragen lag, scheint die Wahl der *Think Aloud* Methode hierbei passend. Da es bei der weiterführenden, hier vorliegenden Studie jedoch nicht mehr galt die Formulierung einzelner Fragestellungen zu überprüfen, sondern vielmehr ein Konzept zu erarbeiten, das es ermöglicht zukünftige Modifikationen des Fragebogens zu validieren, schienen passive *Pretests* praktikabler zu sein. Ein Nachteil besteht aber darin, dass mit zunehmender Anzahl der Validierungsteilnehmer der Arbeitsaufwand steigt und frei formulierte Aussagen stets der Interpretationsweise des Auswertenden unterliegen. Daher sollte ein unkompliziertes, objektives Messverfahren gewählt werden. Anhand der hohen Teilnehmerzahl an dem hessischen Pilotprojekt¹⁷⁸ kann davon ausgegangen werden, dass sich der verwendete Fragebogen zur Durchführung der vorliegenden Studie bereits eignet. Da jedoch sowohl Fragen hinzugefügt als auch teilweise das Fragenformat verändert wurde, wurde eine erneute Validierungsmethode angestrebt. Zur Validierung des modifizierten Fragebogens der vorliegenden Studie wurde, anders als bei der Pilotstudie¹⁷⁸, ein Instrument zur Bewertung von Onlineanwendungen herangezogen, der *System Usability Scale* (SUS). Während andere *Usability-Tests* zur Überprüfung von Online- oder Webanwendung sehr anwendungs- oder herstellerepezifisch und meist sehr eingeschränkt anwendbar oder kompliziert auszuwerten sind, zeichnet sich der SUS durch eine vom Hersteller unabhängige und

vielseitige Einsetzbarkeit, schnelle und kostengünstige Durchführbarkeit und einfache Auswertung aus, weshalb *Brooke*²³ seine Methode daher auch als „*quick and dirty*“ beschrieb.⁹ *Brooke*²³ warnte jedoch vor einer geringen Aussagekraft der einzelnen Aussagen des SUS. Daher wurden die Validierungsteilnehmer im Sinne des *Standard-Pretests* neben der Bearbeitung des SUS-Fragebogens aufgefordert Kritik am Fragebogen oder der Durchführungsart in einem Kommentarfeld zu formulieren, um präzise Verbesserungen vornehmen zu können.

6.1.2 Validierungsteilnehmer

Der modifizierte Fragebogen wurde durch insgesamt 16 Zahnärzte (50,0 % Männer, 50,0 % Frauen) aus ganz Deutschland unter realen Bedingungen validiert. Verglichen mit der Basisgruppe stellten diese eine ausgeglichene und repräsentative Stichprobe von Zahnärzten mit unterschiedlicher Berufserfahrung (zwei bis 41 aktive Berufsjahre), Fachrichtung (zwölf Zahnärzte, zwei Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, ein Fachzahnarzt für Oralchirurgie sowie ein Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurg) sowie unterschiedlichen Alters (Durchschnittsalter $45,3 \pm 13,6$ Jahre) und Digitalisierungsgraden dar.

Bei der Anzahl der Validierungsteilnehmer wurde sich an Erkenntnissen der allgemeinen Umfrageforschung orientiert. Während *Blair et al.*¹⁸ beobachteten, dass die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Problematik entdeckt wird, mit zunehmender Teilnehmerzahl steige, stellten *Willis et al.*²¹⁹ fest, dass schwerwiegende Mängel bereits anhand einer kleinen Anzahl von fünf bis 30 Validierungsteilnehmern identifizierbar seien. Diesbezüglich scheint eine zu große Datenmenge durch eine Teilnehmerzahl von über 30 aufgrund eines ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis impraktikabel zu sein. Die Anzahl der *Pretest*-Teilnehmer der vorliegenden Studie befindet sich demnach im empfohlenen Umfang nach Meinungen der Umfrageforschung und ist dennoch höher im Vergleich zu anderen Fragebögen basierten Studien in der Zahnmedizin, bei welchen die Autoren von einer Anzahl von fünf bis zehn Validierungsteilnehmern berichteten, oder keinerlei Auskunft über eine Durchführung von *Pretests* gaben.^{24, 37, 109, 137, 178, 210,}

212, 213

6.1.3 Befragungsart

Fragebögen haben sich als Mittel der Datenerhebung für Fragestellungen zur technologischen Ausstattung, Berufsausübung und Meinungen in der Zahnmedizin bewährt.^{25, 24, 37, 41, 109, 137, 150, 165, 178, 210, 212, 213}

Verzerrungen von Ergebnissen stellen für jedes Messverfahren eine Einschränkung der Validität dar. Bei Befragungen sind solche Verzerrungen als sogenannte *Response-* und *Non-Response-Bias* bekannt. Während der *Response-Bias* durch das Antwortverhalten der Teilnehmer (*Responder*) zustande kommt, wird der *Non-Response-Bias* dadurch beeinflusst, dass sich eine bestimmte Gruppe einer Befragung entzieht (*Non-Responder*). Beim *Response-Bias* spielen kognitive Leistungsfähigkeiten, Selbstdarstellung, Einflüsse durch die Situation und Beantwortungstaktiken eine Rolle, wobei erstere beiden in der vorliegenden Studie aufgrund der definierten Befragungsgruppe bestehend aus Zahnärzten und Verzicht sensibler Fragen vernachlässigbar waren. In dieser Studie wurde sich für eine schriftliche, unpersönliche und digitale Befragungsform entschieden, da somit Verzerrungen durch situative Einflüsse, wie beispielsweise das Befragungsumfeld oder einen dominanten Interviewer (Präsenz-Effekte) vermeidbar waren. Zudem brachte diese Art pragmatische Vorteile mit sich. Die Vermeidung von Anfahrtswegen, eine programmierte Filterführung im digitalen Fragebogen und sofort verfügbare, digitale Daten führten zur Aufwandsreduktion und Zeitersparnis auf Seiten der Teilnehmer und Untersucher sowie zur fehlerfreien Übertragung der Daten in eine Statistiksoftware. Obwohl Studien desselben Interessensbereichs, welche eine schriftliche, analoge Bearbeitung des Fragebogens über den postalischen Weg anboten, teilweise höhere Rücklaufquoten erreicht haben, wurde sich aus Gründen der Nachhaltigkeit, Praktikabilität und Kostenersparnis gegen die postalische Verbreitung entschieden. Des Weiteren haben Studien desselben Interessensbereichs von *van der Zande et al.*^{212, 213} und *Mühlemann et al.*¹³⁷, in welchen sowohl postalische als auch Onlineformate des Fragebogens angeboten wurden, keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Antworten festgestellt, was zu dem digitalen Format ermutigte.

Hinsichtlich eines *Non-Response-Bias* stehen die Art der Einladung zur Onlinebefragung und die Thematik des Fragebogens in Verdacht. Die Einladung zur digitalen Teilnahme über eine E-Mail hat einerseits das Potenzial viele Zahnärzte zu erreichen, andererseits könnte es zu einer Ausselektion derjenigen Zahnärzte geführt

haben, welche E-Mails grundsätzlich keine Beachtung schenken. Alternativ wäre eine analoge Einladung zum Onlinefragebogen mithilfe eines Briefes denkbar gewesen, jedoch wurde sich hierbei neben den zuvor genannten Gründen für eine digitale Verbreitung entschieden, um den Aufwand für die teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern zu minimieren. Mit dieser Methode wurde in der Pilotstudie nicht nur eine hohe Motivation zur Teilnahme seitens der Landes Zahnärztekammer Hessen, sondern zudem eine Rücklaufquote von 19,4 % erreicht, was zur selben Vorgehensweise der vorliegenden Studie ermutigte.¹⁷⁸

Da die Thematik des Fragebogens bereits im Titel und Anschreiben ersichtlich war, könnten sich digital weniger affine Zahnärzte nicht angesprochen gefühlt haben, sodass dies zu einer Verzerrung der Ergebnisse zugunsten der Digitalisierung geführt haben könnte. *Parashos et al.*¹⁴⁶ untersuchten den *Non-Response-Bias* mithilfe einer Befragung von 908 australischen Zahnärzten und anschließender Kontaktaufnahme der Nichtteilnehmer. Dabei antworteten *Late-* und *Non-Responder* häufiger negativ auf eine Testfrage, als *Responder* bzw. insbesondere *Early-Responder*, wobei demografische Daten nach Angaben der Autoren keine Rolle spielten. Dahingegen stellten *van der Zande et al.*^{212, 213} in Untersuchungen desselben Interessensbereichs durch telefonische Kontaktaufnahme der *Non-Responder* nach Durchführung einer Befragung von niederländischen Zahnärzten fest, dass sich die Angaben zur Ausstattung und Meinungen statistisch nicht signifikant von denen der Teilnehmer unterschieden. Der Verdacht einer systemischen Abweichung zugunsten der Digitalisierung durch die Thematik des Fragebogens wurde daher nicht unterstützt.

6.1.4 Inhalt des Fragebogens

Der Fragebogen widmete sich einer Vielzahl aktuell gebräuchlicher digitaler Technologien der Zahnmedizin. Hierbei wurde sich an Studien desselben Interessensbereiches, insbesondere an der Pilotstudie in Hessen, orientiert.^{17, 25, 24, 37, 41, 70, 109, 116, 137, 165, 166, 178, 210, 212, 213} Das Kommentarfeld am Ende des Fragebogens nutzten einige Teilnehmer zur Äußerung von Kritik zu dem Thema Telematikinfrastruktur. Zwar wurden neben fachspezifischen Technologien für die Patientenbehandlung auch Technologien zur Praxis- und Patientenverwaltung abgefragt, jedoch bewusst auf die Abfrage über die Telematikinfrastruktur verzichtet, da seit Inkrafttreten des Patientendaten-Schutzgesetzes im Oktober des Jahres 2020 das Vorhandensein eines Heilberufsausweises für Zahnärzte gesetzlich verpflichtet ist.³⁵ Daher wurde davon

ausgegangen, dass alle Zahnarztpraxen über die notwendige technologische Ausstattung verfügten, währenddessen Softwaresysteme für anderweitige administrative Prozesse nicht vorausgesetzt wurden. Zudem sollte eine Verzerrung der Meinung von Zahnärzten in Hinblick auf die Digitalisierung nicht durch Projektion der teilweise diskutierten Telematikinfrastruktur, bei welcher es sich primär um Teilgebiet der Digitalisierung des allgemeinen Gesundheitswesens handelt, vermieden werden. Für die vorliegende Studie waren vielmehr fachspezifische Technologien, insbesondere diejenigen, welche für die Patientenbehandlung eingesetzt werden, von größerem Interesse.

6.1.5 Statistische Auswertung der Umfrage

Die Wahl der Testverfahren hing von den Eigenschaften der Variablen ab. Da bei vielen Variablen Voraussetzungen für die robusteren parametrischen Tests verletzt waren, fanden in vielen Fragestellungen nicht-parametrische Tests Anwendung. Dies begründet, weshalb prinzipiell die Korrelation nach Spearman-Rho berechnet wurde, anstelle des parametrischen Pendant nach Pearson.

Um das Berichten und Lesen der Ergebnisse überschaubar zu gestalten, wurden die Analysen je nach Fragestellung paketweise durchgeführt. So ist zu erklären, warum der Zusammenhang zwischen einer dichotomen und einer metrischen Variable manchmal als Mann-Whitney-U-Test und manchmal als punktbiseriale Rangkorrelation (Spearmans-Rho) gerechnet wurde. Der möglichst starken Vereinheitlichung ist weiterhin geschuldet, dass generell, wo möglich, nicht-parametrische Tests zur Anwendung kamen, um einen Wechsel zwischen parametrischen und nicht-parametrischen Tests zu vermeiden.

In der vorliegenden Studie wurden die technologischen Voraussetzungen einer Praxis in Digitalisierungsgraden zusammengefasst, um eine einfache Lesbarkeit der Daten durch eine komparative Darstellung zu erzeugen. Die Bildung von Digitalisierungsgraden ist zu diesem Zweck aus vergleichbaren in Studien in ähnlicher Art bekannt.^{137, 212, 213}

Zur Wahl des Signifikanzniveaus wurde sich neben der Beachtung der Teilnehmerzahl an vergleichbaren Studien orientiert. Einige Studien desselben Interessensbereichs lieferten ausschließlich deskriptive Auswertungen der Ergebnisse.^{37, 137, 165, 166} Andere führten detailliertere Analysen unter Verwendung eines Signifikanzniveaus von 1,0 bis 5,0 % durch. Für die meisten Studien wurde ein Signifikanzniveau von 5,0 % festgelegt und dabei 188 bis 937 auswertbare Fragebögen analysiert.^{109, 210, 212, 213} Daneben legten andere Autoren bei einer Teilnehmerzahl von 105 bis 248 ein Signifikanzniveau von

2,5 % fest und lediglich *Brunton et al.*²⁵ entschieden sich für ein Signifikanzniveau von 1,0 % bei 662 auswertbaren Fragebögen.^{13, 17, 41} In der vorliegenden Studie wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit mit der Pilotstudie¹⁷⁸ in Hessen für ein Signifikanzniveau von 5,0 % definiert. Darüber hinaus schien die Wahl eines niedrigeren Signifikanzniveaus in vergleichbaren Studien willkürlich festgelegt, anstelle durch das Datenvolumen erfolgt zu sein. Eine Herabsenkung des Signifikanzniveaus hinsichtlich einer vergleichbar hohen Datenmenge schien jedoch aufgrund der eher geringen Rücklaufquote als zu streng.

6.2 Ergebnisdiskussion

6.2.1 Validierungsergebnis

Die Auswertung der Validierung ergab einen SUS-Score von 78,1 % und somit nach Brooke eine gute Anwendbarkeit.²³ Die von Brooke definierte Interpretation des SUS-Scores konnte bereits in einer Untersuchung von *Bangor et al.*⁹ im Jahr 2008 durch Gegenüberstellung einer adjektivischen Bewertungsskala bestätigt werden. Niedrige Einzelwerte wurden in Bezug auf das Layout, den zeitlichen und inhaltlichen Umfang sowie die Wahrscheinlichkeit der Bearbeitung durch Kollegen berechnet. Zwar sind einzelne Aussagen nach *Brooke*²³ nicht aussagekräftig, jedoch spiegelten sich die niedrigen Werte in der schriftlich formulierten Kritik einiger Teilnehmer wieder, was zu einer Anpassung des Layouts ermutigte. Während einige Teilnehmer den zeitlichen Umfang der Befragung als zu groß einschätzten, waren sich andere unsicher, ob alle relevanten Aspekte der Digitalisierung in der Zahnmedizin im Fragebogen inkludiert waren. Daher und aufgrund einer bereits vorliegenden guten Anwendbarkeit wurde auf eine inhaltliche Veränderung oder das Streichen einzelner Fragen zur Reduktion des zeitlichen Umfangs abgesehen.

6.2.2 Rücklaufquote

Die Rücklaufquoten von 4,2 % innerhalb Studiengruppe LZK und 13,0 % innerhalb der Studiengruppe DGCZ sind im Vergleich zu Studien desselben Interessensbereiches niedriger ausgefallen.^{13, 25, 24, 37, 41, 116, 137, 150, 156, 165, 166, 178, 210, 212, 213} Jedoch muss beachtet werden, dass insgesamt 1.221 Fragebögen ausgewertet werden konnten.

Ähnlich hohe Teilnehmerzahlen weisen nur das Pilotprojekt aus Hessen mit 937 auswertbaren Fragebögen und eine Studie aus der Schweiz mit 1.238 Teilnehmern auf.^{137, 178} Dagegen reichen die Rücklaufquoten aller anderen Studien desselben Interessensbereiches zwar von 19,0 % bis 77,6 %, jedoch bewegt sich die absolute Teilnehmerzahl hierbei nur zwischen 132 bis 385 Teilnehmern.^{13, 24, 37, 41, 165, 212, 213} Eine weitere Studie aus dem Jahr 2008 aus Großbritannien erreichte zwar eine Rücklaufquote von 66,2 % bei 662 Teilnehmer, jedoch lagen nur sehr wenige inhaltliche Überschneidungen vor, da sich diese Studie an Zahntechniker richtete.²⁵

Trotz einer höheren absoluten Teilnehmerzahl, stellt sich die Frage, warum vergleichbare Studien höhere Rücklaufquoten erreicht haben. Eine Gemeinsamkeit aller vergleichbaren ausländischen Studien mit höheren Rücklaufquote ist, dass eine Art Vorauswahl getroffen wurde. Diese erfolgte beispielsweise im Rahmen von Konferenzen oder Mitgliedschaften, oder es wurde mit einer definierten Stichprobe gearbeitet.^{13, 25, 24, 37, 41, 116, 137, 148, 150, 156, 210, 212, 213} Des Weiteren wurden zur Erhöhung der Rücklaufquoten in einigen vergleichbaren Studien materielle Anreize, im Sinne von Gutscheinen oder Gewinnspielen geschaffen.^{137, 150, 156} In der vorliegenden Studie wurden im Unterschied zu allen anderen Untersuchungen desselben Interessensbereiches alle Zahnärzte der teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern in Deutschland auf freiwilliger Basis zur Teilnahme an der Befragung eingeladen. Hierbei zu betonen ist, dass die Mitgliedschaft aktiv praktizierender und über das gesetzliche Krankenkassensystem abrechnender Zahnärzte in Deutschland bei einer (Landes-) Zahnärztekammer verpflichtend ist und somit ausnahmslos alle aktiv praktizierenden Zahnärzte der jeweiligen Kammerbereiche kontaktiert wurden. Eine Einschränkung der vorliegenden Studie ist jedoch, dass nicht alle (Landes-) Zahnärztekammern teilgenommen haben und somit nicht alle Zahnärzte innerhalb Deutschlands zu der Befragung eingeladen werden konnten. Darüber hinaus sind die Rücklaufquoten innerhalb der einzelnen Kammerbereiche unterschiedlich hoch ausgefallen.

Die Rücklaufquote der Studiengruppe DGCZ fällt mit 13,0 % in den Bereich anderer durchgeführter Onlineumfragen, welche an Zahnärzte und Zahntechniker adressiert waren und Rücklaufquoten von 11,0 % bis 32,0 % erreichten.^{13, 17, 41, 150, 165, 166, 178, 210} Die in der Studiengruppe LZK erreichte Rücklaufquote von 4,2 % liegt dagegen deutlich niedriger. Vergleichbare Studien aus Großbritannien und Neuseeland, in welchen ausschließlich postalische Fragebögen verwendet wurden, weisen dagegen Rücklaufquoten von 53,3 % bis 77,6 % auf.^{25, 37, 109} Daher ist zu vermuten, dass sich

Fragebögen in Papierform hinsichtlich einer Teilnahme besser für die Befragung von Zahnärzten eignen. Während bei einer Umfrage von *Mühlemann et al.*¹³⁷ nur geringfügig mehr Zahnärzte (52,0 %) die analoge Bearbeitung des Fragebogens bevorzugten, waren es bei Studien von *van der Zande et al.*^{212, 213} ca. zwei Drittel. Da überdies vergleichbare Studien, unter anderem das Pilotprojekt in Hessen, hohe Rücklaufquoten ausschließlich durch das Onlineformat erreicht haben, sowie aus den in Kapitel 6.1.3 erläuterten Gründen, müssen andere Gründe für die geringe Rücklaufquote entscheidend gewesen sein.^{13, 41, 165, 166, 178, 210}

Bei Betrachtung der Rücklaufquoten der einzelnen Kammerbereiche (Tabelle 5.2), fällt auf, dass diese ausnahmslos deutlich geringer ausgefallen sind, als in Hessen.¹⁷⁸ Dies kann durch den größeren Fragebogenumfang begründet werden, denn im Vergleich zur Pilotstudie umfasste der modifizierte Fragebogen zwar nur acht zuzügliche Fragen, welche jedoch in Form einer Matrix teilweise sehr umfangreich ausfielen. Dagegen spricht jedoch, dass vergleichbare Befragungen aus dem Ausland trotz hoher Fragenanzahl hohe Rücklaufquoten erreicht haben.^{37, 137} Des Weiteren kann der Zeitraum der Befragung als beeinflussender Faktor vernachlässigt werden, da die vorliegende Studie zur selben Jahreszeit, genau ein Jahr nach dem Pilotprojekt durchgeführt wurde und ein Zugang zur Befragung gleichermaßen für drei Monate möglich war.¹⁷⁸ Die Pilotstudie¹⁷⁸ weist jedoch einen entscheidenden Unterschied auf: Die Landeszahnärztekammer Hessen gewährte das Versenden von zwei Erinnerungsschreiben in einem Abstand von jeweils vier Wochen.¹⁷⁸ Auch vergleichbare Studien aus dem Ausland mit hohen Rücklaufquoten verwendeten ein bis vier Erinnerungsschreiben.^{13, 25, 24, 165, 166, 210, 212, 213} Insbesondere Studien aus Großbritannien und der USA deuten auf eine ausgeprägte positive Auswirkung von Erinnerungsschreiben auf die Rücklaufquote hin.^{165, 166, 210} *Tran et al.*²¹⁰ setzten beispielsweise auf vier Erinnerungsschreiben innerhalb eines kurzen Befragungszeitraumes von insgesamt drei Wochen und erzielten somit eine Rücklaufquote von 19,0 %. Diese Vermutung wird durch die Tatsache unterstützt, dass die erreichte Rücklaufquote im Rahmen der Befragung von DGCZ-Mitgliedern mithilfe eines einzigen Erinnerungsschreibens nahezu verdoppelt werden konnte. Demnach sollten Erinnerungsschreiben zukünftig ein fester Bestandteil von Umfrage-Studien sein.

6.2.3 Studiengruppen LZK und DGCZ

Bezüglich demografischer Daten lagen geringfügige Unterschiede zwischen den Studiengruppe LZK bzw. DGCZ und der Basisgruppe LZK bzw. DGCZ vor. Hinsichtlich des höheren Durchschnittsalters um drei bzw. fünf Jahre im Vergleich zur jeweiligen Basisgruppe, konnte eine erhöhte Teilnahme älterer Zahnärzte auch in der vorangegangenen Pilotstudie in Hessen, sowie in Studien aus der Schweiz, Großbritannien und den Niederlanden festgestellt werden.^{37, 137, 178, 212, 213} Wie auch in der Pilotstudie¹⁷⁸ war der Frauenanteil beider Studiengruppen (LZK und DGCZ) im Vergleich zur jeweiligen Basisgruppe reduziert. In vergleichbaren Studien aus der Schweiz, Großbritannien, den USA und Neuseeland wurden sogar teilweise sehr geringe Beteiligungen von Frauen (24,0 % bis 36,5 %) erzielt.^{37, 137, 165, 210, 212, 213} Während viele Autoren jedoch keinerlei Rückschlüsse auf die Repräsentanz der Studiengruppe zogen, machten *Mühlemann et al.*¹³⁷ und *van der Zande et al.*^{212, 213} hierzu Angaben.^{37, 137, 165, 210, 212, 213} In den Untersuchungen von *van der Zande et al.*^{212, 213} waren ältere und männliche Zahnärzte zwar häufiger vertreten, jedoch stimmte dies nach Angaben der Autoren weitestgehend mit der Basisgruppe überein. Auch *Mühlemann et al.*¹³⁷ wiesen darauf hin, dass die Geschlechterverteilung innerhalb der Studiengruppe derjenigen von Zahnärzten in der Schweiz entsprach. Obwohl 57,0 % der Zahnärzte in der Schweiz über 50 Jahre alt waren und nur 1,0 % der unter 30-jährigen Zahnärzte an der Befragung innerhalb der Schweiz teilnahmen, stuften *Mühlemann et al.*¹³⁷ die Erhebung als repräsentativ ein. Die Alters- und Geschlechterverteilung der Studienteilnehmer der vorliegenden Studie können demnach als repräsentativ für die jeweilige Basisgruppe betrachtet werden.

