

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Wie betrachten Weiterbildungsassistenten der Kieferorthopädie und Studierende der Zahnmedizin Fernröntgenseitenbilder? – Eine Pilotstudie zum Vergleich unter Verwendung der Eyetracking-Technik

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

vorgelegt von

Minje Frederking
aus Hannover

Mainz, 2021

Wissenschaftlicher Vorstand:

Univ.-Prof. Dr. U. Förstermann

1. Gutachter:

PD Dr. C. Erbe

2. Gutachter:

PD Dr. V. Ehlers

Tag der Promotion:

06.07.2021

MEINER FAMILIE, FREUNDEN UND INSBESONDERE TILMAN IN DANKBARKEIT GEWIDMET.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Abkürzungsverzeichnis | I |
| 2 | Tabellen- und Bildverzeichnisse | II |
| 2.1 | Abbildungsverzeichnis | II |
| 2.2 | Tabellenverzeichnis | III |
| 3 | Einleitung und Ziel der Studie | 1 |
| 4 | Literaturdiskussion | 3 |
| 4.1 | Fernröntgenseitenbild | 3 |
| 4.2 | Angle-Klassen | 4 |
| 4.3 | Relevante kephalometrische Referenzpunkte und Winkel zur Bestimmung der skelettalen Angle-Klasse | 6 |
| 4.3.1 | Kephalometrische Referenzpunkte | 6 |
| 4.3.2 | Kephalometrische Messlinien | 7 |
| 4.3.3 | Sagittale Kieferrelation | 7 |
| 4.4 | ANB-Winkel und Wits-Appraisal | 9 |
| 4.5 | Prozess des Sehens | 10 |
| 4.5.1 | Fixation | 11 |
| 4.5.2 | Sakkade | 11 |
| 4.5.3 | Blickpfad | 12 |
| 4.6 | Eyetracking | 12 |
| 4.6.1 | Einführung und Geschichte | 12 |
| 4.6.2 | Technologie | 14 |
| 4.6.3 | Einsatzgebiete allgemein | 15 |
| 4.6.4 | Einsatz in der Medizin | 15 |
| 4.6.5 | Einsatz in der Zahnmedizin | 18 |
| 5 | Probanden, Materialien und Methoden | 21 |
| 5.1 | Probandengut | 21 |
| 5.2 | Bildmaterial zur visuellen Wahrnehmung | 22 |
| 5.3 | Durchführung der Eyetracking-Studie | 23 |
| 5.3.1 | Eingesetzte Technik und Versuchsaufbau | 23 |
| 5.3.2 | Ablauf | 25 |
| 5.3.3 | Aufzeichnung der Blickdaten | 26 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.3.4 | Dokumentation der Befunde und Diagnosen | 29 |
| 5.4 | Statistische Analyse | 29 |
| 6 | Ergebnisse | 31 |
| 6.1 | Zeit bis zur ersten Fixation | 31 |
| 6.2 | Ort der ersten Fixation..... | 39 |
| 6.3 | Länge des Blickpfads | 47 |
| 6.4 | Gesamtzahl an Fixationen..... | 52 |
| 6.5 | Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs | 59 |
| 6.6 | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 64 |
| 6.7 | Befunde und Diagnosen..... | 70 |
| 6.8 | Grafische Darstellung Anzahl Fixationen im Gruppenvergleich | 74 |
| 7 | Diskussion..... | 75 |
| 7.1 | Kritische Würdigung der Methodik | 75 |
| 7.1.1 | Eyetracking als Untersuchungsmethode | 75 |
| 7.1.2 | Auswahl des Probandenguts | 76 |
| 7.1.3 | Auswahl und Vorbereitung des Bildmaterials | 77 |
| 7.1.4 | Ablauf | 78 |
| 7.2 | Diskussion der Ergebnisse..... | 79 |
| 7.2.1 | Zeit der ersten Fixation | 79 |
| 7.2.2 | Ort der ersten Fixation | 80 |
| 7.2.3 | Länge des Blickpfads..... | 81 |
| 7.2.4 | Gesamtzahl an Fixationen | 82 |
| 7.2.5 | Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs | 84 |
| 7.2.6 | Totale Fixierungszeit in den AOIs..... | 84 |
| 7.2.7 | Befunde und Diagnosen | 84 |
| 8 | Ausblick..... | 87 |
| 9 | Zusammenfassung | 89 |
| 10 | Literaturverzeichnis..... | 91 |
| 11 | Anhang | 102 |
| 12 | Danksagung | 104 |

1 Abkürzungsverzeichnis

Abb. = Abbildung

AOI = Area of Interest

ASL = Applied Science Laboratories

et al. = et alii/aliae/alia

Hz = Hertz

IMBEI = Institut für med. Biometrie, Epidemiologie und Informatik

KI = Konfidenzintervall

mm = Millimeter

OK = Oberkiefer

SD = Standardabweichung

Tab. = Tabelle

UK = Unterkiefer

n = Anzahl

p = Page

vs. = versus

VTO = visualized treatment objective

2 Tabellen- und Bildverzeichnisse

2.1 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 4-1 Schematische Darstellung der Angle-Klasse I | 5 |
| Abb. 4-2 Schematische Darstellung der Angle-Klasse II:1 | 5 |
| Abb. 4-3 Schematische Darstellung der Angle-Klasse II:2 | 5 |
| Abb. 4-4 Schematische Darstellung der Angle-Klasse III | 5 |
| Abb