Hinsichtlich der Standortverteilung konnte mithilfe der Postleitzahlen nachgewiesen werden, dass Zahnärzte aus allen Regionen der sechs teilnehmenden Kammerbereiche und zudem DGCZ-Mitglieder aus allen Kammerbereichen Deutschlands an der Befragung teilgenommen haben. Wie in der hessischen Pilotstudie und weiteren Studien aus Neuseeland und Indien lag in der vorliegenden Studie eine relativ ausgewogene Verteilung der Teilnehmer auf städtische und ländliche Gebiete vor mit einem leicht ausgeprägten Maximum in urbanen Gebieten.^{24, 41, 178} Vor dem Hintergrund, dass Stadtbewohner insgesamt 77,7 % an der Gesamtbevölkerung Deutschlands ausmachen, ist die Standortverteilung als repräsentativ einzustufen.¹⁹⁹

6.2.4 Die Digitalisierung in der Zahnmedizin im internationalen Vergleich

In Hinblick auf einen internationalen Vergleich muss berücksichtigt werden, dass es sich bei der Digitalisierung in der Zahnmedizin um ein schnell wachsendes Feld handelt und viele Studien desselben Interessensbereiches vor mehr als sechs Jahren erhoben wurden. Der inhaltliche Fokus vergleichbarer Studien weicht daher teilweise von dem der vorliegenden Studie ab. Dennoch konnten vergleichbare Daten aus Großbritannien, Irland, den Niederlanden, der Schweiz, der USA, Neuseeland und Indien gesammelt werden.^{25, 24, 37, 41, 109, 137, 150, 165, 178, 210, 212, 213} Aus Gründen der Vergleichbarkeit werden in diesem Abschnitt nur die Ergebnisse der Studiengruppe LZK den Daten von Studien desselben Interessensbereiches gegenübergestellt, da die Studiengruppe DGCZ zu einer verzerrten Darstellung zugunsten der Digitalisierung führen würde.

Digitale Patientenverwaltungssysteme waren in Deutschland im Jahr 2023 in 90,3 % der Praxen von teilnehmenden Zahnärzten vorhanden, wobei jedoch 40,5 % neben digitalen Patientenakten zusätzlich analoge Patientenakten verwendeten. Dies ist mit Daten aus der Schweiz aus dem Jahr 2016, Großbritannien aus dem Jahr 2015 und Neuseeland aus dem Jahr 2016 vergleichbar.^{37, 109, 137} Demgegenüber wurde in Hessen im Jahr 2022 mit 38,6 % zwar eine ähnlich hohe Quote derjenigen Zahnärzte erreicht, welche sowohl digitale als auch analoge Patientenakten verwendeten, jedoch war die Anzahl derjenigen, welche nur mit digitalen Patientenakten arbeiteten mit nur 7,3 % deutlich geringer als in den sechs weiteren Kammerbereichen im Jahr 2023.¹⁷⁸ Der Terminkalender wurde in der vorliegenden Studie in 68,2 % ausschließlich digital und in 8,1 % digital und analog geführt. Mit 73,0 % bzw. 82,4 % haben Praxen in der Schweiz im Jahr 2016 bzw. in den Niederlanden im Jahr 2013 ähnlich hohe Werte erzielt.^{137, 212} Dahingegen waren digitale Terminkalender in Hessen ein Jahr zuvor mit nur 25,4 % deutlich seltener vorhanden.¹⁷⁸ In Hinblick auf die Onlinepräsenz verfügten 72,1 % der teilnehmenden Zahnärzte über eine Praxiswebsite, was mit den Ergebnissen der Pilotstudie in Hessen sowie Daten aus der Schweiz, Neuseeland und Großbritannien vergleichbar ist.^{37, 109, 137, 178} Bezüglich der Onlinepräsenz auf Social-Media-Plattformen lag Deutschland mit einem Anteil von 23,2 % im Vergleich zur Schweiz, Neuseeland und Großbritannien im Mittelfeld, bei welchen ein praxiseigener Account in 10,0 %, 29,0 % bzw. 32,2 % der Fälle angeboten wurde.^{37, 109, 137} *Mühlemann et al.*¹³⁷ weisen auf einen verstärkenden Einfluss durch eine hohe Einwohnerzahl des Praxisstandortes

bezüglich der Onlinepräsenz auf Social-Media-Plattformen hin. Diesbezüglich lag in der vorliegenden Studie nur eine Tendenz vor. Vielmehr zeigten sich Zusammenhänge mit der Praxisgröße, dem Alter und einer Lokalisation in den alten Bundesländern. Neben Facebook, welches im Jahr 2016 in der Schweiz das meist genutzte Medium war, waren Zahnärzte bzw. Zahnarztpraxen in Deutschland im Jahr 2023 zudem ähnlich häufig auf Instagram vertreten.¹³⁷ Darüber hinaus waren 20,8 % der Zahnärzte in Deutschland mit einem Account auf einer Bewertungsplattform vertreten und 2,4 % boten einen Praxis-Blog an. Während in den sechs teilnehmenden Kammerbereichen der vorliegenden Studie in dem Jahr 2023 84,0 % der Zahnärzte digitale Röntgensysteme verwendeten, setzten in Hessen ein Jahr zuvor nur geringfügig weniger Zahnärzte auf digitale Orthopantomographien (76,6 %) bzw. digitale Einzelzahnaufnahmen (72,8 %).¹⁷⁸ Die Digitalisierung scheint in Bezug auf die Röntgendiagnostik auch auf internationaler Ebene weitestgehend Einzug in Zahnarztpraxen gehalten zu haben, denn eine ähnliche Verteilung zeigten auch die Niederlande im Jahr 2013 mit einer digitalen Ausstattung von 71,0 %, Großbritannien im Jahr 2015 mit 74,1 % und Neuseeland im Jahr 2016 mit 82,2 %.^{37, 109, 212} Dahingegen waren digitale Röntgensysteme in der Schweiz in dem Jahr 2016 mit 65,0 % zwar mehrheitlich, jedoch noch deutlich seltener vorhanden.¹³⁷ Darüber hinaus waren DVTs in Deutschland mit 24,2 % häufiger vorhanden als in der Schweiz (18,0 %) und den Niederlanden (8,0 %).^{137, 212} Hinsichtlich des digitalen Workflows besaßen bereits 53,0 % der Zahnärzte in den USA im Jahr 2021 einen Intraoralscanner, gefolgt von 23,0 % in der Schweiz im Jahr 2016 und 12,0 % in den Niederlanden im Jahr 2013.^{109, 137, 165, 212} In Indien gab dagegen die Mehrheit der Zahnärzte im Jahr 2023 an, keinen Aspekt des digitalen Workflows umzusetzen.⁴¹ Insgesamt war die Verbreitung von Intraoralscannern in Deutschland mit 26,9 % im Jahr 2023 vergleichsweise hoch, wie schon anhand der Pilotstudie¹⁷⁸ in Hessen im Jahr 2022 gezeigt wurde. Ein Vergleich mit Großbritannien und Neuseeland scheint diesbezüglich jedoch fraglich, da Studien aus diesen Ländern lediglich Angaben zu intraoralen Kameras machten, ohne dabei zwischen Systemen zur reinen Visualisierung und Intraoralscannern für die weitere Verarbeitung des Scandatensatzes zwecks einer Fertigung von Zahnersatz oder zahnmedizinischen Hilfsmitteln zu differenzieren.^{37, 109} Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass Zahnärzte in diesen Ländern über eine Art digitaler Scanner, Laborscanner oder Intraoralscanner, verfügten, da einige von ihnen angaben, chairside CAD/CAM-Technologien zu besitzen und hierfür eine direkte oder indirekte

Digitalisierung der Mundsituation für die computergestützte Fertigung am Behandlungsstuhl Voraussetzung ist. Im Gegensatz zur Schweiz, in welcher die Quote verfügbarer Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräsen gleich hoch war (23,0 %), waren in Deutschland mehr Zahnärzte mit Intraoralscannern (26,9 %) ausgestattet als mit CAD/CAM-Fräsen (15,3 %).¹³⁷ Dies ist vergleichbar mit den Daten der Pilotstudie aus Hessen (31,3 % Intraoralscanner, 18,3 % CAD/CAM-Fräsen).¹⁷⁸ Während in Hessen 10,4 % der Zahnärzte einen 3D-Drucker besaßen, waren es in der vorliegenden Studie nur 4,9 %. Hierbei stellt sich die Frage, ob standortbezogene Faktoren die Verwendung von 3D-Druckern in Deutschland beeinflussen. Da 3D-Drucker vornehmlich zur Herstellung von zahnmedizinischen Hilfsmitteln, insbesondere bei der Alignertherapie oder zur Herstellung von Retentionsschienen chairside verwendet werden, könnten die Unterschiede zwischen der Pilotstudie und der vorliegenden Arbeit auf die Teilnahme von Fachzahnärzten für Kieferorthopädie zurückzuführen sein. Auch *Mühlemann et al.*¹³⁷ weisen diesbezüglich auf einen solchen Zusammenhang in der Schweiz hin, da insbesondere bei Kieferorthopäden eine hohe digitale Ausstattung vorgefunden wurde.¹³⁷ Während die Quote von Fachzahnärzten für Kieferorthopädie in der Pilotstudie bei 9,0 % lag und somit dem Anteil von Fachzahnärzten für Kieferorthopäden in Hessen entsprach, waren Fachzahnärzte für Kieferorthopädie in Brandenburg, Bremen, Hamburg und Sachsen seltener vertreten als erwartet.¹⁷⁸ Dennoch war die Teilnahme von Fachzahnärzten für Kieferorthopäden insgesamt geringfügig höher, was durch einen höheren Anteil von Kieferorthopäden in Baden-Württemberg und Westfalen-Lippe zu begründen ist. Daher scheinen andere Faktoren eine Rolle hinsichtlich der Ausstattung von 3D-Druckern zu spielen. In den meisten vergleichbaren Studien fanden 3D-Drucker jedoch keine Beachtung. Neben der Pilotstudie¹⁷⁸ aus Hessen lieferte lediglich eine aktuelle Umfrage der *American Dental Association Clinical Evaluators-Panels (ACE)* Informationen über die Ausstattung von Zahnarztpraxen mit 3D-Druckern in den USA.¹⁶⁶ Demnach besaßen 17,0 % der US-amerikanischen ACE-Mitglieder in dem Jahr 2022 einen Desktop 3D-Drucker.¹⁶⁶ Vergleichbar mit den Daten aus Deutschland werden 3D-Drucker auch in den USA mehrheitlich erst seit bis zu zwei Jahren chairside zur Herstellung von Modellen, Bohrschablonen und Schienen verwendet.¹⁶⁶

In Hinblick auf den digitalen Workflow scheint Deutschland im internationalen Vergleich mit einigem Abstand zum Vorreiter der USA bereits vorne zu liegen. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass sich die meisten Befragungen im

vergangenen Jahrzehnt auf andere Technologien konzentriert haben und es sich bei den Technologien des digitalen Workflows scheinbar trotz bereits weit zurückliegender Entwicklungen zu Innovationen der zweiten Dekade des 21. Jahrhunderts handelt. Daher muss davon ausgegangen werden, dass der Einzug von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien in Zahnarztpraxen inzwischen auch in anderen Ländern weiter vorangeschritten ist und ein direkter Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit zeitlich zurückliegenden Studien vor diesem Hintergrund zu interpretieren ist. Überdies lohnt sich hinsichtlich eines internationalen Vergleiches eine genauere Betrachtung der Stichprobe in den USA. Bei der ACE handelt es um eine Gruppe von Zahnärzten, die in der klinischen Forschung tätig sind. Ihr Hauptinteresse liege darin, klinische Bewertungen von Produkten, Geräten oder Technologien im Bereich der Zahnmedizin durchzuführen, was die Evaluierung von neuen Materialien, Instrumenten, Diagnosegeräten, Behandlungsansätzen und anderen zahnmedizinischen Innovationen umfasse.^{165, 166} Es ist daher üblich, dass *Clinical Evaluators* auch eine Rolle bei der Bewertung von digitalen Technologien in der Zahnmedizin spielen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob es sich bei den ACE-Mitgliedern um eine repräsentative Gruppe für die amerikanische Zahnärzteschaft handelt, oder ob diese amerikanischen Zahnärzte vielmehr den nach Rogers¹⁶⁸ definierten Gruppen der *Innovators* und *Early Adoptors* zugeordnet werden sollten, da die Risikobereitschaft zur Beschaffung und Verwendung innovativer Technologien höher sein könnte, als bei durchschnittlichen Zahnärzten in den USA. Demnach könnte es bei der Befragung von ACE-Mitgliedern zu einer Verzerrung zugunsten der Digitalisierung gekommen sein. Ein Vergleich der Ergebnisse des ACE-Panels mit den Ergebnissen der Studiengruppe LZK erscheint daher fraglich. Vielmehr sollte vor diesem Hintergrund die Studiengruppe DGCZ Beachtung finden, da es sich bei dieser ebenfalls um eine Gruppe von Zahnärzten handelt, welche eine größere Risikobereitschaft zur Erprobung innovativer Technologien aufweist.

Wie die Einsatzbereiche und die Nutzungshäufigkeiten von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien gezeigt haben, setzten die meisten Zahnärzte in Deutschland, welche über solche Technologien verfügten, sowohl auf digitale als auch auf konventionelle Vorgehensweisen. Dennoch gaben mehr als die Hälfte der Zahnärzte an, ihren Intraoralscanner für mindestens 50,0 % der Abformungen zu verwenden. Dies deckt sich mit Daten aus Großbritannien und Neuseeland, in welchem intraorale Kameras bereits von 51,9 % bzw. 43,0 % der Zahnärzte routinemäßig eingesetzt

werden. Die Nutzungshäufigkeit von CAD/CAM-Fräsen im Chairsideverfahren wurde erstmals am Beispiel Hessen erfasst. Sowohl in der Pilotstudie als auch in der vorliegenden Studie wurden CAD/CAM-Fräsen insgesamt seltener als Intraoralscanner eingesetzt. Dennoch deuten Daten aus der Schweiz, Großbritannien und Irland darauf hin, dass Zahnersatz auch im Labsideverfahren zunehmend digital hergestellt wird.^{17, 137} Auch wenn alle Arten von Zahnersatz im Jahr 2023 in Deutschland bereits digital hergestellt wurden, stellte der festsitzende Einzelzahnersatz den Haupteinsatzbereich von Technologien des digitalen Workflows dar, was sowohl mit Daten vergleichbarer Studien als auch im Einklang mit aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen steht.^{17, 56, 122, 165, 170, 179, 175, 178} Diesbezüglich wird insbesondere bei Ganzkieferersorgungen bzw. bei herausnehmbaren Zahnersatz auf konventionelle Verfahren gesetzt, was durch die intrinsische Funktionalität von Intraoralscannern begründet werden kann. Erstens kommt es mit fortschreitender Kieferspanne zu kleinsten Fehlern beim *Matching* und *Stitching* durch die Software, sodass insbesondere bei Ganzkieferscans hohe Abweichungen resultieren.¹⁸¹ Zweitens stoßen Intraoralscanner bei der Abformung bewegter Schleimhautareale an ihre Grenzen, da diese durch die programmierten Algorithmen als irrelevante Strukturen definiert werden, deren Darstellung für eine gute Passung und Funktionalität von Totalprothesen jedoch unerlässlich ist.²²² *Mühlemann et al.*¹³⁷ und *van der Zande et al.*^{214, 212} kamen zu dem Schluss, dass der Digitalisierungsgrad der Zahnarztpraxen in der Schweiz bzw. in den Niederlanden hoch war, wobei digitale Technologien in Zahnarztpraxen überwiegend für das Patientenmanagement eingesetzt wurden und bei der zahnärztlichen Behandlung eine unterstützende Rolle einnahmen.^{137, 212} Dies steht im Einklang mit den Untersuchungen aus Deutschland unter Berücksichtigung der Daten der vorliegenden und vorangegangenen Studie¹⁷⁸.

6.2.5 Einflussfaktoren auf die Digitalisierung

Demografische Einflussfaktoren

Im Rahmen dieser Studie wurden Zusammenhänge zwischen dem Digitalisierungsgrad von Zahnarztpraxen und demografischen Daten sowie Praxismerkmalen festgestellt, welche bereits in ähnlicher Weise durch Studien aus Deutschland, der Schweiz, den Niederlanden, Indien und Großbritannien beschrieben wurden.^{37, 41, 116, 137, 210, 212, 213}

Hinsichtlich des Standortes von Zahnarztpraxen in Deutschland korrelierte der Digitalisierungsgrad mit der Einwohnerzahl. Dieser Zusammenhang wird durch Daten aus den Niederlanden und der Schweiz bestätigt.^{137, 212} Eine Kluft hinsichtlich der Ausstattung von Zahnarztpraxen konnte zwischen den alten und neuen Bundesländern nicht festgestellt werden, jedoch verfügen Zahnärzte in den alten Bundesländern statistisch signifikant häufiger über einen Social-Media-Account. Dies könnte durch eine Unterschiede hinsichtlich der Internetqualität zwischen urbanen und ländlichen Gebieten sowie zwischen den Kammerbereichen erklärt werden, da die Angaben der Zahnärzte in dieser Datenerhebung mit Berichten über die Internetqualität Deutschlands vergleichbar sind.^{139, 149}

Sowohl die geringere Teilnahme weiblicher Zahnärzte an der vorliegenden Befragung als auch der geringere Frauenanteil bei der DGCZ deuten darauf hin, dass Frauen möglicherweise ein niedrigeres Interesse an digitalen Themen haben. Einige Studien deuten auf einen ähnlichen Zusammenhang hin. Während der D21-Digital-Index⁹⁴ darauf hinweist, dass Frauen in Deutschland über alle soziodemografischen Merkmale hinweg einen geringeren Digitalisierungsgrad aufweisen als Männer, stellte eine Erhebung des *Vodafone Institutes for Society and Communications*¹⁴⁸ ein geringeres Interesse an der Digitalisierung bei Frauen in Deutschland fest. Anhand des *Digital Economy and Society Index (DESI)*⁵⁹ wurde zudem ein reduzierter Frauenanteil (29,0 %) bei Spezialisten für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) festgestellt.⁵⁹ Überdies bewerteten männliche Zahnärzte in Hessen in dem Jahr 2022 die Digitalisierung im Allgemeinen positiver als Frauen. Im Speziellen wurde ein solcher Zusammenhang in der Pilotstudie jedoch nicht bestätigt.¹⁷⁸ Männer boten nach den vorliegenden Ergebnissen zwar statistisch signifikant häufiger die Onlineterminvergabe an und besaßen häufiger ein DVT in Zahnarztpraxen Deutschlands, jedoch konnten in allen anderen Bereichen der Ausstattung von Zahnarztpraxen keine statistisch signifikanten, geschlechterspezifischen Unterschiede festgestellt werden. In Bezug auf die Einstellung gegenüber der Digitalisierung bewerteten dahingegen Frauen in der vorliegenden Studie die Digitalisierung sowohl im Allgemeinen als im Speziellen positiver als Männer, wobei der Unterschied lediglich für die digitale Abformung, die Telemedizin und das Betreiben von Social-Media-Kanälen statistisch signifikant ausfiel. Des Weiteren konnten vergleichbare Studien aus den Niederlanden und Großbritannien keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Digitalisierungsgrad und dem Geschlecht feststellen.^{37, 212, 213} Es kann daher vermutet werden, dass die digitale Kluft

zwischen den Geschlechtern innerhalb des zahnärztlichen Berufes nicht existiert, bzw. geringer ausfällt, als in anderen Berufen. Die reduzierte Teilnahme von Frauen an Befragungen und der geringere Anteil von Frauen in Mitgliedschaften zahnmedizinischer Verbände sollten jedoch weitergehend untersucht werden.

Studien aus Großbritannien, der Schweiz und den Niederlanden haben bereits einen Zusammenhang zwischen dem Digitalisierungsgrad und dem Alter der Zahnärzte festgestellt.^{137, 210, 212, 213} Zwar wurde in der vorliegenden Studie ein Durchschnittsalter von über 50 Jahren für diejenigen Zahnärzte festgestellt, welche Technologien des digitalen Workflows besaßen, dies ist jedoch auf die höhere Teilnahme älterer Zahnärzte an der Befragung zurückzuführen. Vergleichbar mit einem höheren Interesse an der Digitalisierung seitens jüngerer Zahnärzte in den Niederlanden und Großbritannien, waren Zahnärzte in Deutschland nicht nur statistisch signifikant häufiger mit Softwarelösungen zur Praxis- und Patientenverwaltung, digitalen Röntengeräte inklusive DVT und Intraoralscannern ausgestattet je jünger sie waren, sondern bewerteten digitale Technologien zudem statistisch signifikant positiver als Zahnärzte höheren Alters.^{210, 212} Eine Studie von *Schlenz et al.*¹⁷⁶ aus dem Jahr 2020 weist zudem auf ein hohes Interesse an der Digitalisierung angehender Zahnärzte hin. Hierbei bewertete die Mehrheit zahnmedizinischer Studenten den Einsatz digitaler Technologien positiv und konnte sich darüber hinaus vorstellen, solche in ihrer zukünftigen Praxis einzusetzen.

In der vorliegenden Studie gaben nahezu alle Zahnärzte an, dass das Thema Digitalisierung in der Praxis in den Zuständigkeitsbereich des Praxisinhabers fällt. Daher kann vermutet werden, dass sich der Digitalisierungsgrad von angestellten Zahnärzten hinsichtlich der Ausstattung von Zahnarztpraxen nicht von dem der Praxisinhaber unterscheidet. Diese Vermutung wird durch eine Studie von *van der Zande et al.*²¹² unterstützt, in welcher kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Digitalisierungsgrad und dem Besitz einer Zahnarztpraxis in den Niederlanden festgestellt wurde. Dennoch können Unterschiede bei der Nutzungshäufigkeit zwischen angestellten Zahnärzten und Praxisinhabern vorliegen. Da der Besitz von digitalen Technologien statistisch signifikant mit der Anzahl der tätigen Zahnärzte innerhalb einer Praxis korrelierte, ist davon auszugehen, dass angestellte Zahnärzte durch Zusammenarbeit und Informationsaustausch mit mehreren Kollegen hinsichtlich der Nutzung digitaler Technologien profitieren und der Zugang zu digitalen Technologien somit erleichtert wird. Von einer weiterführenden Analyse des

Nutzungsverhalten in Abhängigkeit des Berufsstatus wurde jedoch aufgrund der geringen Teilnahme angestellter Zahnärzte an der Befragung abgesehen.

Viele Studien, darunter vergleichbare Datenerhebungen aus Großbritannien, den Niederlanden und Indien, haben gezeigt, dass die Einführung digitaler Technologien mit dem wahrgenommenen Mehrwert für die eigene Arbeit zusammenhängt.^{72, 88, 137, 168, 210, 213, 224} Während in der vorliegenden Studie nur ein Viertel der Befragten angab, digitale Technologien aufgrund einer Steigerung des Umsatzes zu verwenden, war die Effizienzsteigerung die vorherrschende Begründung zur Nutzung digitaler Technologien in der Schweiz und USA.^{137, 165, 166} Darüber hinaus gaben 43,0 % der Zahnärzte in der Schweiz an, dass die Investitionskosten für digitale Technologien angemessen seien.¹³⁷ Dem gegenüber waren hohe Investitionskosten sowohl in Deutschland als auch in der USA, in Großbritannien, in der Schweiz und in Indien die meist genannte Hürde bei der Digitalisierung einer Zahnarztpraxis.^{41, 137, 165, 166, 178, 210} Darüber hinaus stellten abrechnungstechnische Fragen einen hemmenden Faktor für die Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland dar. Dies wird durch Studien aus Neuseeland, Großbritannien und Indien unterstützt, in welchen ein hoher Digitalisierungsgrad insbesondere bei denjenigen Zahnärzten vorgefunden wurde, welche einen Großteil ihrer Leistungen privat abrechneten.^{41, 109, 210} Zudem scheinen der wahrgenommene Nutzen und der gewinnbringende Einsatz von Technologien des digitalen Workflows mit deren Nutzungshäufigkeiten zusammen zu hängen, wie die Daten der vorliegenden Studie zeigen. So war nicht nur die Wahrscheinlichkeit erhöht, CAD/CAM-Technologien zu besitzen, je höher der Einsatz von Intraoralscannern war, sondern gleichzeitig die Einstellung zur Digitalisierung mit zunehmender Nutzungshäufigkeit positiv beeinflusst. Diesbezüglich weisen Studien darauf hin, dass die Handhabung von Intraoralscannern und somit das klinische Ergebnis einer Lernkurve unterliegen. Hierbei ist die Qualität eines Intraoralscans bei unerfahrenen Behandlern zunächst durch Anfertigung hoher Datenmengen niedrig, während die Dauer der Durchführung vergleichsweise hoch ist. Sind die Fertigkeiten jedoch durch Einarbeitung und Übung erlernt, kann eine hohe Genauigkeit der Abformung bei gleichzeitig reduzierter Behandlungsdauer erreicht werden.^{69, 106, 164} Bis der Nutzen für den individuellen Behandler demnach wahrnehmbar ist, muss diese Lernkurve zunächst durchlaufen werden.

Während in den USA 91,0 % der Zahnärzte von dem Einsatz von Intraoralscannern und den klinischen Resultaten begeistert waren und 70,0 % der Zahnärzte die

computergestützte Zahnmedizin eher positiv bis positiv bewerteten, zeigten viele Zahnärzte in Deutschland eine eher zurückhaltende Einstellung gegenüber diesen Technologien.¹⁶⁵ Dies könnte durch einen Mangel an Erfahrung oder grundsätzlichem Wissen über digitale Technologien erklärt werden, denn ein Viertel der Befragten gab ein Wissensdefizit als persönliche Hürde für die Verwendung digitaler Technologien an. Überdies deutet eine Studie aus Deutschland aus dem Jahr 2020 auf denselben Zusammenhang hin, in welchem *Rauch et al.*¹⁵⁶ von einem Wissensdefizit bei Zahnärzten hinsichtlich des Zementierungsverfahrens für CAD/CAM-Materialien berichteten. Dabei gaben nicht nur 15,0 % der Zahnärzte Unsicherheiten diesbezüglich an, sondern 20,0 % der befragten Zahnärzte wählten darüber hinaus ein für das Material ungeeignetes Zementierungsverfahren.¹⁵⁶ Aufgrund dessen, dass mehr Zahnärzte ein ungeeignetes Zementierungsverfahren wählten als Unsicherheiten angegeben haben, ist davon auszugehen, dass das eigene Wissen über digitale Technologien und deren Einsatz sogar überschätzt wird.

Daten zur Bewertung der Telezahnmedizin liegen neben der Pilotstudie¹⁷⁸ und der vorliegenden Studie zudem aus Brandenburg, Frankreich und Kolumbien vor.^{70, 116, 150} Während in einer Datenerhebung aus dem Jahr 2017 die Mehrheit der Zahnärzte in Brandenburg angaben, dass die Telezahnmedizin Vorteile mit sich bringe und sogar 93,0 % der befragten Zahnärzte in Kolumbien die Telezahnmedizin als nützlich beschrieben, wurde diese in der vorliegenden Studie nur von wenigen Zahnärzten positiv bewertet.^{116, 150} Vor dem Hintergrund, dass der wahrgenommene Nutzen und die Bewertung einer Technologie mit einer Lernkurve und der Nutzungshäufigkeit korrelieren, könnte somit ein Wissensdefizit die eher negative Bewertung der Telemedizin in der vorliegenden Studie erklären. *Giraudeau et al.*⁷⁰ verweisen anhand einer Befragung von Zahnärzten in Frankreich auf ein mehrheitlich vorhandenes Wissensdefizit bei gleichzeitig sehr geringem Einsatz der Telemedizin. Zudem berichteten die Autoren, dass nur 1,5 % der französischen Zahnärzte telezahnmedizinische Schulungsmodule an der Universität wahrgenommen haben.⁷¹ Weiterhin beschrieben *Plaza-Ruiz et al.*¹⁵⁰ anhand einer Verlaufsstudie aus Kolumbien einen Anstieg der Kenntnisse, der Anwendung und der wahrgenommenen Nützlichkeit telezahnmedizinischer Leistungen seitdem Zahnärzte durch die Coronapandemie gezwungen waren, sich mit der Telezahnmedizin auseinanderzusetzen. Dies verdeutlicht den starken Einfluss der Kenntnisse auf die Gestaltung der zahnärztlichen Patientenbehandlung.

Eine Möglichkeit die Digitalisierung in den Praxen unter Einhaltung von Qualitätsstandards voranzutreiben besteht daher darin, Wissenslücken durch Integration digitaler Behandlungsmöglichkeiten in den zahnmedizinischen Lehrplan zu schließen. Viele Studien haben gezeigt, dass digitale Technologien bereits Einzug in das zahnmedizinische Studium gehalten haben und sich positiv auf die Lehre, das Lernen, das Wissen und auf die Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Technologien auswirken.^{53, 113, 120, 163, 169, 176} Dennoch ist der Einzug digitaler Technologien in das zahnmedizinische Studium eine moderne Errungenschaft und vergleichbare Studien haben gezeigt, dass das zahnmedizinische Studium in Hinsicht auf den Einsatz digitaler Technologien auch in anderen Ländern unzureichend war.^{41, 120, 210} Hinsichtlich der rapiden Entwicklungsgeschichte von digitalen Technologien, wird deutlich, dass eine postgraduale Weiterbildung mit Fokus auf die Digitalisierung unerlässlich ist. Daher wäre es insbesondere für diejenigen Zahnärzte sinnvoll, welche ihre Approbation bereits vor vielen Jahren erreicht haben, sich Wissen über digitale Technologien auf anderen Wegen anzueignen. Während die meisten Zahnärzte in der USA ihr Wissen über die Verwendung von Intraoralscannern durch ein vom Hersteller angebotenes Training erworben haben, eigneten sich die meisten Zahnärzte in Deutschland Wissen über digitale Technologien über ein Selbststudium mithilfe von Fachzeitschriften sowie durch Fortbildungsangebote der jeweiligen (Landes-) Zahnärztekammer oder Fachgesellschaften wie der DGCZ an.¹⁶⁵ Daneben spielten jedoch auch Fortbildungen durch Hersteller der Dentalbranche und Informationsvermittlungen durch Social-Media-Kanäle von Zahnärzten in Deutschland eine Rolle. Vor diesem Hintergrund ist zu befürchten, dass ökonomische Interessen seitens der Dentalindustrie bzw. die anekdotische Evidenz seitens einiger Zahnmedizin-Influencer den angemessenen Einsatz digitaler Technologien beeinträchtigen. Diesbezüglich warnten *Holden et al.*⁸⁷ vor Beiträgen auf Social-Media-Plattformen, welche sich an Zahnärzte richten und insbesondere die Umsatzsteigerung in den Vordergrund stellen, während Vorteile für den Patienten und wissenschaftliche Erkenntnisse vernachlässigt werden. Des Weiteren sei die Veröffentlichung von Behandlungsbeispielen ohne eingehende Erläuterung und insbesondere mit kosmetischem Fokus in vielen Fällen fraglich. *Holden et al.*⁸⁷ fordern daher den allgemeinen Schutz sensibler Patientendaten, die Wahrung pädagogischer Werte und die Berücksichtigung der Laienbetrachtung. Umso wichtiger scheint für eine kompetente Einschätzung von Informationen und einen angemessenen Einsatz digitaler Technologien eine postgraduale Weiterbildung durch evidenzbasierte und unabhängige

Lernangebote wie z.B. durch Bildungsverbände.⁸⁷ Mitgliedschaften in zahnmedizinischen Fachgesellschaften können diesbezüglich als kompetentes Netzwerk zum Austausch von Erfahrungen und Praxisbeispielen dienen und darüber hinaus Lücken des Fortbildungsangebotes der (Landes-) Zahnärztekammern hinsichtlich der Digitalisierung schließen. Die DGCZ hat diese Aufgabe für sich erkannt und sich seit ihrer Gründung im Jahr 1992 zu einer gut vernetzten Gesellschaft mit Fokussierung auf digitale Verfahren in zahnmedizinischer Diagnostik und Therapie entwickelt. Anhand der Befragung von DGCZ-Mitgliedern zeigte sich, dass nicht nur ein gemeinsamer Interessensbereich zu einer Mitgliedschaft bei der DGCZ motivierte, sondern insbesondere das Fortbildungsangebot von vielen Zahnärzten als essenziell für einen qualitativ hochwertigen Einsatz von chairside CAD/CAM-Technologien betrachtet wurde. Dabei spielten die grundlegende Informationsbeschaffung, Vertiefung der Kenntnisse und das Mitverfolgen der Innovationsentwicklung eine Rolle.

6.2.6 Schlussfolgerung und Aussicht

Um über einen Trend innerhalb Deutschlands sprechen zu können werden Datenerhebungen aus mindestens zwei unterschiedlichen Zeiträumen benötigt. Da das vorausgegangene Pilotprojekt¹⁷⁸ in Hessen jedoch nur ein Jahr zuvor stattgefunden hat und überdies an einem anderen Standort als die vorliegende Untersuchung durchgeführt wurde, sollten Rückschlüsse auf einen Trend, welche auf Unterschieden beider Datenerhebungen basieren, mit Vorsicht interpretiert werden.

Während im Jahr 2022 nur 45,9 % der hessischen Zahnärzte digitale Patientenakten führten, waren es im Jahr 2023 bereits 90,3 % der Zahnärzte aus den sechs teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern. Ähnliches zeigt die Entwicklung von digitalen Terminkalendern. Die Eingliederung digitaler Röntgensysteme in den Praxisalltag scheint hingegen bereits weiter vorangeschritten zu sein, da innerhalb eines Jahres nur etwa 10,0 % mehr digitale Röntgensysteme verwendet wurden. Überdies stellte die zahnärztliche Stelle von Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Qualitätsprüfungen von Röntgeneinrichtungen in Zahnarztpraxen bereits in den 1990er Jahren fest, dass digitale Röntgensysteme zunehmend analoge ablösten und im Jahr 2013 erstmals mehrheitlich in Zahnarztpraxen vorhanden waren.¹⁹⁶ Technologien des digitalen Workflows waren im Jahr 2023 im Vergleich zu Hessen im Jahr 2022 geringfügig seltener vorhanden. In Hinblick auf den Zeitpunkt der Anschaffung solcher Technologien lässt sich jedoch eine vergleichbare Entwicklung erkennen, sodass die

höhere Verbreitung in Hessen womöglich auf standortbezogene Faktoren zurückzuführen ist. Diese Annahme wird durch Daten des Digitalen Länderkompass Deutschlands (DLD)⁵⁴ unterstützt, wonach das Bundesland Hessen durch eine umfangreiche Digitalisierungsstrategie und konkrete Förderungsprojekte einen Vorreiter darstellt.⁵⁴ Nach Schätzungen des Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für digitale orale Abformung (DGDOA) waren Intraoralscanner in dem Jahr 2019 in 5,0 % bis 7,0 % der Zahnarztpraxen in Deutschland vorhanden.¹⁰ Vor diesem Hintergrund und durch die Angaben über die vergangene Zeit seit der ersten Nutzung von Intraoralscannern ist anzunehmen, dass das Interesse an der digitalen Abformung innerhalb der letzten Jahre deutlich zugenommen hat. Diese Annahme beschränkt sich nicht nur auf Deutschland, sondern zeigte sich auch in vergleichbaren Studien aus den Niederlanden und der USA, in welchen die Mehrheit der Teilnehmer angab, Intraoralscanner maximal fünf Jahre vor Erhebung der Daten erworben zu haben und sich überdies viele Nichtanwender für den Kauf solcher Technologien aussprachen.^{165, 166, 212} Während 64,5 % derjenigen Zahnärzte, welche einen 3D-Drucker im Jahr 2023 besaßen, diesen innerhalb der letzten zwei Jahre erworben haben, trafen im Jahr 2023 67,0 % Zahnärzte in der USA dieselbe Aussage, was gleichermaßen für einen Interessenszuwachs spricht.

Hinsichtlich des mehrheitlich vorhandenen Wunsches nach Fortbildungen zum Thema Digitalisierung und anhand der konkreten Digitalisierungspläne wird deutlich, dass sich der beobachtete digitale Trend in der Zahnmedizin Deutschlands weiter fortsetzen wird. Neben Plänen hinsichtlich digitaler Verwaltungssysteme waren Intraoralscanner gefolgt von 3D-Druckern und CAD/CAM-Fräsen von hohem Interesse. Dies zeigt sich darin, dass 62,9 % derjenigen Zahnärzte, welche konkrete Angaben zu ihren Digitalisierungsplänen machten, eine Anschaffung von Intraoralscannern planten. Darüber hinaus planten etwas mehr als ein Viertel der Befragten den Erwerb von Desktop 3D-Druckern und 15,2 % den Erwerb von CAD/CAM-Fräsen, was mit den Digitalisierungsplänen der Zahnärzte in der Schweiz und den USA vergleichbar ist.^{165,}

¹⁶⁶ Die bereits bestehende Differenz zwischen vorhandenen Intraoralscannern und CAD/CAM-Fräsen scheint sich folglich in Zukunft fortzusetzen, sodass der digitale Workflow auch weiterhin zunehmenden Einfluss auf den Beruf der Zahntechniker nehmen wird. Dass der digitale Wandel in der Zahnmedizin auf globaler Ebene vorangetrieben wird, zeigen neben Daten aus den USA und der Schweiz zudem

Einschätzungen von Zahnärzten aus dem Vereinigtem Königreich, den Niederlanden, Neuseeland und Indien.^{41, 109, 137, 140, 165, 166, 210, 212, 213}

Anhand des mehrheitlich vorhandenen Interesses und Wunsches nach Fortbildungen zum Thema Digitalisierung wird deutlich, dass es sich bei dem Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin nicht mehr um ein Nischeninteresse von einigen wenigen innovationsbegeisterten Zahnärzten handelt. Während digitale Technologien zur Praxis- und Patientenverwaltung bereits von den meisten Zahnärzten verwendet wurden und Einzug in die Gruppe der *Late Majority* gehalten haben, scheinen sich Intraoralscanner, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Drucker noch auf dem Weg dorthin zu befinden. Da jedoch mehr als ein Viertel der Zahnärzte über Intraoralscanner verfügten und das Interesse weiterhin groß war, ist anzunehmen, dass der von Rogers¹⁶⁸ definierte relative Vorteil (*Relative Advantage*) des digitalen Workflows bereits von vielen Zahnärzten wahrgenommen worden ist und Intraoralscanner bereits Einzug in die Gruppe der *Early Majority* gehalten haben. Technologien zur Fertigung von Zahnersatz und zahnmedizinischen Hilfsmitteln, wie CAD/CAM-Fräsen und 3D-Drucker scheinen hingegen noch den *Innovators* und *Early Adopters* vorbehalten zu sein. Während CAD/CAM-Fräsen und somit die subtraktive Fertigung von Zahnersatz und zahnmedizinischen Hilfsmitteln einen eher konstanten Zuwachs in die Praxen erfahren haben, zeigt die additive Fertigung eine ähnliche Innovationsentwicklung wie diejenige der Intraoralscanner, wobei diese jedoch noch am Anfang zu stehen scheint. Der schnellere Zugang der Intraoralscanner in den Praxisalltag könnte durch seine vergleichsweise einfache Anwendbarkeit (*Complexibility*) und ausgiebig berichteten Erfahrungen (*Observability*) erklärt werden. Dahingegen erscheinen chairside Technologien zur Fertigung von Zahnersatz und zahnmedizinischen Hilfsmitteln komplexer und erfordern eine intensivere Auseinandersetzung mit den Eigenschaften und der Verarbeitung moderner Werkstoffe. Überdies existieren zwar Erfahrungsberichte zu diesen Technologien, aber dennoch bleibt eine angemessene Erprobung (*Triability*), wie von Rogers¹⁶⁸ zur eigenständigen Beurteilung solcher Technologien durch hohe Investitionskosten vielen Zahnärzten verwehrt. Daher scheinen sich viele Zahnärzte schrittweise an den digitalen Workflow heranzutasten, indem zunächst ein Intraoralscanner verwendet und Zahnersatz bzw. zahnmedizinische Hilfsmittel im Labsideverfahren hergestellt werden. Darüber hinaus sind Intraoralscanner leichter in den Praxisalltag zu integrieren, während der Gebrauch von CAD/CAM-Technologien den zahnmedizinischen Arbeitsalltag zunächst strukturell

verändern (*Compatibility*). Die Existenz von Gesellschaften mit dem gemeinsamen Interessenbereich Digitalisierung in der Zahnmedizin, wie beispielsweise die DGCZ, zeigen, dass interessierte Zahnärzte eine Lösung zur Beobachtung und Erprobung von CAD/CAM-Technologien gefunden haben.

7 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den aktuellen Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Deutschland als Weiterführung der vorausgegangenen Pilotstudie in Hessen aus dem Jahr 2022 zu untersuchen und dabei etwaige fördernde und hemmende Faktoren auf die Digitalisierung zu identifizieren.

Der in der Pilotstudie verwendete Fragebogen wurde zur Durchführung der Studie an weiteren Standorten Deutschlands modifiziert und umfasste 43 Fragen zu den Themenkomplexen Praxisausstattung, zahnärztliche Behandlung, Einstellung zum Thema Digitalisierung und demografische Daten. In Kooperation mit den (Landes-) Zahnärztekammern (LZK) Baden-Württemberg, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Sachsen und Westfalen Lippe wurden alle aktiv praktizierenden Zahnärzte, welche bei diesen Kammerbereichen registriert waren, via E-Mail zur Teilnahme an der Onlinebefragung eingeladen. Der Befragungszeitraum erstreckte sich dabei von Mai bis Juli 2023. Zur Erweiterung des Studiengebietes und weiterführenden Analyse erfolgte darüber hinaus eine zweite Befragung von Mitgliedern der Deutschen Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde e.V. (DGCZ) in dem Zeitraum August bis Oktober 2023 auf Bundesebene.

An der Befragung innerhalb der teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern nahmen 1005 Zahnärzte (Studiengruppe LZK) und an derjenigen von DGCZ-Mitgliedern 216 Zahnärzte (Studiengruppe DGCZ) teil. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 4,2 % bzw. 13,0 %.

Innerhalb der Studiengruppe LZK war die Mehrheit der Zahnärzte auf administrativer Ebene digital organisiert. Die meist verbreitete digitale Technologie stellten Röntengeräte zur zweidimensionalen Bildgebung dar. Obwohl 26,9 % der Zahnärzte über einen Intraoralscanner, 15,3 % über eine CAD/CAM-Fräse und 4,9 % über einen 3D-Drucker verfügten, wurde die zahnärztliche Behandlung dennoch bei den meisten Zahnärzten zu einem Großteil konventionell durchgeführt. Kombinationen aus digitalen und analogen Vorgehensweisen kamen insbesondere zum Zweck chirurgischer oder kieferorthopädischer Planungen zum Einsatz. In Hinblick auf den digitalen Workflow verteilte sich der Einsatzbereich vom festsitzenden Einzelzahnersatz bis hin zu herausnehmbaren Ganzkieferversorgungen in abnehmender Reihenfolge. Dabei wurden noch viele Intraoralscans im Labsideverfahren weiterverarbeitet. Während digitale

Technologien zur Patientenverwaltung und Röntgendiagnostik positiv bewertet wurden, zeigten einige Zahnärzte eine eher zurückhaltende Einstellung gegenüber Technologien des digitalen Workflows. Die Onlineterminvergabe, Telemedizin und die Onlinepräsenz auf Social-Media-Kanälen bewerteten die Befragten hingegen eher negativ. Dennoch planten 62,9 % der Zahnärzte weitere Digitalisierungsmaßnahmen innerhalb der nächsten zehn Jahre. Sowohl die Reduktion von Verwaltungsarbeit und Lagerflächen als auch eine Steigerung des Patientenkomforts, der Modernität der Praxis und der Effizienz wurden als Beweggründe zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis genannt. Dahingegen stellten sowohl personell bedingte und ökonomische Faktoren als auch Informationsdefizite Hemmnisse für die Anschaffung und Nutzung digitaler Technologien dar. In Hinblick auf fördernde bzw. hemmende Faktoren auf die Digitalisierung in der Zahnarztpraxis waren digitale Technologien statistisch signifikant häufiger vorhanden und wurden von Zahnärzten positiver bewertet, je jünger sie waren, je mehr Zahnärzte innerhalb einer Praxis arbeiteten, je mehr Einwohner der Praxisstandort hatte und je häufiger die Technologien verwendet wurden. Im Vergleich beider Studiengruppen ergaben sich weitestgehend statistisch signifikante Unterschiede, hinsichtlich der digitalen Ausstattung, Verwendung und Bewertung digitaler Technologien. DGCZ-Mitglieder waren diesbezüglich nicht nur statistisch signifikant häufiger digital ausgestattet, sondern bewerteten die Digitalisierung zudem auch insgesamt positiver.

Abschließend lässt sich anhand der vorliegenden Daten sagen, dass viele Zahnarztpraxen in Deutschland hinsichtlich der Digitalisierung bereits fortgeschritten sind und darüber hinaus mit einem Zuwachs digitaler Technologien innerhalb der Zahnarztpraxen zu rechnen ist. Folglich werden digitale Behandlungskonzepte weiterhin an Einfluss gewinnen, wenngleich analoge Methoden ihre Daseinsberechtigung in spezifischen Behandlungsfällen vermutlich noch lange Zeit behalten werden.

8 Summary

The aim of the study was to assess the current state of digitization in German dental practices and to identify factors that promote or hinder digitization, following a pilot study in Hesse from 2022. The questionnaire used in the pilot study was modified for use in other locations in Germany. It consisted of 43 questions covering practice equipment, dental treatment, attitudes toward digitization, and demographics.

The study was conducted in cooperation with the regional dental associations of Baden-Württemberg, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Saxony, and Westphalia-Lippe. All actively practicing dentists registered within these chamber areas were invited to participate in an online survey via E-Mail. The survey period was between May and July 2023. To expand the study area and provide further analysis, a second survey among members of the International Society of Computerized Dentistry (ISCD) was conducted between August and October 2023.

A total of 1005 dentists participated in the chamber survey (response rate: 4,2 %), while 216 participated in the DGCZ survey (response rate: 13,0 %).

Within the chamber survey group, most dentists were digitally organized administratively. The most common digital technology was two-dimensional X-ray imaging equipment. Although 26,9 % of dentists had intraoral scanners, 15,3 % had CAD/CAM milling machines, and 4,9 % had 3D printers, most dentists provided dental care predominantly conventionally. Combinations of digital and analogue approaches were used primarily for surgical or orthodontic planning purposes. In terms of the digital workflow, there was a clear distribution from fixed single-tooth restorations to removable full-arch restorations in decreasing order, and many intraoral scans were still processed using labside methods. While digital technologies for patient management and radiographic diagnostics were positively evaluated, online scheduling, telemedicine services, and Social-Media presence received negative feedback and some dentists exhibited a hesitant attitude toward digital workflow technologies. However, 62,9 % of dentists plan to further digitize their practices within the next decade. Reducing administrative workload, improving patient comfort, modernizing the practices, and increasing efficiency were quoted as motivations for using digital technologies in dental practices, while human resources, economic factors, and information deficits as barriers to adoption and use. Digital technologies were statistically more prevalent and

positively evaluated by younger dentists, those working in larger practices, those serving larger populations, and those using the technologies more frequently. A comparison of the two study groups revealed significant differences in terms of digital equipment, use, and evaluation of digital technologies. DGCZ members were not only more likely to be digitally equipped, but also to have a more positive attitude towards digitization.

In conclusion, German dental practices are relatively advanced in digitization, with an expected increase in digital technologies, though analogue methods will still have their place in specific cases for probably a long time.

9 Abkürzungsverzeichnis

ACE	American Dental Association Clinical Evaluators
BZÄK	Bundeszahnärztekammer
CAD	computer-aided design
CAI	computer-aided impressioning
CAM	computer-aided manufacturing
CEREC	Ceramic Reconstruction
CNC	Computer Numerical Control
CT	Computertomographie
DESI	Digital Economy and Society Index
DGCZ	Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde e.V.
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DiGA	Digitale Gesundheitsanwendungen
DVT	Digitale Volumentomographie
ePA	elektronische Patientenakte
eRezept	elektronisches Rezept
ICDASII	International Caries Detection and Assessment System II
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IOS	Intraoralscanner
ISCD	International Society of Computerized Dentistry
KBV	Kassenärztlichen Bundesvereinigung
LZK	Landeszahnärztekammer
PACS	Picture Archiving and Communication System
PHP	Personal Home Page
STL	Standard-Tessellation-Language
SUS	System Usability Scale
TI	Telematikinfrastruktur
WHO	World Health Organization
zMVZ	zahnmedizinische Versorgungszentren

10 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Schematische Darstellung des konventionellen Workflows in der Zahnärztlichen Prothetik am Beispiel einer Herstellung von festsitzendem Zahnersatz.	13
Abbildung 3.2: Schematische Darstellung des digitalen Workflows im Chairsideverfahren (links) und Labsideverfahren (rechts) am Beispiel einer Herstellung von festsitzendem Zahnersatz.	15
Abbildung 3.3: Schematische Darstellung einer Kombination aus konventionellen Behandlungsschritten innerhalb der Zahnarztpraxis und digitalen Schritten innerhalb des zahntechnischen Labors am Beispiel einer Herstellung von festsitzendem Zahnersatz.	16
Abbildung 3.4: Schematische Darstellung einer Kombination aus digitalen Behandlungsschritten innerhalb der Zahnarztpraxis und digitalen sowie konventionellen Schritten innerhalb des zahntechnischen Labors am Beispiel einer Herstellung von festsitzendem Zahnersatz.	17
Abbildung 4.1: Schematischer Aufbau des Fragebogens.....	41
Abbildung 5.1: Detaillierte Informationen über die Altersverteilung der Teilnehmer (Studiengruppe LZK) im Vergleich zu denjenigen Zahnärzten, welche in den teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern registriert sind (Basisgruppe LZK).	56
Abbildung 5.2: Informationen zur Standortbeteiligung der Teilnehmer. Unterteilung Deutschlands nach (Landes-) Zahnärztekammern (Studiengruppe LZK).	58
Abbildung 5.3: Detaillierte Informationen über die Standortbeteiligung an der Befragung nach Einwohnerzahl (Studiengruppe LZK).	58
Abbildung 5.4: Detaillierte Informationen über die Ausstattung von Zahnarztpraxen verteilt auf die ausschließlich analoge, analoge und digitale und ausschließlich digitale Nutzung (n=Anzahl der gültigen Antworten, Studiengruppe LZK).	60
Abbildung 5.5: Detaillierte Informationen über die Ausstattung mit Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern (Studiengruppe LZK).	61
Abbildung 5.6: Detaillierte Informationen zur Nutzungsdauer von Intraoralscannern, praxisinternen CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern (Studiengruppe LZK).	62

Abbildung 5.7: Zahnärztliche Behandlungen verteilt auf nur analoge, analoge und digitale sowie nur digitale Behandlungsweise (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).	67
Abbildung 5.8: Prozentualer Einsatz von Intraoralscannern (IOS) zur Abformung bei Zahnärzten, welche zzgl. eine CAD/CAM-Fräse besitzen (blau) und denjenigen welche dies nicht tun (grau) (Studiengruppe LZK).	69
Abbildung 5.9: Prozentualer Einsatz von Intraoralscannern (IOS) zur Abformung bei Zahnärzten, welche zzgl. einen 3D-Drucker besitzen (blau) und denjenigen welche dies nicht tun (grau) (Studiengruppe LZK).	69
Abbildung 5.10: Einsatz von Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen oder 3D-Druckern nach Art von festsitzendem und herausnehmbaren Zahnersatz bzw. zahnmedizinischen Hilfsmitteln, innerhalb der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der Zahnärzte, welche die jeweilige Technologie für die zahnärztliche Behandlung verwenden; Studiengruppe LZK).	70
Abbildung 5.11: Einstellung der Befragten zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).	71
Abbildung 5.12: Detaillierte Informationen zu den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).	72
Abbildung 5.13: Detaillierte Informationen über die Begründungen des Verzichtes auf digitale Technologien in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).	73
Abbildung 5.14: Detaillierte Informationen zur Einstellung der Befragten zur Digitalisierung in der Zahnmedizin anhand vorgegebener Aussagen (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe LZK).	74
Abbildung 5.15: Informationen zur Altersstruktur der Studienteilnehmer innerhalb der Studiengruppe DGCZ im Vergleich zu allen registrierten DGCZ-Mitgliedern (Basisgruppe DGCZ).	78
Abbildung 5.16: Detaillierte Informationen zur prozentualen Standortverteilung der Teilnehmer der Studiengruppe DGCZ in Bezug auf die Größe des Patienteneinzugsgebietes der Zahnarztpraxis, Studiengruppe DGCZ).	79
Abbildung 5.17: Detaillierte Informationen zur Standortbeteiligung der Teilnehmer. Unterteilung Deutschlands nach Postleitzonen (Studiengruppe DGCZ).	80

Abbildung 5.18: Detaillierte Informationen über die Ausstattung von Zahnarztpraxen verteilt auf die ausschließlich analoge, analoge und digitale und ausschließlich digitale Nutzung (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).	81
Abbildung 5.19: Detaillierte Informationen über die Ausstattung mit Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern, Studiengruppe DGCZ).	82
Abbildung 5.20: Detaillierte Informationen zur Nutzungsdauer von Intraoralscannern, CAD/CAM-Fräsen und 3D-Druckern (Studiengruppe DGCZ).	83
Abbildung 5.21: Zahnärztliche Behandlungen verteilt auf das ausschließlich analoge, analoge und digitale sowie ausschließlich digitale Vorgehen (n=Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).	85
Abbildung 5.22: Art von festsitzendem und herausnehmbaren Zahnersatz bzw. zahnmedizinischen Hilfsmitteln, bei denen Intraoralscanner, CAD/CAM-Fräsen oder 3D-Drucker zur Herstellung in der Zahnarztpraxis von den Befragten herangezogen werden. (n= Anzahl der Zahnärzte, welche die jeweilige Technologie für die zahnärztliche Behandlung verwenden; Studiengruppe DGCZ).	87
Abbildung 5.23: Einstellung der Befragten zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).	88
Abbildung 5.24 Detaillierte Informationen zu den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis (n= Anzahl der gültigen Antworten; Studiengruppe DGCZ).	90
Abbildung 5.25: Vergleich der Studiengruppen LZK und DGCZ hinsichtlich des prozentualen Einsatzes von Intraoralscannern (IOS) bei Abformungen.	92
Abbildung 5.26: Vergleich der Studiengruppen LZK und DGCZ hinsichtlich des prozentualen Einsatzes von CAD/CAM-Fräsen zur Herstellung von Zahnersatz.	92
Abbildung 5.27: Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin der Studiengruppen LZK und DGCZ im Vergleich.	93
Abbildung 5.28: Beweggründe zur Nutzung digitaler Technologien in der Zahnarztpraxis der Studiengruppen LZK und DGCZ im Vergleich.	94

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Codierung der Antwortmöglichkeiten des SUS nach Brooke ²³	45
Tabelle 4.2: Detaillierte Informationen über die aktiv praktizierenden Mitglieder der an der Befragung teilgenommenen (Landes-) Zahnärztekammern (BW=Baden-Württemberg, BB=Brandenburg, B=Bremen, HH=Hamburg, S=Sachsen, WL=Westfalen-Lippe) im Einzelnen sowie zusammengenommen (LZK=Basisgruppe LZK) und bundesweit (DE); Quelle: Statistisches Jahrbuch 2021/22 ³⁶ der Bundeszahnärztekammer.	48
Tabelle 4.3: Detaillierte Informationen über alle Mitglieder der DGCZ zum Zeitraum der Datenerhebung (Basisgruppe DGCZ).	50
Tabelle 5.1: Erreichte Punktzahlen und Mittelwerte des Validierungsfragebogens und daraus resultierender SUS-Score.....	54
Tabelle 5.2: Detaillierte Informationen über die Teilnahme in den teilnehmenden (Landes-) Zahnärztekammern (Studiengruppe LZK).	55
Tabelle 5.3: Detaillierte Informationen zum prozentualen Anteil des Einsatzes von Intraoralscannern sowie CAD/CAM-Fräsen an der Patientenbehandlung (Studiengruppe LZK).....	68
Tabelle 5.4: Detaillierte Informationen zum prozentualen Anteil des Einsatzes von Intraoralscannern sowie CAD/CAM-Technologien an der Patientenbehandlung (Studiengruppe DGCZ).	86
Tabelle 13.1: Detaillierte Informationen über die geschlechtsspezifische Teilnahme nach (Landes-) Zahnärztekammer (Studiengruppe LZK).	156
Tabelle 13.2: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Technologische Ausstattung gegenüber demografischen Daten (Studiengruppe LZK).	157
Tabelle 13.3 Detaillierte Informationen über den Zusammenhang von Altersgruppen und Digitalisierungsgrad (niedrig = vorhandene digitale Technologien außerhalb des digitalen Workflows; mittel = Intraoralscanner vorhanden; hoch = Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräse und/oder 3D-Drucker vorhanden; Studiengruppe LZK).	158
Tabelle 13.4: Detaillierte Informationen über den Zusammenhang des Praxisstandortes in den Kammerbereichen der neuen und alten Bundesländer und des Digitalisierungsgrades (Studiengruppe LZK).	158
Tabelle 13.5: Detaillierte Informationen über den Zusammenhang des Geschlechtes und des Digitalisierungsgrades (Studiengruppe LZK).....	159

Tabelle 13.6: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Demographische Daten gegenüber der beruflichen Verwendung von Social-Media-Kanälen (Studiengruppe LZK).....	159
Tabelle 13.7: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhang zwischen der Internetqualität innerhalb der Zahnarztpraxis und der Praxislokalisierung (Studiengruppe LZK).....	160
Tabelle 13.8: Detaillierte Informationen zur geschlechterspezifischen Bewertung der Digitalisierung in der Zahnmedizin im Allgemeinen und im Speziellen anhand einer Likert-Skala (1=negativ, 2=eher negativ, 3=unentschieden, 4=eher positiv, 5= positiv; Studiengruppe LZK).	160
Tabelle 13.9: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin und demografischen Daten der Teilnehmer (Studiengruppe LZK).....	161
Tabelle 13.10: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhänge zwischen den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien und dem vorhandenen Digitalisierungsgrad (1=niedrig: vorhandene digitale Technologien außerhalb des digitalen Workflows; 2=mittel: Intraoralscanner vorhanden; 3=hoch: Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräse und/oder 3D-Drucker vorhanden; Studiengruppe LZK).	162
Tabelle 13.11: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien und der Einstellung gegenüber derselben bzw. den Beweggründen zur Nutzung derselben Technologien in der Zahnarztpraxis; Studiengruppe LZK).	163
Tabelle 13.12: Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis und erfolgter Fortbildung zum Thema Digitalisierung (Studiengruppe LZK).	164
Tabelle 13.13: Detaillierte Informationen zur geschlechterspezifischen Bewertung der Digitalisierung in der Zahnmedizin im Allgemeinen und im Speziellen (1=negativ, 2=eher negativ, 3=unentschieden, 4=eher positiv, 5= positiv; Studiengruppe DGCZ).	165
Tabelle 13.14: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Nutzung von Terminkalendern.	165
Tabelle 13.15: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Terminvergabe.	166

Tabelle 13.16: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Durchführung der Patientenanamnese.	166
Tabelle 13.17: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Durchführung der Patientenaufklärung.....	167
Tabelle 13.18: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Verwaltung von Materialien.	167
Tabelle 13.19: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit Röntgensystemen zur zweidimensionalen Bildgebung.	168
Tabelle 13.20: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Durchführung der Archivierung von Modellen.	168
Tabelle 13.21: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit digitalen Volumentomographen.....	169
Tabelle 13.22: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit CAD/CAM-Fräsen.....	169
Tabelle 13.23: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit 3D-Druckern.	170
Tabelle 13.24: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei Situationsabformungen.....	170
Tabelle 13.25: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei Präzisionsabformungen.	171
Tabelle 13.26: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei Implantatabformungen.	171
Tabelle 13.27: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der intraoralen oder extraoralen Fotodokumentation.	172
Tabelle 13.28: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Kariesdiagnostik.....	172
Tabelle 13.29: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Visualisierung von Behandlungsergebnissen.....	173
Tabelle 13.30: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Registrierung.	173
Tabelle 13.31: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Herstellung von Zahnersatz in der Zahnarztpraxis.	174

Tabelle 13.32: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Herstellung von zahnmedizinischen Hilfsmitteln (z.B. Modelle, Bohrschablonen, Schienen, Retainer).....	174
Tabelle 13.33: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Implantatplanung.....	175
Tabelle 13.34: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der kieferorthopädischen Planung.....	175
Tabelle 13.35: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der mund-, kiefer-, und gesichtschirurgischen Planung	176

11 Literaturverzeichnis

1. Albrecht M. , Otten M. , Sander M. PraxisBarometer Digitalisierung 2021 - Stand und Perspektiven der Digitalisierung in der vertragsärztlichen und - psychotherapeutischen Versorgung. Berlin: *IGES Institut*: 2022.
2. AmannGirrbach; Zebris for Ceramill - Der digitale Gesichtsbogen, General Catalog [aktualisiert am 01.08.2023]. Link: <https://media.amanngirrbach.com/api/asset/eyJjbGllbnRJZCI6bnVsbCwiaWQiOjI4OTc5InRpbWVzdGFtcCI6MTY4NjEyNDMyOCwidmVyc2lvbiI6MTY4NTA5MDE3MH0:amann-girrbach:zRi7Fo6bFlCMmfVK-j29rMAIT0ad1FV5gwkdZH8P4Xg/download>
3. Andrès E., Meyer L., Zulfiqar A. A., Hajjam M., Talha S., Bahougne T., Erv S., Hajjam J., Doucet J., Jeandidier N. Telemonitoring in diabetes: evolution of concepts and technologies, with a focus on results of the more recent studies. *Journal of medicine and life*; 12: 203; 2019.
4. Angelucci A., Aliverti A. Telemonitoring systems for respiratory patients: technological aspects. *Pulmonology*; 26: 221-232; 2020.
5. Antheunis M. L., Tates K., Nieboer T. E. Patients' and health professionals' use of social media in health care: motives, barriers and expectations. *Patient education and counseling*; 92: 426-431; 2013.
6. Araújo M. R., Alvarez M. J., Godinho C. A., Pereira C. Psychological, behavioral, and clinical effects of intra-oral camera: a randomized control trial on adults with gingivitis. *Community Dent Oral Epidemiol*; 44: 523-530; 2016.
7. Arnett M. R., Loewen J. M., Romito L. M. Use of social media by dental educators. *Journal of dental education*; 77: 1402-1412; 2013.
8. Audiau S., Schmoll L., Blanc F. Transports and hospitalizations avoided thanks to teleconsultations for elderly patients living in nursing homes. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*; 19: 447-458; 2021.
9. Bangor A., Kortum P. T., Miller J. T. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*; 24: 574-594; 2008.

10. Baresel I. Durchblick im Dschungel der Intraoralscanner [aktualisiert am 08.01.2024]. Link: <https://dentalwelt.spitta.de/zahnmedizin/durchblick-im-dschungel-der-intraoralscanner/>.
11. Baresel I. Intraoralscanner mit Nahinfrarot-Technologie (NIRI) - Paradigmenwechsel in der Kariesdiagnostik. *Quintessenz Zahnmedizin*; 08/21: 843-857; 2021.
12. Benedict H. C. The fluorescence of teeth as another method of attack on the problem of dental caries. *Journal of Dental Research*; 9: 274-275; 1929.
13. Berry J., Nesbit M., Saberi S., Petridis H. Communication methods and production techniques in fixed prosthesis fabrication: a UK based survey. Part 1: communication methods. *British dental journal*; 217: E12; 2014.
14. Bertelsmann Stiftung. Teil 1: Digital-Health-Index - So funktioniert der Index; 2018 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Der_digitale_Patient/VV_SHS-Spitzenengruppe.pdf
15. Betrisey E., Rizcalla N., Krejci I., Ardu S. Caries diagnosis using light fluorescence devices: VistaProof and DIAGNOdent. *Odontology*; 102: 330-335; 2014.
16. Beuer F., Schweiger J., Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*; 204: 505-511; 2008.
17. Blackwell E., Nesbit M., Petridis H. Survey on the use of CAD-CAM technology by UK and Irish dental technicians. *British dental journal*; 222: 689-693; 2017.
18. Blair J., Conrad F. G. Sample size for cognitive interview pretesting. *Public opinion quarterly*; 75: 636-658; 2011.
19. Bortz J., Döring N. Quantitative Methoden der Datenerhebung. Forschungsmethoden und Evaluation. Heidelberg: *Springer-Verlag*: 137-293; 2006.
20. Bosniac P., Rehmann P., Wöstmann B. Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clinical oral investigations*; 23: 2421-2427; 2019.
21. Brahmabhatt D. H., Cowie M. R. Remote management of heart failure: an overview of telemonitoring technologies. *Cardiac failure review*; 5: 86; 2019.
22. Brauns H. J., Loos W. Telemedizin in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*; 58: 1068-1073; 2015.

23. Brooke J. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*; 189: 4-7; 1996.
24. Brunton P. A., Ratnayake J., Loch C., Veerasamy A., Cathro P., Lee R. Indirect Restorations and Fixed Prosthodontics: Materials and Techniques Used by General Dentists of New Zealand. *International journal of dentistry*; 01/2019: 5210162; 2019.
25. Brunton P. A., Sharif M. O., Creanor S., Burke F. J., Wilson N. H. Contemporary dental practice in the UK in 2008: indirect restorations and fixed prosthodontics. *British dental journal*; 212: 115-119; 2012.
26. Buchalla W., Attin T., Niedmann Y., Niedmann P. D., Lennon A. M. Porphyrins are the cause of red fluorescence of carious dentine: verified by gradient reversed-phase HPLC. *Caries Research*; 42: 223; 2008.
27. Buchalla W., Lennon A. M. Die fluoreszenzunterstützte Kariesexkavation— Funktionsprinzip und Empfehlungen für den Gebrauch. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*; 2: 110-120; 2015.
28. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik; Telematikinfrastuktur - sichere Vernetzung medizinischer Versorgung [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/E-Health/Telematikinfrastuktur/telematikinfrastuktur.html>.
29. Bundesärztekammer; Telemedizinische Verfahren: Erfolgsfaktor für eine bessere Betreuung chronisch Kranker [aktualisiert am 05.02.2024]. Link: <https://www.bundesaerztekammer.de/themen/aerzte/digitalisierung/telemedizin-fernbehandlung>.
30. Bundesärztekammer. Beschlussprotokoll. *113 Deutscher Ärztetag*; 113: 76-81; 2010 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.bundesaerztekammer.de/arzt2010/media/Beschlussprotokoll.pdf&ved=2ahUKEwjV1eG54r-GAxW8_rsIHcp2CogQFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw0vYa7bdxGb63-EqjltlIEi
31. Bundesministerium für Gesundheit; Ärzte sollen Apps verschreiben können [aktualisiert am 03.01.2024]. Link: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/digitale-versorgung-gesetz>.
32. Bundesministerium für Gesundheit; E-Health-Gesetz [aktualisiert am 29.01.2024]. Link: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/e/e-health-gesetz>.

33. Bundesministerium für Gesundheit; Digitalisierung im Gesundheitswesen, Für die erfolgreiche Weiterentwicklung unserer Gesundheitsversorgung ist das Vorantreiben der Digitalisierung die zentrale Voraussetzung. [aktualisiert am 03.01.2024]. Link: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/digitalisierung/digitalisierung-im-gesundheitswesen.html#c26127>.
34. Bundesministerium für Gesundheit; Elektronische Gesundheitskarte [aktualisiert am 17.08.2023]. Link: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/digitalisierung/elektronische-gesundheitskarte>.
35. Bundeszahnärztekammer; Telematik [aktualisiert am 07.07.2023]. Link: <https://www.bzaek.de/berufsausuebung/telematik.html>.
36. Bundeszahnärztekammer. Statistisches Jahrbuch 2021/2022. Berlin: *Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zahnärztekammern e.V.*; Kapitel Mitglieder der (Landes-)Zahnärztekammern: 40-71; 2022.
37. Burke F. J. T., Wilson N. H. F., Brunton P. A., Creanor S. Contemporary dental practice in the UK. Part 1: demography and practising arrangements in 2015. *British dental journal*; 226: 55-61; 2019.
38. Burzynski J. A., Firestone A. R., Beck F. M., Fields H. W., Jr., Deguchi T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*; 153: 534-541; 2018.
39. Chang S. W., Plotkin D. R., Mulligan R., Polido J. C., Mah J. K., Meara J. G. Teledentistry in rural California: a USC initiative. *Journal of the California Dental Association*; 31: 601-608; 2003.
40. Cheah W. H., Mat Jusoh N., Aung M. M. T., Ab Ghani A., Mohd Amin Rebulan H. Mobile Technology in Medicine: Development and Validation of an Adapted System Usability Scale (SUS) Questionnaire and Modified Technology Acceptance Model (TAM) to Evaluate User Experience and Acceptability of a Mobile Application in MRI Safety Screening. *Indian Journal of Radiology and Imaging*; 33: 36-45; 2022.
41. Choukse V., Kunturkar A., Nirmal Aidasani A., Masih Gottlieb A., Agrawal R., Bumb P. P. Survey of Indian Dental Professionals Regarding the Use of Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacture (CAD/CAM) Technology. *Cureus*; 15: e40392; 2023.

42. Cohen J. Set correlation and contingency tables. *Applied psychological measurement*; 12: 425-434; 1988.
43. Colbert G. B., Venegas-Vera A. V., Lerma E. V. Utility of telemedicine in the COVID-19 era. *Reviews in cardiovascular medicine*; 21: 583-587; 2020.
44. De Melo T. S., De Albuquerque Pacheco G., De Castro De Souza M. I. Figueiredo, Karla. A dental pre-screening system: usability and user perception. *The International Society for Telemedicine and eHealth*; 11: 1-7; 2023.
45. Dehurtevent M., Robberecht L., Béhin P. Influence of dentist experience with scan spray systems used in direct CAD/CAM impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*; 113: 17-21; 2015.
46. Denecke K., Bamidis P., Bond C., Gabarron E., Househ M., Lau A. Y., Mayer M. A., Merolli M., Hansen M. Ethical Issues of Social Media Usage in Healthcare. *Yearbook of medical informatics*; 10: 137-147; 2015.
47. Dentsply Sirona. CEREC Ortho SW 2.0: Behandlungssimulation direkt am Stuhl [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.dentsplysirona.com/de/de/unternehmen/news-and-press-release-detail-page.html/content/dam/master/news/de/geschaeftsbereiche/cad-cam/2019/cerec-ortho-sw-2-0--behandlungssimulation-direkt-am-stuhl-fuer-o>
48. Dentsply Sirona. Ein Komplettsystem für Zahnärzte und Zahntechniker, Primprint Solution: das neue 3D-Drucksystem von Sirona [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.zmk-aktuell.de/marktplatz/firmennachrichten/story/primprint-solution-das-neue-3d-drucksystem-von-sirona__11114.html
49. Deutsches Krankenhaus Institut. Erstellung und Validierung von Fragebögen - DKI-Qualitätssiegel für Fragebögen [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.dki.de/fileadmin/Forschung/2018_07_Validierung_von_Frageboegen.pdf
50. Dijk van Jan A. G. M. The network society. Social aspects of new media. London: *SAGE Publications*; 2: 3-6; 2006.
51. Distel E.; Anzahl und Statistik der Zahnarztpraxen in Deutschland [aktualisiert am 03.01.2024]. Link: <https://www.gesundheitsmarkt.de/anzahl-statistik-zahnarztpraxen-deutschland/>.
52. Dombrowski U., Riechel C., Evers M. Industrie 4.0–Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. *Industrie*; 4: 129-153; 2014.

53. Dragan I. F., Dalessandri D., Johnson L. A., Tucker A., Walmsley A. D. Impact of scientific and technological advances. *European Journal of Dental Education*; 22/1: 17-20; 2018.
54. eco - Verband der Internetwirtschaft e.V.: eco - Verband der Internetwirtschaft e.V.; eco stellt Digitalen Länderkompass Deutschland vor. Digitalpolitik: Hessen, Baden-Württemberg & Nordrhein-Westfalen sind Vorreiter [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.eco.de/presse/eco-stellt-digitalen-laenderkompass-deutschland-vor/>.
55. Ender A., Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study. *International Journal of Computerized Dentistry*; 14: 11-21; 2011.
56. Ender A., Zimmermann M., Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *International Journal of Computerized Dentistry*; 22: 11-19; 2019.
57. Estai M., Kanagasigam Y., Xiao D., Vignarajan J., Huang B., Kruger E., Tennant M. A proof-of-concept evaluation of a cloud-based store-and-forward telemedicine app for screening for oral diseases. *Journal of telemedicine and telecare*; 22: 319-325; 2016.
58. Ettlin D., Gallo L. M. Gütekriterien diagnostischer Verfahren. Das Kiefergelenk in Funktion und Dysfunktion. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; Kapitel 20: 184-208; 2019.
59. European Commission; Digital Economy and Society Index (DESI) 2021 Germany [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-germany>.
60. Farsi D. Social Media and Health Care, Part I: Literature Review of Social Media Use by Health Care Providers. *Journal of Medical Internet Research*; 23: e23205; 2021.
61. Farsi D., Martinez-Menchaca H. R., Ahmed M., Farsi N. Social Media and Health Care (Part II): Narrative Review of Social Media Use by Patients. *Journal of Medical Internet Research*; 24: e30379; 2022.
62. Feussner H., Etter M., Siewert J. R. Telekonsultation. *Der Chirurg*; 69: 1129-1133; 1998.
63. Fisseni H. J. Lehrbuch der psychologischen Diagnostik (2., überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: *Hogrefe*; Kapitel 3: 203-2017; 1997.

64. Flaitz C. M. Radiographic, histologic, and electronic comparison of occlusal caries: as in vitro study. *Pediatric Dentistry Journal*; 8: 24-28; 1986.
65. Flügge T. V., Schlager S., Nelson K., Nahles S., Metzger M. C. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 144: 471-478; 2013.
66. Fuhrmann A. Röntgenbefund und Diagnostik. Zahnärztliche Radiologie. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; Kapitel 11: 148-174; 2013.
67. Geurtsen W., Hellwig E., Klimek J. S2k-Leitlinie (Leitlinienreport) Kariesprophylaxe bei bleibenden Zähnen–grundlegende Empfehlungen. *AMWF Leitlinien Register*:16-11; 2016.
68. Gibbs C. H., Hirschfeld J. W., Lee J. G., Low S. B., Magnusson I., Thousand R. R., Yemeni P., Clark W. B. Description and clinical evaluation of a new computerized periodontal probe-the Florida Probe. *Journal of clinical periodontology*; 15: 137-144; 1988.
69. Gimenez-Gonzalez B., Hassan B., Özcan M., Pradies G. An In Vitro Study of Factors Influencing the Performance of Digital Intraoral Impressions Operating on Active Wavefront Sampling Technology with Multiple Implants in the Edentulous Maxilla. *Journal of Prosthodontics*; 26: 650-655; 2017.
70. Giraudeau N., Bauer M., Tramini P., Inquimbert C., Toupenay S. A national teledentistry study on the knowledge, attitudes, training and practices of private dentists. *Digital Health*; 8: 2022.
71. Giraudeau Nicolas, Bauer Mathieu, Tramini Paul, Inquimbert Camille, Toupenay Steve. A national teledentistry study on the knowledge, attitudes, training and practices of private dentists. *Digital Health*; 8: 20552076221085069; 2022.
72. Greenhalgh T., Robert G., Macfarlane F., Bate P., Kyriakidou O. Diffusion of innovations in service organizations: systematic review and recommendations. *The milbank quarterly*; 82: 581-629; 2004.
73. Gross T.; LimeSurvey aus Admin-Sicht: Große Stärken, kleine Schwächen [aktualisiert am 06.12.2023]. Link: <https://seibert.group/blog/2011/01/24/limesurvey-aus-admin-sicht-grosse-staerken-kleine-schweachen/>.
74. Gruber M. Okklusale Kariesdiagnostik mit Intraoralscannern im Rahmen der zahnärztlichen Vorsorgeuntersuchung: Eine klinische Studie. *Oralprophylaxe Kinderzahnheilkunde* 45, 150–171; 2023.

75. Güth J. F., Edelhoff D., Schweiger J., Keul C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro. *Clinical oral investigations*; 20: 1487-1494; 2016.
76. Güth J. F., Runkel C., Beuer F., Stimmelmayer M., Edelhoff D., Keul C. Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect digitalization. *Clinical oral investigations*; 21: 1445-1455; 2017.
77. Haak R, Wicht MJ. Radiologische und zusätzliche diagnostische Verfahren. *Karies-Wissenschaft und klinische Praxis*. Stuttgart:Georg Thieme Verlag: 95-111; 2012.
78. Haak R., Kühnisch J. Visuelle Kariesdiagnostik mit ICDAS. *Quintessenz*; 62: 1425-1430; 2011.
79. Hägglund M., Scandurra I. User evaluation of the swedish patient accessible electronic health record: system usability scale. *JMIR human factors*; 8: e24927; 2021.
80. Harms F.; Wie wirkt sich das Coronavirus auf die Nutzung digitaler Medien aus? [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://de.statista.com/themen/6289/auswirkungen-des-coronavirus-covid-19-auf-digitale-medien/#topicOverview>.
81. Heinrich-Weltzien R., Kühnisch J., Oehme T., Weerheijm K., Stöber L. Okklusalkaries-Diagnostik-Ein Vergleich von DIAGNOdent mit konventionellen Methoden. *Oralprophylaxe*; 25: 77-80; 2003.
82. Heinzmann V.; Genau mein Ding: Spezialisierungen und Fachzahnarztweiterbildung [aktualisiert am 03.01.2024]. Link: <https://www.zwp-online.info/zwpnews/dental-news/branchenmeldungen/zahnarztliche-spezialisierungen-und-fachzahnarztweiterbildung>.
83. Hellmuth T. Neuere Methoden in der konfokalen Mikroskopie. *Physikalische Blätter*; 49: 489-491; 1993.
84. Hellwig E. Klimek J., Attin J. Befunderhebung und Diagnose im Rahmen der Kariestherapie. Einführung in die Zahnerhaltung. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; Kapitel 3: 79-114; 2013.
85. Henry-Schein-Dental. Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen 2190.
86. Hirsch-Kreinsen H. Einleitung: Digitalisierung industrieller Arbeit. Digitalisierung industrieller Arbeit; 2015: *Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG* 2015;10-31.

87. Holden A. Social media and professionalism: does the profession need to re-think the parameters of professionalism within social media? *Australian dental journal*; 62: 23-29; 2017.
88. Holden R. J., Karsh B. T. The technology acceptance model: its past and its future in health care. *Journal of biomedical informatics*; 43: 159-172; 2010.
89. Hornung F., Weihe S.; Greifbar nah: Die 4. Dimension der Kieferrelationsbestimmung. *ZWP-Online* [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/digitale-zahnmedizin/digitale-bildgebung/greifbar-nah-die-4-dimension-der-kieferrelationsbestimmung>.
90. Huang G., Wu L., Hu Jie, Zhou X., He F., Wan L., Pan S.u T. Main applications and recent research progresses of additive manufacturing in dentistry. *BioMed Research International*; 2022: 2021.
91. Husain N. A. H., Molinero-Mourelle P., Janner S. F. M., Brägger U., Özcan M., Schimmel M., Revilla-Léon M., Abou-Ayash S. Digital workflow for implant-supported fixed complete dentures based on backwards planning in an edentulous patient Digitaler Workflow und Backward-Planning für implantatgetragene Full-arch-Brücken bei einem unbezahnten Patienten. *International Journal of Computerized Dentistry*; 24: 89-101; 2021.
92. Ingenieur.de Der erste Computer der Welt: Z3 von Konrad Zuse fand damals kaum Beachtung [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.ingenieur.de/technik/produkte/konrad-zuses-z3-computer-welt-80/>.
93. Initiative D21 e.V. D21 Digital index 2021/2022; 2022. *Initiative D21* [aktualisiert am 28.05.2024] Link: <https://initiatived21.de/publikationen/d21-digital-index>.
94. Initiative D21 e.V., Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit e.V. Digital Gender Gap: Lagebild zu Gender(un)gleichheiten in der digitalisierten Welt. Initiative D21; [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://initiatived21.de/publikationen/digital-gender-gap>.
95. Jafri Z., Ahmad N., Sawai M., Sultan N., Bhardwaj A. Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. *Journal of oral biology and craniofacial research*; 10: 194-198; 2020.
96. Joda T., Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clinical oral implants research*; 27: e185-e189; 2016.

97. Kachalia P. R., Geissberger M. J. Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *Journal of the California Dental Association*; 38: 323-330; 2010.
98. Kalender W. A. X-ray computed tomography. *Physics in Medicine & Biology*; 51: R29; 2006.
99. Kamm Karten. Diagnostik–Planung–Kommunikation. *Quintessenz Zahntechnik*; 45: 8; 2019.
100. Karlsson L., Maia A. M. A., Kyotoku B. B . C., Tranaeus S., Gomes A. S. L., Margulis W. Near-infrared transillumination of teeth: measurement of a system performance. *Journal of Biomedical Optics*; 15: 036001; 2010.
101. Kassenärztliche Bundesvereinigung. Digitale Innovationen im Praxistest; 2022.
102. Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung; Papierlose Abrechnung in der Zahnarztpraxis [aktualisiert am 01.02.2024]. Link: <https://www.kzbbv.de/papierlose-abrechnung.98.de.html#>.
103. Keul C., Güth J. F. Digitale Abformung: Tipps, Tricks und Stolpersteine. *Der Freie Zahnarzt*; 63: 88-92; 2019.
104. Keul C., Stawarczyk B., Erdelt K. J., Beuer F., Edelhoff D., Güth J. F. Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization—a laboratory study. *Dental Materials*; 30: 400-407; 2014.
105. Keul Christine, Güth Jan-Frederik. Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo comparison. *Clinical oral investigations*; 24: 735-745; 2020.
106. Kim J., Park J. M., Kim M., Heo S. J., Shin I. H., Kim M. Comparison of experience curves between two 3-dimensional intraoral scanners. *The Journal of prosthetic dentistry*; 116: 221-230; 2016.
107. Klug B. An overview of the system usability scale in library website and system usability testing. *Weave: Journal of Library User Experience*; 1; 2017.
108. Köhler M. Digitalisierung des Gesundheitswesens: Weiterhin Kritik am bundesweiten Rollout des E-Rezepts. 2023. *DAZonline* [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2023/07/18/weiterhin-widerstand-gegen-bundesweiten-rollout-des-e-rezepts>.
109. Lee R. J., Ratnayake J., Veerasamy A., Loch C., Cathro P., Brunton P. A. Demographics, Practising Arrangements, and Standards: Survey among New Zealand Dentists. *International journal of dentistry*; 2018: 7675917; 2018.

110. Leinfelder K. F., Isenberg B. P., Essig M. E. A new method for generating ceramic restorations: a CAD-CAM system. *The Journal of the American Dental Association*; 118: 703-707; 1989.
111. Lenzner T., Neuert C., Otto W. Kognitives Pretesting (GESIS Survey Guidelines). GESIS Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften 2015 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.gesis.org/fileadmin/admin/Dateikatalog/pdf/guidelines/kognitives_pretesting_lenzner_neuert_otto_2015.pdf
112. Lewis J. R. The system usability scale: past, present, and future. *International Journal of Human-Computer Interaction*; 34: 577-590; 2018.
113. Liebermann A., Bjelopavlovic M., Rauch A., Schlenz M. A., Erdelt K. Assessment of a virtual prosthetic case planning environment for dental education - A multicentric analysis. *European Journal of Dental Education*; 28(1): 275-286 2023.
114. LimeSurvey GmbH Hamburg; LimeSurvey [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.limesurvey.org/de>.
115. LimeSurvey GmbH Hamburg; LimeSurvey Manual [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://manual.limesurvey.org/LimeSurvey_Manual/de.
116. Löhrs-Hintz D. Telemedizin in der Zahnmedizin und Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: Potenziale und Barrieren [Zahnmedizinische Dissertation]. Berlin: *Freie Universität Berlin*; 2023..
117. Lou T., Mair A. An Historical Overview of Clear Aligner Therapy the Evolution of Clear Aligners. *Oral Health Group*: 2020 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.oralhealthgroup.com/features/an-historical-overview-of-clear-aligner-therapy-the-evolution-of-clear-aligners/>.
118. Lupton D. The digitally engaged patient: Self-monitoring and self-care in the digital health era. *Social Theory & Health*; 11: 256-270; 2013.
119. Magnusson I., Fuller W. W., Heins P. J., Rau C. F., Gibbs C. H., Marks R. G., Clark W. B. Correlation between electronic and visual readings of pocket depths with a newly developed constant force probe. *Journal of clinical periodontology*; 15: 180-184; 1988.
120. Maltar M., Milos L., Milardovic S., Kovacic I., Persic S., Juros I., Kranjic J. Attitudes of the Students from the School of Dental Medicine in Zagreb towards CAD/CAM. *Acta stomatologica Croatica*; 52: 322-329; 2018.

121. Mangano C., Luongo F., Migliario M., Mortellaro C., Mangano F. G. Combining intraoral scans, cone beam computed tomography and face scans: the virtual patient. *Journal of Craniofacial Surgery*; 29: 2241-2246; 2018.
122. Mangano F., Gandolfi A., Luongo G., Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*; 17: 149; 2017.
123. Mangano Francesco, Gandolfi Andrea, Luongo Giuseppe, Logozzo Silvia. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*; 17: 1-11; 2017.
124. Mariño R., Hopcraft M., Tonmukayakul U., Manton D., Marwaha P., Stanieri A., Collmann R., Clarke K. Teleconsultation/telediagnosis using teledentistry technology: a pilot feasibility study. *International Journal of Advanced Life Sciences*; 6: 291-299; 2014.
125. Marinova-Takorova Mirela, Panov Vladimir, Anastasova Radostina. Effectiveness of near-infrared transillumination in early caries diagnosis. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*; 30: 1207-1211; 2016.
126. Marx G., Beckers R., Fehn K., Stellmacher L., Jäschke T., Bartmann F. Definitionen und Grundlagen. Telemedizin. Berlin: *Springer-Verlag*: 3-87; 2021.
127. Marxkors R. Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. *Deutscher Ärzteverlag*; Kapitel 1: 11-65; 2007.
128. Mayer J., Stawarczyk B., Kieschnick A., Roland B., Reymus M. 3-D-Druck bei der Herstellung von Modellen und Bohrschablonen. *Quintessenz Zahntechnik*; 45: 109-110; 2019.
129. MediaWiki. Workarounds: Manipulating a survey at runtime using Javascript [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://manual.limesurvey.org/Workarounds:_Manipulating_a_survey_at_runtime_using_Javascript#.
130. Mehl C., Harder S., Byrne A., Kern M. Prosthodontics in digital times: a case report. *Quintessence International*; 44(1): 29-36; 2013.
131. Meystre S. The current state of telemonitoring: a comment on the literature. *Telemedicine Journal & e-Health*; 11: 63-69; 2005.
132. Mironov V., Reis N., Derby B. Bioprinting: a beginning. *Tissue engineering*; 12: 631-634; 2006.

133. Moermann W., Jans H., Brandestini M., Ferru A., Lutz F. Computer machined adhesive porcelain inlays: margin adaptation after fatigue stress. *Journal of Dental Research*; 65: 763; 1986.
134. Moosbrugger H., Kelava A. Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen. *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*: 13-38; 2020.
135. Mörmann W. H. The evolution of the CEREC system. *The Journal of the American Dental Association*; 137: 7S-13S; 2006.
136. Mörmann W. H., Attin T. Keramik in der Zahnerhaltung-unter dem Aspekt der CAD/CAM Technik. *Zahnärzteblatt Baden-Württemberg*: 30-35; 2008.
137. Mühlemann S., Sandrini G., Ioannidis A., Jung R. E., Hämmerle C. H. F. The use of digital technologies in dental practices in Switzerland: a cross-sectional survey. *Swiss dental journal*; 129: 700-707; 2019.
138. Nagy Z., Simon B., Mennito A., Evans Z., Renne W., Vág J. Comparing the trueness of seven intraoral scanners and a physical impression on dentate human maxilla by a novel method. *BMC oral health*; 20: 1-10; 2020.
139. Netzwelt GmbH; DSL-Statistik: Die schnellsten Provider, Bundesländer und Orte, Breitband-Report [aktualisiert am 06.12.2023]. Link: <https://www.netzwelt.de/dsl-speedtest/statistik.html>.
140. Neville P., van der Zande M. M. Dentistry, e-health and digitalisation: A critical narrative review of the dental literature on digital technologies with insights from health and technology studies. *Community dental health*; 37: 51-58; 2020.
141. Nickenig H. J., Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*; 35: 207-211; 2007.
142. NorthData; Recherchiere Firmen-bekanntmachungen und finanzielle Kennzahlen; LimeSurvey GmbH, Hamburg [aktualisiert am 07.02.2024]. Link: <https://www.northdata.de/?id=1108745032>.
143. Novakovic D., Wack F. X. DVT im Low-Dose-Modus. *Dentale Implantologie & Parodontologie*; 2017.
144. Omar Doya, Duarte Carolina. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. *The Saudi dental journal*; 30: 7-12; 2018.
145. Organization World Health. WHA71.7 Digital health; 2018.

146. Parashos P., Morgan M. V., Messer H. H. Response rate and nonresponse bias in a questionnaire survey of dentists. *Community dentistry and oral epidemiology*; 33: 9-16; 2005.
147. Parmar N., Dong L., Eisingerich A. B. Connecting With Your Dentist on Facebook: Patients' and Dentists' Attitudes Towards Social Media Usage in Dentistry. *Journal of Medical Internet Research*; 20: e10109; 2018.
148. Paus I., Deißner A., Pohl F., Kanellopoulos C. C., Grimm R., Stavenhagen L., Freudenberg J., Wolfs L. The tech divide. Contrasting attitudes towards digitisation in Europe, Asia and the USA. *Vodafone Institute for Society and Communications (Hrsg)*; 30: 20-37; 2021.
149. Pieruschka Marius. Opensignal: Digitale Kluft zwischen Stadt und Land bei 5G. 4GDE. 2022 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.4g.de/news/opensignal-digitale-kluft-stadt-land-5g-12559/>
150. Plaza-Ruíz S. P., Barbosa-Liz D. M., Agudelo-Suárez A. A. Impact of COVID-19 on the Knowledge and Attitudes of Dentists toward Teledentistry. *JDR clinical and translational research*; 6: 268-278; 2021.
151. Porst Rolf. Im Vorfeld der Befragung: Planung, Fragebogenentwicklung, Pretesting. 1998. *Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen -ZUMA* [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/20048/ssoar-1998-porst-im_vorfeld_der_befragung.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-1998-porst-im_vorfeld_der_befragung.pdf.
152. Prüfer P., Rexroth M. Verfahren zur Evaluation von Survey-Fragen: Ein Überblick. 1996. *Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen -ZUMA* [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/20020/ssoar-1996-prufer_et_al-verfahren_zur_evaluation_von_survey-fragen.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-1996-prufer_et_al-verfahren_zur_evaluation_von_survey-fragen.pdf.
153. Prüfer P., Rexroth M. Zwei-Phasen-Pretesting. 2000. *Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen -ZUMA* [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/20086/ssoar-2000-prufer_et_al-zwei-phasen-pretesting.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-2000-prufer_et_al-zwei-phasen-pretesting.pdf.

154. Queyroux A., Saricassapian B., Herzog D., Müller K., Herafa I., Ducoux D., Marin B., Dantoine T., Preux P. M., Tchalla A. Accuracy of teledentistry for diagnosing dental pathology using direct examination as a gold standard: results of the tel-e-dent study of older adults living in nursing homes. *Journal of the American Medical Directors Association*; 18: 528-532; 2017.
155. Rainer-Reginald M. Zur Geschichte der Alignertherapie. *ZWP Online*; 2012 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/kieferorthopaedie/grundlagen/zur-geschichte-der-alignertherapie>
156. Rauch A., Schrock A., Schierz O., Hahnel S. Cementation of Tooth-colored Restorations - A Survey among Dentists in Germany. *The journal of adhesive dentistry*; 22: 567-571; 2020.
157. Raveling J.; Die Geschichte der Digitalisierung – Teil II - Eine Reise in die Geschichte des Computers [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/digitalisierung-industrie40/geschichte-der-digitalisierung-teil-zwei>.
158. Raveling J.; Seit wann gibt es die Digitalisierung? Teil I - Eine Reise in die Geschichte des Computers und der Digitalisierung [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/digitalisierung-industrie40/seit-wann-gibt-es-die-digitalisierung-geschichte-teil-eins>.
159. Reich S., Vollborn T., Wolfart S. Die optische intraorale Abformung—vier Systeme im Überblick. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*; 67: 177; 2012.
160. Reich S., Vollborn T., Mehlc A., Zimmermann M. Intraoral Optical Impression Systems—An Overview Intraorale optische Abformsysteme—eine Übersicht. *International journal of computerized dentistry*; 16: 143-162; 2013.
161. Reich S., Wöstmann B. Digitale Abformmaterialien. In: Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U (Hrsg.). *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin-Moderne Materialien und Technologien*. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; Kapitel 14: 409-423; 2018.
162. Reich S. Conventional versus virtual--it's the perspective that counts. *International journal of computerized dentistry*, 17(4), 271-272. 2014.
163. Ren Q., Wang Y., Zheng Q., Ye L., Zhou X. D., Zhang L. L. Survey of student attitudes towards digital simulation technologies at a dental school in China. *European Journal of Dental Education*; 21: 180-186; 2017.
164. Resende C. C. D., Barbosa T. A. Q., Moura G. F., Tavares L. D. N., Rizzante F. A. P., George F. M., Neves F. D. D., Mendonça G. Influence of operator experience,

- scanner type, and scan size on 3D scans. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 125: 294-299; 2021.
165. Revilla-León M., Frazier K., da Costa J. B., Kumar P., Duong M. L., Khajotia S., Urquhart O. Intraoral scanners: An american dental association clinical evaluators panel survey. *The Journal of the American Dental Association*; 152: 669-670. e662; 2021.
166. Revilla-León M., Frazier K., da Costa J., Haraszthy V., Ioannidou E., MacDonnell W., Park J., Tenuta L. M. A. , Eldridge L., Vinh R., Kumar P. Prevalence and applications of 3-dimensional printers in dental practice. *The Journal of the American Dental Association*; 154: 355-356.e352; 2023.
167. Ritter L. Gesichtsscanner unterstützen Behandlungsplanung. *ZWPonline*. 2015.
168. Rogers E. M., Singhal A., Quinlan M. M. Diffusion of innovations. An integrated approach to communication theory and research. *Routledge*: 432-448; 2014.
169. Sabalic M., Schoener J. D. Virtual reality-based technologies in dental medicine: knowledge, attitudes and practice among students and practitioners. *Technology, Knowledge and Learning*; 22: 199-207; 2017.
170. Sacher M., Schulz G., Deyhle H., Jäger K., Müller B. Accuracy of commercial intraoral scanners. *Journal of Medical Imaging*; 8(3), 035501-035501: 2021.
171. Samet N., Shohat M., Livny A., Weiss E. I. A clinical evaluation of fixed partial denture impressions. *Journal of Prosthetic Dentistry*; 94: 112-117; 2005.
172. Schein. H. D-Drucker dental: Additive Fertigung in Zahntechnik und Praxis. *HS MAG*; 2021 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://henryschein-mag.de/3d-drucker-dental/>
173. Schenkel J. Infrastruktur und Voraussetzungen für gute Telemedizin. *Nervenheilkunde*; 30: 43-46; 2011.
174. Scherg S. Digitaler Workflow, Spielerei oder Mehrwert? *Implantologie Journal*; 4: 52-54; 2020.
175. Schlenz M. A., Klaus K., Schmidt A., Wöstmann B., Mersmann M., Ruf S., Bock N. C. The transfer accuracy of digital and conventional full-arch impressions influenced by fixed orthodontic appliances: a reference aid-based in vitro study. *Clinical oral investigations*; 27: 273-283; 2023.
176. Schlenz M. A., Michel K., Wegner K., Schmidt A., Rehmann P., Wöstmann B. Undergraduate dental students' perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum: a questionnaire survey. *BMC oral health*; 20: 1-10; 2020.

177. Schlenz M. A., Schlenz M. B., Wöstmann B., Jungert A., Ganss C. Intraoral scanner-based monitoring of tooth wear in young adults: 12-month results. *Clinical oral investigations*; 26: 1869-1878; 2022.
178. Schlenz M. A., Schulz-Weidner N., Olbrich M., Buchmann D., Wöstmann B. Insights on the digitalisation of dental practices: A cross-sectional pilot study in Hesse. *International Journal of Computerized Dentistry*: 2023. [Epub ahead of print]
179. Schlenz Maximiliane Amelie, Stillersfeld Julian Maximilian, Wöstmann Bernd, Schmidt Alexander. Update on the accuracy of conventional and digital full-arch impressions of partially edentulous and fully dentate jaws in young and elderly subjects: a clinical trial. *Journal of Clinical Medicine*; 11: 3723; 2022.
180. Schmalzl J., Róth I., Borbély J., Hermann P., Vecsei B. The impact of software updates on accuracy of intraoral scanners. *BMC oral health*; 23: 219; 2023.
181. Schmidt A., Klussmann L., Wöstmann B., Schlenz M. A. Accuracy of digital and conventional full-arch impressions in patients: an update. *Journal of clinical medicine*; 9: 688; 2020.
182. Schmoeckel J. Karies: Aktuelles Verständnis der Erkrankung und Optionen in der Diagnostik. ZMK-aktuell. 2022.
183. Schnee M. Bestandsaufnahme der aktuellen telemedizinischen Projekte in Deutschland. Gesundheitswese Aktuell 2019: Barmer Krankenkasse; 2019.
184. Schubert O, Schweiger J, Stimmelmayer M, Nold E, Güth J-F. Digital implant planning and guided implant surgery–workflow and reliability. *British dental journal*; 226: 101-108; 2019.
185. Schubert O., Schweiger J., Stimmelmayer M., Nold E., Güth J. F. Digital implant planning and guided implant surgery–workflow and reliability. *British dental journal*; 226: 101-108; 2019.
186. Schulte-Tickmann J.; Die beliebtesten Fachgebiete in der Zahnmedizin [aktualisiert am 03.01.2024]. Link: <https://www.deutscher-zahnarzt-service.de/blog/die-beliebtesten-fachgebiete-in-der-zahnmedizin>.
187. Schulz-Weidner N., Gruber M., Schraml E. M., Wöstmann B., Krämer N., Schlenz M. A. Improving the Communication of Dental Findings in Pediatric Dentistry by Using Intraoral Scans as a Visual Aid: A Randomized Clinical Trial. *Dentistry journal*; 12: 15; 2024.
188. Schulze R. Das zahnärztliche Röntgen - Wo stehen wir heute? *IGZ Die Alternative*; 3: 8-12; 2015.

189. Schwarz J., Käch W., Bruderer Enzler H., Keller M., De Simoni C., Seidmann S., Westphalen A.; Rangkorrelation nach Spearman [aktualisiert am 05.03.2024]. Link: https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/zusammenhaenge/rangkorrelation.html#2.2.__Berechnung_der_Korrelationskoeffizienten.
190. Schweiger J., Kieschnick A. Automatisierte Fertigung. CAD/CAM in der digitalen Zahnheilkunde. *Teamwork Media GmbH*; Kapitel 3: 77-118; 2017.
191. Schweiger J., Kieschnick A. Datenerfassung. CAD/CAM in der digitalen Zahnheilkunde. *Teamwork Media GmbH*; Kapitel 2: 15-46; 2017.
192. Schweiger J., Kieschnick A. Datenverarbeitung. CAD/CAM in der digitalen Zahnheilkunde. *Teamwork Media GmbH*; Kapitel 2: 47-76; 2017.
193. Schweiger J., Kieschnick A. Die geschichtliche Entwicklung der CAD/CAM-Technik. CAD/CAM in der digitalen Zahnheilkunde *Team Work Media GmbH*; Kapitel 1: 9-11; 2017.
194. Shelh M. Usability evaluation of electronic dental record systems in Sweden: A survey among dentists and dental hygienists [Independent thesis Advanced level; degree of Master]. Växjö, Schweden: Linnaeus University; 2021.
195. Silven A. V., Petrus A. H. J., Villalobos-Quesada M., Dirikgil E., Oerlemans C. R., Landstra C. P., Boosman H., van Os H. J. A., Blanker M. H., Treskes R. W. Telemonitoring for patients with COVID-19: recommendations for design and implementation. *Journal of Medical Internet Research*; 22: e20953; 2020.
196. Sonntag M. Digitales Röntgen - Gebremster Fortschritt für Patienten und Zahnarzt. *IGZ Die Alternative*; 3: 4-5; 2015.
197. Statista; Anteil der Personen in Deutschland, die das Internet zur Beschaffung von gesundheitsrelevanten Informationen genutzt haben, in den Jahren 2006 bis 2022 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/158825/umfrage/internetrecherche-nach-krankheiten-und-ernaehrung-in-deutschland/>.
198. Statista; Anzahl der Social-Media-Nutzer weltweit in den Jahren 2012 bis 2023 [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/739881/umfrage/monatlich-aktive-social-media-nutzer-weltweit/>
199. Statista; Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2022 [aktualisiert am 11.12.2023]. Link:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland/>.

200. Störk-Biber C., Hampel J., Kropp C., Zwick M. Wahrnehmung von Technik und Digitalisierung in Deutschland und Europa: Befunde aus dem TechnikRadar. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*; 57: 21-32; 2020.

201. Stübel H. Die Fluoreszenz tierischer Gewebe in ultraviolettem Licht. *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*; 142: 1-14; 1911.

202. Sudman S., Bradburn N. M. Asking questions: A practical guide to questionnaire design. *Jossey-Bass*; 1982.

203. Sürme K., Kara N. B., Yilmaz Y. In vitro evaluation of occlusal caries detection methods in primary and permanent teeth: a comparison of CarieScan PRO, DIAGNOdent Pen, and DIAGNOcam methods. *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*; 38(2): 105-111; 2020.

204. Tabesh M., Nejatidanesh F., Savabi G., Davoudi A., Savabi O., Mirmohammadi H. Marginal adaptation of zirconia complete-coverage fixed dental restorations made from digital scans or conventional impressions: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*; 125: 603-610; 2021.

205. Tapie L., Lebon N., Mawussi B., Fron Chabouis H., Duret F., Attal J. P. Understanding dental CAD/CAM for restorations--the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint. *International Journal of Computerized Dentistry*; 18: 21-44; 2015.

206. Tassoker M., Ozcan S., Karabekiroglu S. Occlusal caries detection and diagnosis using visual ICDAS criteria, laser fluorescence measurements, and near-infrared light transillumination images. *Medical Principles and Practice*; 29: 25-31; 2020.

207. Telekonnect GmbH; Im Gesetzesdschungel! Ein Überblick über die wichtigsten Gesetze in Zusammenhang mit der Telematikinfrastruktur [aktualisiert am 06.12.2023]. Link: <https://telekonnect.de/welche-gesetze-sind-wichtig-fuer-die-leistungserbringer/>.

208. Thiel R. #SmartHealthSystems: Digitalisierungsstrategien im internationalen Vergleich: Bertelsmann Stiftung; 2018 [aktualisiert am 06.12.2023]. Link: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Der_digitale_Patient/VV_SHS-Gesamtstudie_dt.pdf

209. Ting-shu S., Jian S. Intraoral digital impression technique: a review. *Journal of Prosthodontics*; 24: 313-321; 2015.

210. Tran D., Nesbit M., Petridis H. Survey of UK dentists regarding the use of CAD/CAM technology. *British dental journal*; 221: 639-644; 2016.
211. Ueda K., Beuer F., Stimmelmayer M., Erdelt K., Keul C, Güth J. F. Fit of 4-unit FDPs from CoCr and zirconia after conventional and digital impressions. *Clinical oral investigations*; 20: 283-289; 2016.
212. van der Zande M. M., Gorter R. C., Aartman I. H., Wismeijer D. Adoption and use of digital technologies among general dental practitioners in the Netherlands. *PloS one*; 10: e0120725; 2015.
213. van der Zande M. M., Gorter R. C., Bruers J. J. M., Aartman I. H., Wismeijer D. Dentists' opinions on using digital technologies in dental practice. *Community dentistry and oral epidemiology*; 46: 143-153; 2018.
214. van der Zande M. M., Gorter R. C., Wismeijer D. Dental practitioners and a digital future: an initial exploration of barriers and incentives to adopting digital technologies. *British dental journal*; 215: E21; 2013.
215. Vandre R. H., Kudryk V. L., Fay C. R., Edwards J. C., Jones T. K. US Army teledentistry. *Proceedings of the National Forum: Military Telemedicine On-Line Today Research, Practice, and Opportunities*: 53-56; 1995.
216. Villano A. Nutzen des DIAGNOcam®-Verfahrens zur Kariesdetektion und-diagnose im Milchgebiss [Zahnmedizinische Dissertation]. Zürich: *Universität Zürich*; 2017.
217. Wallace C. K., Schofield C. E., Burbridge L. A., O'Donnell K. L. Role of teledentistry in paediatric dentistry. *British dental journal*: 1-6; 2021.
218. Wehrs H. Die Geschichte der Health-IT: die Entwicklung von Klinik-IT und Praxiscomputer. Dietzenbach: *Antares Computer-Verlag*; Kapitel 1: 17-22 2019.
219. Willis G. B. Cognitive interviewing: A tool for improving questionnaire design. Washington: *SAGE Publications*; 33-40; 2013.
220. Wöstmann B. Die Abformung als Grundlage für eine langfristige prothetische Versorgung. *zm-online: Das News-Portal der Zahnärztlichen Mitteilungen*; 95: 32-39; 2005.
221. Wöstmann B. Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Moderne Materialien und Technologien. 1. Auflage. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; 2018.
222. Wöstmann B., Schlenz M. A. Ist die konventionelle Abformung obsolet? *Zahnärztliche Mitteilungen*; 110: 38-43; 2020.

223. Xiao J., Kopycka-Kedzierawski D., Ragusa P., Chagoya L. A. M., Funkhouser K., Lischka T., Wu T. T., Fiscella K., Kar K. S., Al Jallad N. Acceptance and Usability of an Innovative mDentistry eHygiene Model Amid the COVID-19 Pandemic Within the US National Dental Practice-Based Research Network: Mixed Methods Study. *JMIR Human Factors*; 10: e45418; 2023.
224. Yarbrough Amy K, Smith Todd B. Technology acceptance among physicians: a new take on TAM. *Medical Care Research and Review*; 64: 650-672; 2007.
225. Zarbakhsh A., Jalalian E., Samiei N., Mahgoli M. H., Ghane H. K. Accuracy of Digital Impression Taking Using Intraoral Scanner versus the Conventional Technique. *Frontiers in Dentistry*; 18(6); 2021.
226. Zaruba M., Mehl A. Chairside systems: a current review. *International Journal of Computerized Dentistry*; 20: 123-149; 2017.
227. Zebris; JMA-Die neue Dimension der Kieferregistrierung [aktualisiert am 01.08.2023]. Link: <https://www.zebris.de/zahnmedizin/jma-die-neue-dimension-der-kieferregistrierung>.
228. Siemens Healthineers MedMuseum: Zenger I.; Auf dem Weg zum Mond - Von den ersten digitalen Röntgenbildern zum digitalen Assistenten [aktualisiert am 28.05.2024]. Link: <https://www.medmuseum.siemens-healthineers.com/museumsgeschichten/digitalisierung>
229. Zimmermann M., Mehl A., Mörmann W. H., Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. *International Journal of Computerized Dentistry*; 18: 101-129; 2015.

12 Publikationsverzeichnis

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden wie folgt veröffentlicht:

Buchmann D. M., Wöstmann B., Schlenz M. A. *Insights on the digitalization of dental practices in Germany*, 2024 IADR/AADR/CADR General Session (New Orleans, LA, USA)

Buchmann D. M., Reiss B., Wöstmann B., Schlenz M. A. *Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen der DGCZ-Mitglieder 2023*, 2024 Digital DGCZ Summit, Jahrestagung DGCZ/Sektion Informatik (Köln, Deutschland)

Weitere Veröffentlichungen der Autorin:

Schlenz M. A., Schulz-Weidner N., Olbrich M., Buchmann D., Wöstmann B. *Insights on the digitalization of dental practices: A cross-sectional pilot study in Hesse*. Int J Comput Dent. 2023 [Epub ahead of print].

Buchmann D. M., Olbrich M., Schulz-Weidner N., Schmidt A, Wöstmann B., Schlenz M. A. *Pilot-Studie zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Hessen*, 2023 DGPro Jahrestagung (Würzburg, Deutschland)

13 Anhang

13.1 Votum der Ethikkommission

JUSTUS-LIEBIG



UNIVERSITÄT
GIESSEN

Ethik-Kommission, Klinikstr. 29 (Alte Chirurgie), D-35385 Gießen

Frau
PD Dr. Maximiliane Amelie Schlenz
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Schlangenzahl 14
35385 Gießen

FACHBEREICH 11



MEDIZIN

**ETHIK-KOMMISSION
des Fachbereichs Medizin**

Vorsitz: Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt

Klinikstr. 29 (Alte Chirurgie)
D-35385 Gießen

Tel.: (0641)99 42470 (AB) /47660
Fax: (0641)99 42479
ethik.kommission@pharma.med.uni-giessen.de

Gießen, 6. Februar 2023
Dr. Krä./

**AZ 42/22: Pilot-Studie zum Stand der Digitalisierung von Zahnarztpraxen in Hessen.
hier: Erweiterung der Befragung auf Bundesebene
Schreiben vom 19.01.23, Eingang 24.01.23**

Sehr geehrte Frau PD Dr. Schlenz,

die Ethik-Kommission hat weiterhin keine Einwände gegen die Befragung der zahnärztlichen Kollegen jetzt bundesweit, sie ist allerdings für derartige Umfragen nicht zuständig, da keine Patienten betroffen sind. Außerdem ist ohnehin kein Ethikkommissionsvotum erforderlich, die Daten der Befragten bleiben vollständig anonymisiert.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt
Stellv. Vorsitzender der Ethik-Kommission

13.2 Tabellen

Tabelle 13.1: Detaillierte Informationen über die geschlechtsspezifische Teilnahme nach (Landes-) Zahnärztekammer (Studiengruppe LZK).

			Geschlecht ¹			Asymptotische Signifikanz (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)
			Männlich	Weiblich	Gesamt	
Umfragestandort	Baden-Württemberg	Anzahl [n]	65	36	101	0,117
		% innerhalb von Umfragestandort	64,4	35,6	100,0	
	Brandenburg	Anzahl [n]	39	53	92	0,562
		% innerhalb von Umfragestandort	42,4	57,6	100,0	
	Bremen	Anzahl [n]	11	8	19	0,938
		% innerhalb von Umfragestandort	57,9	42,1	100,0	
	Hamburg	Anzahl [n]	36	25	61	0,223
		% innerhalb von Umfragestandort	59,0	41,0	100,0	
	Sachsen	Anzahl [n]	39	60	99	0,729
		% innerhalb von Umfragestandort	39,4	60,6	100,0	
	Westfalen-Lippe	Anzahl [n]	148	83	231	0,073
		% innerhalb von Umfragestandort	64,1	35,9	100,0	
	Gesamt	Anzahl [n]	338	265	603	
		% innerhalb von Umfragestandort	56,1	43,9	100,0	

¹Das Geschlecht Divers (n=2) ist mit den Daten der BZÄK nicht vergleichbar, da nur Daten über das männliche und weibliche Geschlecht von der BZÄK erhoben wurden.

Anhang

Tabelle 13.2: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Technologische Ausstattung gegenüber demografischen Daten (Studiengruppe LZK).

		Alter	Anzahl aktiver Berufsjahre	Anzahl der Zahnärzte in der Praxis	Einwohnerzahl des Praxisstandortes
Terminkalender	Korrelations- koeffizient	-,296*	-,301*	,263*	,097*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,017
	Anzahl [n]	613	606	606	606
Terminvergabe	Korrelations- koeffizient	-,087*	-,098*	,228*	,116*
	Sig. (2-seitig)	0,038	0,019	0,000	0,006
	Anzahl [n]	572	569	566	565
Patientenakte/ Karteikarte	Korrelations- koeffizient	-,259*	-,286*	,239*	0,060
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,139
	Anzahl [n]	611	604	604	604
Patienten- anamnese	Korrelations- koeffizient	-,131*	-,154*	,221*	0,031
	Sig. (2-seitig)	0,001	0,000	0,000	0,454
	Anzahl [n]	609	602	602	602
Patienten- aufklärung	Korrelations- koeffizient	-,111*	-,142*	,162*	0,041
	Sig. (2-seitig)	0,006	0,001	0,000	0,321
	Anzahl [n]	602	595	594	594
Material- wirtschaft	Korrelations- koeffizient	-0,062	-0,077	,212*	,090*
	Sig. (2-seitig)	0,130	0,060	0,000	0,027
	Anzahl [n]	605	598	598	598
Röntengeräte: Tubus und OPG	Korrelations- koeffizient	-,177*	-,189*	,205*	0,006
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,875
	Anzahl [n]	612	605	605	605
Digitale Volumen- tomographie	Korrelations- koeffizient	-,131*	-,143*	,370*	,095*
	Sig. (2-seitig)	0,004	0,001	0,000	0,035
	Anzahl [n]	497	494	493	493
Intraoral- scanner	Korrelations- koeffizient	-,170*	-,177*	,286*	0,069
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,089
	Anzahl [n]	616	609	609	609
CAD/CAM- Fräse	Korrelations- koeffizient	-0,075	-,087*	,184*	0,034
	Sig. (2-seitig)	0,064	0,032	0,000	0,407
	Anzahl [n]	616	609	609	609
3D-Drucker	Korrelations- koeffizient	-0,078	-0,063	,146*	0,079
	Sig. (2-seitig)	0,054	0,118	0,000	0,052
	Anzahl [n]	616	609	609	609

*Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 13.3 Detaillierte Informationen über den Zusammenhang von Altersgruppen und Digitalisierungsgrad (niedrig = vorhandene digitale Technologien außerhalb des digitalen Workflows; mittel = Intraoralscanner vorhanden; hoch = Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräse und/oder 3D-Drucker vorhanden; Studiengruppe LZK).

			Digitalisierungsgrad			
			Niedrig	Mittel	Hoch	Gesamt
Altersgruppen	<35 Jahre	Anzahl [n]	20	8	10	38
		%	52,6	21,1	26,3	100,0
	35-44 Jahre	Anzahl [n]	61	26	28	115
		%	53,0	22,6	24,3	100,0
	45-54 Jahre	Anzahl [n]	114	26	24	164
		%	69,5	15,9	14,6	100,0
	55-64 Jahre	Anzahl[n]	159	24	39	222
		%	71,6	10,8	17,6	100,0
	>64 Jahre	Anzahl [n]	34	4	4	42
		%	81,0	9,5	9,5	100,0
	Gesamt	Anzahl [n]	388	88	105	581
		%	66,8	15,1	18,1	100,0
Asymptotische Signifikanz (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)					0,637	

Tabelle 13.4: Detaillierte Informationen über den Zusammenhang des Praxisstandortes in den Kammerbereichen der neuen und alten Bundesländer und des Digitalisierungsgrades (Studiengruppe LZK).

			Digitalisierungsgrad			
			Niedrig	Mittel	Hoch	Gesamt
Umfragestandort	Kammerbereiche innerhalb der neuen Bundesländer	Anzahl [n]	158	34	38	230
		%	68,7	14,8	16,5	100,0
	Kammerbereiche innerhalb der alten Bundesländer	Anzahl [n]	336	87	111	534
		%	62,9	16,3	20,8	100,0
	Gesamt	Anzahl [n]	494	121	149	764
		%	64,7	15,8	19,5	100,0
Asymptotische Signifikanz (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)					0,278	

Tabelle 13.5: Detaillierte Informationen über den Zusammenhang des Geschlechtes und des Digitalisierungsgrades (Studiengruppe LZK).

			Digitalisierungsgrad			
			Niedrig	Mittel	Hoch	Gesamt
Geschlecht ¹	Männlich	Anzahl [n]	204	48	61	313
		%	65,2	15,3	19,5	100,0
	Weiblich	Anzahl [n]	176	37	43	256
		%	68,8	14,5	16,8	100,0
	Gesamt	Anzahl [n]	380	85	104	569
		%	66,8	14,9	18,3	100,0
Asymptotische Signifikanz (2-seitig, p-Wert, Chi2-Test)						0,637

¹Das Geschlecht Divers (n=2) ist mit den Daten der BZÄK nicht vergleichbar, da nur Daten über das männliche und weibliche Geschlecht von der BZÄK erhoben wurden

Tabelle 13.6: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Demographische Daten gegenüber der beruflichen Verwendung von Social-Media-Kanälen (Studiengruppe LZK).

		Social-Media-Kanal (Codierung: 1=nicht vorhanden, 2=vorhanden)
Alter	Korrelationskoeffizient	-,236*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	616
Geschlecht ¹ (1=männlich, 2=weiblich)	Korrelationskoeffizient	0,008
	Sig. (2-seitig)	0,841
	Anzahl [n]	603
Anzahl der Zahnärzte pro Praxis	Korrelationskoeffizient	,349*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	609
Einwohnerzahl des Praxisstandortes	Korrelationskoeffizient	0,073
	Sig. (2-seitig)	0,073
	Anzahl [n]	609
Lokalisation des Praxisstandortes in den neuen (1) bzw. in den alten (2) Bundesländern	Korrelationskoeffizient	,176*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	849

¹Das Geschlecht Divers (n=2) ist mit den Daten der BZÄK nicht vergleichbar, da nur Daten über das männliche und weibliche Geschlecht von der BZÄK erhoben wurden

*Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 13.7: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhang zwischen der Internetqualität innerhalb der Zahnarztpraxis und der Praxislokalisierung (Studiengruppe LZK).

		Internetqualität (Codierung: 1= unter 2Mbits/s, 2= ca. 2Mbits/s, 3= ca. 10 Mbits/s, 4= über 20 Mbits/s, 5= ca. 50 Mbits/s)
Einwohnerzahl des Praxisstandortes	Korrelationskoeffizient	,104*
	Sig. (2-seitig)	0,017
	Anzahl [n]	523
Lokalisation des Praxisstandortes in den neuen (1) bzw. in den alten (2) Bundesländern	Korrelationskoeffizient	,121*
	Sig. (2-seitig)	0,002
	Anzahl [n]	676

*Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 13.8: Detaillierte Informationen zur geschlechterspezifischen Bewertung der Digitalisierung in der Zahnmedizin im Allgemeinen und im Speziellen anhand einer Likert-Skala (1=negativ, 2=eher negativ, 3=unentschieden, 4=eher positiv, 5= positiv; Studiengruppe LZK).

			Einstellung zum Thema Digitalisierung							
			Im Allgemein	Praxisverwaltung	Digitale Röntgendiagnostik	Digitale Abformung	CAD/CAM-Technologien	Telemedizin	Social-Media Accounts	Onlineterminvergabe
Geschlecht ¹	Männlich	Anzahl [n]	323	331	328	276	249	260	275	288
		Mittelwert	3,58	3,89	4,66	3,47	3,31	2,20	2,21	2,79
		Std.-Abweichung	1,050	1,218	0,728	1,195	1,306	1,048	1,135	1,319
	Weiblich	Anzahl [n]	256	259	256	192	158	171	196	199
		Mittelwert	3,60	4,01	4,76	3,71	3,47	2,45	2,47	2,88
		Std.-Abweichung	0,997	1,069	0,584	1,042	1,198	1,133	1,226	1,323
	Gesamt	Anzahl [n]	579	590	584	468	407	431	471	487
		Mittelwert	3,59	3,94	4,70	3,57	3,37	2,30	2,32	2,83
		Std.-Abweichung	1,026	1,156	0,670	1,140	1,267	1,088	1,180	1,320
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Mann-Whitney-Test)		0,965	0,396	0,148	0,035	0,251	0,029	0,020	0,459	

¹Das Geschlecht Divers (n=2) ist mit den Daten der BZÄK nicht vergleichbar, da nur Daten über das männliche und weibliche Geschlecht von der BZÄK erhoben wurden

Anhang

Tabelle 13.9: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin und demografischen Daten der Teilnehmer (Studiengruppe LZK).

Einstellung zum Thema Digitalisierung		Alter	Anzahl aktiver Berufsjahre	Anzahl der Zahnärzte innerhalb einer Praxis	Einwohnerzahl des Praxisstandortes	Digitalisierungsgrad
Im Allgemeinen	Korrelationskoeffizient	-,196*	-,190*	,244*	,104*	,411*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
	Anzahl [n]	592	586	584	585	585
Praxisverwaltung	Korrelationskoeffizient	-,265*	-,258*	,259*	0,055	,264*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,177	0,000
	Anzahl [n]	602	595	595	595	598
digitale Röntgen-diagnostik	Korrelationskoeffizient	-,158*	-,178*	,198*	0,026	,215*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,529	0,000
	Anzahl [n]	595	590	589	589	593
Digitale Abformung	Korrelationskoeffizient	-,211*	-,217*	,178*	0,037	,599*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,427	0,000
	Anzahl [n]	479	475	475	474	467
Einsatz von CAD/CAM-Technologien in der Zahnarztpraxis	Korrelationskoeffizient	-0,093	-,107*	0,089	-0,037	,527*
	Sig. (2-seitig)	0,059	0,030	0,071	0,454	0,000
	Anzahl [n]	416	413	412	413	405
Telemedizin	Korrelationskoeffizient	-,095*	-,117*	0,088	,102*	,177*
	Sig. (2-seitig)	0,046	0,014	0,065	0,034	0,000
	Anzahl [n]	442	439	436	436	432
Betreiben von Social-Media-Kanälen	Korrelationskoeffizient	-,229*	-,248*	,267*	,116*	,270*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
	Anzahl [n]	481	475	476	476	473
Onlineterminvergabe	Korrelationskoeffizient	-,223*	-,234*	,197*	,214*	,239*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Anzahl [n]	497	494	492	489	490

*Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 13.10: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhänge zwischen den Beweggründen zur Nutzung digitaler Technologien und dem vorhandenen Digitalisierungsgrad (1=niedrig: vorhandene digitale Technologien außerhalb des digitalen Workflows; 2=mittel: Intraoralscanner vorhanden; 3=hoch: Intraoralscanner und CAD/CAM-Fräse und/oder 3D-Drucker vorhanden; Studiengruppe LZK).

		Digitalisierungsgrad
Einsparung von Behandlungszeit	Korrelationskoeffizient	,253*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	569
Steigerung des Umsatzes	Korrelationskoeffizient	,418*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	545
Reduktion des Verwaltungsaufwandes	Korrelationskoeffizient	,241*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	582
Reduktion der Lagerflächen	Korrelationskoeffizient	,273*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	568
Steigerung des Patientenkomforts	Korrelationskoeffizient	,445*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	568
Hervorheben der Modernität der Praxis	Korrelationskoeffizient	,452*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	563
Gewinnung neuer Patienten	Korrelationskoeffizient	,395*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	548
Gewinnung neuer Mitarbeiter	Korrelationskoeffizient	,317*
	Sig. (2-seitig)	0,000
	Anzahl [n]	538

*Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Anhang

Tabelle 13.11: Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho: Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit von Intraoralscannern und CAD/CAM-Technologien und der Einstellung gegenüber derselben bzw. den Beweggründen zur Nutzung derselben Technologien in der Zahnarztpraxis; Studiengruppe LZK).

		Prozentualer Einsatz von Intraoralscannern bei Abformungen	Prozentualer Einsatz von CAD/CAM-Technologien zu Herstellung von Zahnersatz oder zahnmedizinischer Hilfsmittel im Chairsideverfahren
Einstellung zum Thema digitale Abformung mittels Intraoralscanner	Korrelationskoeffizient	,520*	,519*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000
	Anzahl [n]	194	103
Einstellung zum Thema Herstellung von Zahnersatz bzw. zahnmedizinischer Hilfsmittel im Chairsideverfahren	Korrelationskoeffizient	,226*	,539*
	Sig. (2-seitig)	0,006	0,000
	Anzahl [n]	147	107
Einsparung von Behandlungszeit	Korrelationskoeffizient	,301*	,320*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,001
	Anzahl [n]	193	105
Steigerung des Umsatzes	Korrelationskoeffizient	,287*	,454*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000
	Anzahl [n]	183	100
Reduktion des Verwaltungsaufwands	Korrelationskoeffizient	,178*	0,141
	Sig. (2-seitig)	0,013	0,155
	Anzahl [n]	193	104
Reduktion der Lagerflächen	Korrelationskoeffizient	,238*	0,164
	Sig. (2-seitig)	0,001	0,096
	Anzahl [n]	194	104
Steigerung des Patientenkomforts	Korrelationskoeffizient	,341*	,377*
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000
	Anzahl [n]	193	102
Hervorheben der Modernität der Praxis	Korrelationskoeffizient	,222*	,334*
	Sig. (2-seitig)	0,002	0,001
	Anzahl [n]	193	105
Gewinnung neuer Patienten	Korrelationskoeffizient	,222*	,242*
	Sig. (2-seitig)	0,002	0,015
	Anzahl [n]	187	101
Gewinnung neuer Mitarbeiter	Korrelationskoeffizient	,169*	0,063
	Sig. (2-seitig)	0,022	0,534
	Anzahl [n]	184	100

*Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 13.12: Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis und erfolgter Fortbildung zum Thema Digitalisierung (Studiengruppe LZK).

Fortbildung zum Thema Digitalisierung		Einstellung zum Thema Digitalisierung							
		Im Allgemeinen	Im Speziellen						
			Praxis- verwaltung	Digitale Röntgen- diagnostik	Digitale Abformung	Einsatz von CAD/CAM- Technologien in der Zahnarzt- praxis	Telemedizin	Betreiben von Social-Media- Kanälen	Onlinetermin- vergabe
Nein	Anzahl [n]	54	54	54	38	36	38	41	46
	Mittelwert	3,17	3,69	4,59	2,95	3,06	2,24	2,15	2,61
	Std.-Abweichung	1,023	1,163	0,858	1,064	1,194	1,195	1,276	1,238
Ja	Anzahl [n]	551	562	557	446	389	414	450	464
	Mittelwert	3,62	3,95	4,70	3,60	3,40	2,30	2,35	2,88
	Std.-Abweichung	1,032	1,177	0,654	1,135	1,273	1,072	1,177	1,332
Gesamt	Anzahl [n]	605	616	611	484	425	452	491	510
	Mittelwert	3,58	3,93	4,69	3,55	3,37	2,29	2,33	2,85
	Std.-Abweichung	1,038	1,178	0,675	1,142	1,269	1,082	1,186	1,325
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Mann-Whitney-Test)		0,002	0,050	0,446	0,000	0,099	0,544	0,201	0,189

Tabelle 13.13: Detaillierte Informationen zur geschlechterspezifischen Bewertung der Digitalisierung in der Zahnmedizin im Allgemeinen und im Speziellen (1=negativ, 2=eher negativ, 3=unentschieden, 4=eher positiv, 5= positiv; Studiengruppe DGCZ).

			Einstellung zum Thema Digitalisierung							
			Im Allgemein	Praxisverwaltung	Digitale Röntgendiagnostik	Digitale Abformung	CAD/CAM-Technologien	Telemedizin	Social-Media Accounts	Onlineterminvergabe
Geschlecht ¹	Männlich	Anzahl [n]	99	100	98	99	97	81	85	93
		Mittelwert	4,43	4,40	4,93	4,66	4,82	2,70	2,80	3,34
		Std.-Abweichung	0,771	0,943	0,359	0,717	0,559	0,993	1,132	1,331
	Weiblich	Anzahl [n]	30	32	31	32	32	21	24	26
		Mittelwert	4,77	4,59	5,00	4,75	4,84	3,24	2,83	3,96
		Std.-Abweichung	0,430	0,712	0,000	0,508	0,369	1,221	1,007	1,113
	Gesamt	Anzahl [n]	129	132	129	131	129	102	109	119
		Mittelwert	4,51	4,45	4,95	4,68	4,83	2,81	2,81	3,48
		Std.-Abweichung	0,719	0,894	0,314	0,671	0,517	1,060	1,101	1,307

¹Das Geschlecht Divers (n=2) ist mit den Daten der BZÄK nicht vergleichbar, da nur Daten über das männliche und weibliche Geschlecht von der BZÄK erhoben wurden

Tabelle 13.14: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Nutzung von Terminkalendern.

Gruppe		LZK	Terminkalender			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
		Anzahl [n]	191	66	553	810
		% innerhalb von Gruppe	23,6	8,1	68,3	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	11	9	155	175
		% innerhalb von Gruppe	6,3	5,1	88,6	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	202	75	708	985
		% innerhalb von Gruppe	20,5	7,6	71,9	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)			<<0,001			

Tabelle 13.15: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Terminvergabe.

			Terminvergabe			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	514	166	78	758
		% innerhalb von Gruppe	67,8	21,9	10,3	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	67	65	32	164
		% innerhalb von Gruppe	40,9	39,6	19,5	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	581	231	110	922
		% innerhalb von Gruppe	63,0	25,1	11,9	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)						<<0,001

Tabelle 13.16: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Durchführung der Patientenanamnese.

			Patientenanamnese			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	522	174	107	803
		% innerhalb von Gruppe	65,0	21,7	13,3	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	73	48	53	174
		% innerhalb von Gruppe	42,0	27,6	30,5	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	595	222	160	977
		% innerhalb von Gruppe	60,9	22,7	16,4	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)						<<0,001

Tabelle 13.17: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Durchführung der Patientenaufklärung.

			Patientenaufklärung			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	553	166	76	795
		% innerhalb von Gruppe	69,6	20,9	9,6	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	74	62	37	173
		% innerhalb von Gruppe	42,8	35,8	21,4	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	627	228	113	968
		% innerhalb von Gruppe	64,8	23,6	11,7	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)						<<0,001

Tabelle 13.18: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Verwaltung von Materialien.

			Materialwirtschaft			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	405	225	164	794
		% innerhalb von Gruppe	51,0	28,3	20,7	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	47	52	73	172
		% innerhalb von Gruppe	27,3	30,2	42,4	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	452	277	237	966
		% innerhalb von Gruppe	46,8	28,7	24,5	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)						<<0,001

Tabelle 13.19: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit Röntgensystemen zur zweidimensionalen Bildgebung.

			Röntengeräte (Tubus & OPG)			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	126	36	639	801
		% innerhalb von Gruppe	15,7	4,5	79,8	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	5	1	168	174
		% innerhalb von Gruppe	2,9	0,6	96,6	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	131	37	807	975
		% innerhalb von Gruppe	13,4	3,8	82,8	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)						<<0,001

Tabelle 13.20: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Durchführung der Archivierung von Modellen.

			Archivierung von Modellen			
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	529	180	37	746
		% innerhalb von Gruppe	70,9	24,1	5,0%	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	21	106	40	167
		% innerhalb von Gruppe	12,6	63,5	24,0	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	550	286	77	913
		% innerhalb von Gruppe	60,2	31,3	8,4	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)						<<0,001

Tabelle 13.21: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit digitalen Volumentomographen.

		digitale Volumentomographie			
		Vorhanden	Nicht vorhanden	Gesamt	
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	155	485	640
		% innerhalb von Gruppe	24,2	75,8	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	75	80	155
		% innerhalb von Gruppe	48,4	51,6	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	230	565	795
		% innerhalb von Gruppe	28,9	71,1	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -N1-Test)					<<0,001

Tabelle 13.22: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit CAD/CAM-Fräsen.

		CAD/CAM-Fräse			
		Vorhanden	Nicht vorhanden	Gesamt	
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	154	695	849
		% innerhalb von Gruppe	18,1	81,9	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	166	12	178
		% innerhalb von Gruppe	93,3	6,7	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	320	707	1027
		% innerhalb von Gruppe	31,2	68,8	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -N1-Test)					<<0,001

Tabelle 13.23: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Ausstattung mit 3D-Druckern.

			3D-Drucker		
			Vorhanden	Nicht vorhanden	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	49	800	849
		% innerhalb von Gruppe	5,8	94,2	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	50	128	178
		% innerhalb von Gruppe	28,1	71,9	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	99	928	1027
		% innerhalb von Gruppe	9,6	90,4	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -N1-Test)		<<0,001			

Tabelle 13.24: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei Situationsabformungen.

			Situationsabformung				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	538	1	20	165	724
		% innerhalb von Gruppe	74,3	0,1	2,8	22,8	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	30	0	28	95	153
		% innerhalb von Gruppe	19,6	0,0	18,3	62,1	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	568	1	48	260	877
		% innerhalb von Gruppe	64,8	0,1	5,5	29,6	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Exakter Test nach Fischer)							<<0,001

Anhang

Tabelle 13.25: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei Präzisionsabformungen.

			Präzisionsabformung				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	473	17	30	198	718
		% innerhalb von Gruppe	65,9	2,4	4,2	27,6	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	7	0	41	105	153
		% innerhalb von Gruppe	4,6	0,0	26,8	68,6	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	480	17	71	303	871
		% innerhalb von Gruppe	55,1	2,0	8,2	34,8	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Exakter Test nach Fischer)							<<0,001

Tabelle 13.26: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei Implantatabformungen.

			Implantatabformung				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	467	44	38	154	703
		% innerhalb von Gruppe	66,4	6,3	5,4	21,9	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	21	0	58	74	153
		% innerhalb von Gruppe	13,7	0,0	37,9	48,4	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	488	44	96	228	856
		% innerhalb von Gruppe	57,0	5,1	11,2	26,6	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Exakter Test nach Fischer)							<<0,001

Anhang

Tabelle 13.27: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der intraoralen oder extraoralen Fotodokumentation.

			Intraorale oder extraorale Fotodokumentation				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	52	86	501	57	696
		% innerhalb von Gruppe	7,5	12,4	72,0	8,2	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	2	5	131	10	148
		% innerhalb von Gruppe	1,4	3,4	88,5	6,8	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	54	91	632	67	844
		% innerhalb von Gruppe	6,4	10,8	74,9	7,9	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Tabelle 13.28: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Kariesdiagnostik.

			Kariesdiagnostik				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	480	44	55	120	699
		% innerhalb von Gruppe	68,7	6,3	7,9	17,2	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	60	8	22	60	150
		% innerhalb von Gruppe	40,0	5,3	14,7	40,0	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	540	52	77	180	849
		% innerhalb von Gruppe	63,6	6,1	9,1	21,2	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Anhang

Tabelle 13.29: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Visualisierung von Behandlungsergebnissen.

			Visualisierung des Behandlungsergebnisses				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	367	116	51	131	665
		% innerhalb von Gruppe	55,2	17,4	7,7	19,7	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	29	15	42	63	149
		% innerhalb von Gruppe	19,5	10,1	28,2	42,3	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	396	131	93	194	814
		% innerhalb von Gruppe	48,6	16,1	11,4	23,8	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Tabelle 13.30: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich des Vorgehens bei der Registrierung.

			Registrierung				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	544	59	14	80	697
		% innerhalb von Gruppe	78,0	8,5	2,0	11,5	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	89	3	11	42	145
		% innerhalb von Gruppe	61,4	2,1	7,6	29,0	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	633	62	25	122	842
		% innerhalb von Gruppe	75,2	7,4	3,0	14,5	100,0
asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Anhang

Tabelle 13.31: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Herstellung von Zahnersatz in der Zahnarztpraxis.

			Herstellung von Zahnersatz in der Zahnarztpraxis				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	188	257	44	156	645
		% innerhalb von Gruppe	29,1	39,8	6,8	24,2	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	3	2	84	60	149
		% innerhalb von Gruppe	2,0	1,3	56,4	40,3	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	191	259	128	216	794
		% innerhalb von Gruppe	24,1	32,6	16,1	27,2	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Tabelle 13.32: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Herstellung von zahnmedizinischen Hilfsmitteln (z.B. Modelle, Bohrschablonen, Schienen, Retainer).

			Herstellung von Hilfsmitteln (z.B. Modelle, Bohrschablonen, Schienen, Retainer)				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	343	168	19	131	661
		% innerhalb von Gruppe	51,9	25,4	2,9	19,8	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	30	9	42	68	149
		% innerhalb von Gruppe	20,1	6,0	28,2	45,6	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	373	177	61	199	810
		% innerhalb von Gruppe	46,0	21,9	7,5	24,6	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Tabelle 13.33: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der Implantatplanung.

		Implantatplanung					
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	238	173	94	142	647
		% innerhalb von Gruppe	36,8	26,7	14,5	21,9	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	16	24	69	34	143
		% innerhalb von Gruppe	11,2	16,8	48,3	23,8	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	254	197	163	176	790
		% innerhalb von Gruppe	32,2	24,9	20,6	22,3	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Tabelle 13.34: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der kieferorthopädischen Planung.

		Kieferorthopädische Planung					
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	56	384	46	63	647
		% innerhalb von Gruppe	10,2	69,9	8,4	11,5	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	3	57	54	15	143
		% innerhalb von Gruppe	2,3	44,2	41,9	11,6	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	254	59	441	100	78
		% innerhalb von Gruppe	32,2	8,7	65,0	14,7	11,5
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							<<0,001

Tabelle 13.35: Gegenüberstellung beider Studiengruppen hinsichtlich der mund-, kiefer-, und gesichtschirurgischen Planung

			Mund-, kiefer- und gesichtschirurgische Planung bspw. für Umstellungsosteotomien				
			Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch	Gesamt
Gruppe	LZK	Anzahl [n]	34	461	7	26	528
		% innerhalb von Gruppe	6,4	87,3	1,3	4,9	100,0
	DGCZ	Anzahl [n]	2	102	7	4	115
		% innerhalb von Gruppe	1,7	88,7	6,1	3,5	100,0
Gesamt		Anzahl [n]	36	563	14	30	643
		% innerhalb von Gruppe	5,6	87,6	2,2	4,7	100,0
Asymptotische Sig. (2-seitig, p-Wert, Chi ² -Test)							0,003

13.3 Fragebogen

Praxisausstattung

1) Wie werden die folgenden Arbeitsprozesse in Ihrer Zahnarztpraxis durchgeführt?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus.

	Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Nicht in der Praxis vorhanden
Terminkalender (z.B. Tischkalender = analog; Praxisverwaltungssoftware = digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Terminvergabe (online z.B. Doctolib=digital; telefonisch=analog)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Patientenakte/-karteikarte (z.B. Karteikarte = analog; Praxisverwaltungssoftware = digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Patientenanamnese (z.B. Papierbogen = analog; Tablet = digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Patientenaufklärung (z.B. Papierbogen = analog; Table t= digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materialwirtschaft (z.B. manuell = analog; Praxisverwaltungssoftware = digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Röntgengeräte: Tubus (Zahnfilme) und Orthopantomogramm (OPG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitale Volumentomographie (DVT)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Archivierung von Modellen (z.B. Gipsmodelle = analog; Scandatensatz = digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2) Welche der folgenden Angebote bieten Sie in Ihrer Zahnarztpraxis an?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus.

- Eigene Praxis Website
- Eigenen Blog für die Praxis
- Eigener Social-Media Account (z.B. Facebook, Instagram, YouTube) für die Praxis
- Eigener Account auf einer Bewertungsplattform (z.B. Jameda)
- Regelmäßiger Versand von eigenen Newslettern per E-Mail an Patientinnen und Patienten
- Terminerinnerung per E-Mail oder SMS
- Tele-(zahn-)medizin / Videosprechstunden (räumlich getrennte Sprechstunde mit Hilfe audiovisueller Kommunikationstechnologien) für Patientinnen und Patienten

3) Auf welchen Social-Media-Kanälen ist Ihre Praxis vertreten?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Facebook
- Instagram
- Twitter
- YouTube
- Telegram
- Tik Tok
- Sonstiges: _____

4) Bitte geben Sie an, welche Inhalte Ihre Praxis im Internet veröffentlicht.

Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

	Praxis Website	Praxis Blog	Social-Media
Informationen über Praxisausstattung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informationen über Zahnerkrankungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informationen über Behandlungsmöglichkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Behandlungsmöglichkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einblicke in den Praxisalltag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vorher-/Nachherbilder mit Patientengenehmigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterhaltsame Videos zum Thema Zahnmedizin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterhaltsame Videos ohne zahnmedizinischen Bezug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) Bitte kreuzen Sie an, wer für die Verwaltung folgender Teilgebiete zuständig ist.

	Praxis-inhaber/in	Angestellte/r Zahnärztin/ Zahnarzt	Zahnärztliche/r Fachangestellte/r	Externe Agentur	Keine Antwort
Digitalisierung allgemein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualitätsmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Praxis Website	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Praxis Blog	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Social-Media	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektronische Ausstattungen (z.B. Computer, Internet)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6) Bitte geben Sie Ihre Beweggründe zur Nutzung der nachfolgenden Punkte an.

Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

	Praxis Website	Praxis Blog	Social-Media
Patientenrekrutierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Patientenbindung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mitarbeiterrekrutierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mitarbeiterbindung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hervorheben der Modernität der eigenen Praxis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesundheitsinformationen für Patienten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wettbewerbsfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Antwort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7) Verwenden Sie einen Intraoralscanner

- Ja Nein Keine Antwort

8) Der von mir verwendete Intraoralscanner wurde... Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten.

- ... von der Praxis gekauft.
 ... von einem Dentallabor entgeltpflichtig zur Verfügung gestellt.
 ... von einem Dentaldepot entgeltpflichtig zur Verfügung gestellt.
 Sonstiges: _____
 Keine Antwort

9) Wenn Sie möchten, können Sie hier den Produktnamen/Hersteller des von Ihnen verwendeten Intraoralscanners eintragen:

10) Haben Sie eine CAD/CAM-Fräse (z.B. CEREC-System) in Ihrer Praxis?

- Ja Nein Keine Antwort

11) Wenn Sie möchten, können Sie hier den Produktnamen/Hersteller der CAD/CAM-Fräse eintragen, die Sie in Ihrer Praxis verwenden.

12) Haben Sie einen 3D-Drucker in Ihrer Praxis?

- Ja Nein Keine Antwort

13) Wenn Sie möchten, können Sie hier den Produktnamen/Hersteller des 3D-Druckers eintragen, den Sie in Ihrer Praxis verwenden:

14) Bitte wählen Sie die am ehesten zutreffende Aussage zum Internetzugang am Standort Ihrer Praxis Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Das tägliche Arbeiten im Internet verlangt einiges an Geduld (< 2 Mbits/s).
 Der Internetbrowser lädt alle Inhalte einer Website nach langer Wartezeit (ca. 2 Mbits/s).
 Der Internetbrowser lädt alle Inhalte einer Website nach kurzer Wartezeit (ca. 10 Mbits/s).
 Der Internetbrowser lädt alle Inhalte einer Website in Echtzeit (> 20 Mbits/s).
 Das Streamen von Videos und das Versenden von Bilddateien ist in kürzester Zeit möglich (ca. 50 Mbits/s)
 Ich weiß es nicht
 Keine Antwort

15) Bitte wählen Sie die zutreffende Internetqualität Ihres Mobilfunknetzes am Standort Ihrer Praxis aus:

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- EDGE (schlechter als 3G)
 3G
 LTE
 4G
 5G
 Ich weiß es nicht
 Keine Antwort

Zahnärztliche Behandlungen**16) Welche Behandlungen führen Sie analog, digital bzw. analog und digital durch?**

	Nur analog	Analog und digital	Nur digital	Diese Behandlung führe ich nicht durch
Situationsabformung (z.B. Abformlöffel und -masse=analog; Intraoralscan=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Präzisionsabformung natürlicher Zähne (z.B. Abformlöffel und -masse=analog; Intraoralscan=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implantatabformung (z.B. Abformlöffel und -masse=analog; Intraoralscan=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intraorale oder extraorale Fotodokumentation (z.B. Kamera mit Filmentwicklung=analog, Digitalkamera=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kariesdiagnostik (z.B. visuell, Röntgenaufnahme=analog; VistaProof, DiagnoCam, Intraoralscanner=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visualisierung des Behandlungsergebnisses (z.B. Mock-Up auf Modell=analog; Software (SmileDesign), Intraoralscanner=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Registrierung (z.B. Gesichtsbogen=analog; Zebris=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herstellung von Zahnersatz in der Zahnarztpraxis (z.B. Zahntechniker im Eigenlabor=analog; CNC-Fräsmaschine (z.B. CEREC), 3D-Drucker=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herstellung von Hilfsmitteln (z.B. Modelle, Bohrschablonen, Schienen, Retainer) in der Zahnarztpraxis (z.B. Zahntechniker im Eigenlabor=analog; CNC-Fräsmaschine (z.B. CEREC-System), 3D-Druck=digital))	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implantatplanung (z.B. anhand von Modellen=analog; mit Hilfe von Software=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zahnersatzplanung (z.B. anhand von Modellen=analog; mit Hilfe von Software=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kieferorthopädische Planung (z.B. anhand von Modellen=analog; mit Hilfe von Software=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgische Planung bspw. für Umstellungsosteotomien (z.B. anhand von Modellen=analog; mit Hilfe von Software=digital)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17) Bitte kreuzen Sie an, für welche Arten von Zahnersatz bzw. Hilfsmittel Sie einen Intraoralscanner, eine CAD/CAM-Fräse oder einen 3D-Drucker verwenden.

	Intraoralscanner	CAD/CAM-Fräse	3D-Drucker
Patientenrekrutierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einzelzahnversorgungen (Inlays, Onlays, Teilkronen, Kronen, Veneers)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kleinere Brückenarbeiten bis zu drei Gliedern (inkl. Einflügelbrücke)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Größere Brückenversorgungen innerhalb eines Sextanten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ganzkieferbrückenversorgungen - festsitzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einzelzahnimplantatkronen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kleinere Implantatbrücken bis zu drei Glieder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Größere Implantatbrückenversorgungen innerhalb eines Sextanten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ganzkieferimplantat-versorgungen – festsitzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufbissbehelfe/ Retentionsschienen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bohrschablonen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modelle (Dokumentation/ Archivierung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einstückgussprothesen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Totalprothesen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Doppelkronenversorgungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschiebe-/Stegversorgungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Situationsscan zum Monitoring von Zahnhartsubstanzenveränderungen, Zahnwanderungen, o.Ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kieferorthopädische Apparaturen (inkl. Aligner)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18) Wie lange benutzen Sie bereits einen Intraoralscanner?

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

_____ Jahr(e)

19) Bitte schätzen Sie, zu wie viel Prozent Sie mit einem Intraoralscanner abformen.

_____ Prozent [%]

20) Wie lange stellen Sie bereits Zahnersatz bzw. Hilfsmittel mit Hilfe der CAD/CAM-Technologie in Ihrer Praxis her (Chairsideverfahren)?

_____ Jahr(e)

21) Bitte schätzen Sie, zu wie viel Prozent Sie Zahnersatz mithilfe der CAD/CAM-Fräse chairside herstellen.

_____ Prozent [%]

22) Wie lange stellen Sie bereits Zahnersatz bzw. Hilfsmittel mit Hilfe eines 3D-Druckers in Ihrer Praxis her?

_____ Jahr(e)

23) Wo haben Sie sich überwiegend zum Thema Digitalisierung in der Zahnmedizin fortgebildet?

Bitte wählen Sie maximal 3 Antworten.

- noch gar nicht
- bereits Teil der Ausbildung im Zahnmedizinstudium
- Unternehmensberatung
- Zahnärztekammer
- Industrie
- Zahntechniklabor
- Dentaldepot
- Hospitation in einer anderen Zahnarztpraxis (kollegiale Beratung)
- Selbststudium mit Fachzeitschriften
- Selbststudium mit Social-Media (z.B. Facebook, Instagram, YouTube)
- Sonstiges: _____

Einstellung zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis

24) Wie bewerten Sie die DIGITALISIERUNG in der Zahnmedizin im ALLGEMEINEN?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- negativ
- eher negativ
- unentschieden
- eher positiv
- sehr positiv
- kann ich nicht beurteilen
- Keine Antwort

25) Wie bewerten Sie die DIGITALISIERUNG in der Zahnmedizin im SPEZIELLEN?

	Negativ	Eher negativ	Unentschieden	Eher positiv	Positiv	Keine Antwort
Digitale Praxisverwaltung (z.B. digitale Krankenakte, Materialverwaltung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitales Röntgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Digitale Abformung mittels Intraoralscanner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD/CAM-Herstellung von Zahnersatz bzw. Hilfsmitteln in der Zahnarztpraxis (Chairsideverfahren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einsatz von Telemedizin in der Zahnmedizin (z.B. Videosprechstunden, Arztkonsultationen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betreiben von eigenen Social-Media-Kanälen (z.B. Facebook, Instagram, YouTube)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Online-Terminvergabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

26) Bitte kreuzen Sie für jede Zeile die zutreffende Antwort an. Ich nutze Mittel der Digitalisierung in meiner Zahnarztpraxis, weil ich ...

	Trifft gar nicht zu	Trifft eher nicht zu	Unentschieden	Trifft eher zu	Trifft voll zu	Keine Antwort
...Behandlungszeit einspare.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...meinen Umsatz steigern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...einen reduzierten Verwaltungsaufwand habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...weniger Lagerflächen (z.B. für Krankenakten, Röntgenbilder oder Modelle) benötige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...den Patientenkomfort erhöhe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...die Modernität meiner Praxis hervorheben möchte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...neue Patientinnen und Patienten generiere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter rekrutiere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27) Bitte kreuzen Sie für jede Zeile die zutreffende Antwort an. Ich nutze (noch) KEINE Mittel der DIGITALISIERUNG in meiner Zahnarztpraxis, weil...

	Trifft gar nicht zu	Trifft eher nicht zu	Unentschieden	Trifft eher zu	Trifft voll zu	Keine Antwort
...sich diese für meine Praxis wirtschaftlich nicht rechnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...mein ganzes Praxisteam nicht digital aufgestellt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...mein Zahntechniklabor des Vertrauens noch analog arbeitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...mir es an Wissen um digitale Technologien fehlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...die Abrechnung dieser Leistungen häufig unklar ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...mein/e Nachfolger/in das Thema angehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...das andere Kolleginnen/ Kollegen bei uns in der Praxis machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...der Internetausbau am Standort meiner Praxis eingeschränkt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...der Praxisinhaber/ die Praxisinhaberin eine analoge Behandlung vorgibt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

28) Planen Sie eine Digitalisierung bzw. eine weitere Digitalisierung Ihrer Zahnarztpraxis?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Ja, innerhalb eines Jahres
- Ja, innerhalb der nächsten 5 Jahre
- Ja, innerhalb der nächsten 10 Jahre
- Nein
- Keine Antwort

29) In welchen Bereichen Planen Sie einen Ausbau der Digitalisierung?

- Patientenverwaltung
- Materialverwaltung
- Digitales Röntgen
- Intraoralscanner
- CAD/CAM-Fräse
- 3D-Drucker
- Social-Media Präsenz
- Sonstiges: _____

30) Wünschen Sie sich von der Landes Zahnärztekammer Fortbildungsangebote zum Thema DIGITALISIERUNG?

- Ja
- Nein
- Keine Antwort

Wenn ja, geben Sie bitte in das Kommentarfeld ein, in welchem Bereich der Digitalisierung Sie sich Fortbildungsangebote wünschen.

Kommentar: _____

31) Bitte kreuzen Sie an, wie Sie die folgenden Aussagen bewerten.

	Trifft gar nicht zu	Trifft eher nicht zu	Unentschieden	Trifft eher zu	Trifft voll zu	Keine Antwort
Ich fühle mich durch die Digitalisierung motiviert, mein Wissen im Bereich digitaler Themen (Computer, Internet, Intraoralscanner, CAD/CAM-Fertigung o.Ä.) zu vertiefen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich durch die Digitalisierung motiviert, meine Workflows zu optimieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Digitalisierung interessiert mich nicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Digitalisierung setzt mich beruflich einem dauerhaften Lern- und Anpassungsdruck aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Demografische Daten

32) Bitte geben Sie Ihr Alter in Jahren an.

_____ Jahre

33) Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- männlich
- weiblich
- inter/divers

34) Bitte geben Sie die Anzahl Ihrer bis dato erreichten aktiven Berufsjahre (exklusive z.B. Erziehungszeit, Sabbatical, längere Krankheit, Ruhestand) an.

_____ Jahre

35) Sind Sie zurzeit als Zahnärztin/Zahnarzt beruflich aktiv?

- Ja
- Nein
- Keine Antwort

36) Bitte geben Sie Ihre Fachrichtung an.

- Zahnarzt/ Zahnärztin
- Fachzahnarzt/ Fachzahnärztin für Oralchirurgie
- Fachzahnarzt/ Fachzahnärztin für Kieferorthopädie
- Fachzahnarzt/ Fachzahnärztin für Öffentliches Gesundheitswesen
- Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurg/ Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgin
- Keine Antwort

37) Bitte geben Sie Ihr Arbeitsverhältnis an.

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Angestellter Zahnarzt/ Angestellte Zahnärztin in niedergelassener Praxis
- Angestellter Zahnarzt/ Angestellte Zahnärztin in einer Universität
- Selbstständiger Praxisinhaber/ Selbstständige Praxisinhaberin OHNE Partner
- Selbstständiger Praxisinhaber/ Selbstständige Praxisinhaberin MIT Partner(n)
- Angestellter Zahnarzt/ Angestellte Zahnärztin in niedergelassener Praxis UND einer Universität
- Sonstiges: _____
- Keine Antwort

38) Bitte geben Sie Ihr Arbeitszeitmodell und Ihre Wochenarbeitsstunden an.

- Vollzeit: _____
- Teilzeit: _____
- Sonstiges: _____

39) Bitte kreuzen Sie Ihre 3 hauptsächlichen Tätigkeitsfelder an.

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus (maximal 3 Antworten möglich).

- Allgemeinzahnärztliche Versorgung
- Endodontie
- Kieferorthopädie
- Kinderzahnheilkunde
- Chirurgie (Oralchirurgie/ Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie)
- Parodontologie
- Prävention
- Zahnersatzkunde/ Prothetik
- Zahnerhaltungskunde/ Konservierende Zahnheilkunde
- Sonstiges: _____

40) Wie viele Zahnärztinnen und Zahnärzte arbeiten inklusive Ihrer Person in Ihrer Praxis?

41) Bitte geben Sie die ersten 2 Ziffern der Postleitzahl Ihres Praxisstandortes an.

42) Bitte wählen Sie aus, wie viele Einwohner der Ort/ die Stadt hat, in welchem/r Sie hauptsächlich praktizieren.

- Landgemeinde < 5.000 Einwohner
- kleine Kleinstadt 5.000 bis 9.999 Einwohner
- große Kleinstadt 10.000 bis 19.999 Einwohner
- kleine Mittelstadt 20.000 bis 49.999 Einwohner
- große Mittelstadt 50.000 bis 99.999 Einwohner
- kleinere Großstadt 100.000 bis 499.999 Einwohner
- große Großstadt \geq 500.000 Einwohner
- ich weiß es nicht
- Keine Antwort

43) Bitte teilen Sie uns Ihre Ideen, Anmerkungen oder Gedanken zum Thema Digitalisierung in der Zahnarztpraxis mit. Gerne können Sie das Feld auch für ein Feedback zu dieser Umfrage nutzen.

14 Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware beziehungsweise ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Kiel, 7. März 2025

Darlene Maria Buchmann

15 Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt in erster Linie meiner Doktormutter Priv.-Doz. Dr. Maximiliane Amelie Schlenz für die Bereitstellung des Forschungsthemas und das entgegengebrachte Vertrauen. Weiterhin vielen Dank für Ihr großes Engagement, die jederzeitige Ansprechbarkeit und Motivation während dieser Arbeit.

Meine Dankbarkeit gilt auch Herrn Prof. Dr. Bernd Wöstmann dafür, dass er die Erstellung dieser Arbeit ermöglicht und mir die Gelegenheit gegeben hat, in dieser Abteilung mitzuarbeiten.

Bei Dr. Johannes Herrmann bedanke ich mich für die Hilfsbereitschaft und Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Den Vorständen der Bundeszahnärztekammer, der (Landes-) Zahnärztekammern Baden-Württemberg, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Sachsen und Westfalen-Lippe sowie der Deutschen Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde e.V., insbesondere Dr. Bernd Reiss, danke ich für die Beteiligung, ohne die eine Durchführung der Studie nur unter einem enormen Mehraufwand möglich gewesen wäre.

Auch all denjenigen Zahnärzten, welche die vorliegende Studie durch ihre Teilnahme an der Umfrage unterstützt haben, spreche ich einen Dank aus.

Außerdem bedanke ich mich herzlich bei meinen lieben Kollegen, unter denen sich enge Freunde befinden und allen Mitarbeitern der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik für die konstruktive Zusammenarbeit sowie Unterstützung und Beratung in allen Angelegenheiten.

Neben all der Unterstützung im Berufsleben gilt ein besonderer Dank meiner Familie, der Familie Walter sowie all meinen Freunden, welche mir während meines Studiums und der Tätigkeit als Doktorandin Rückhalt gegeben haben und mich fortwährend motiviert haben.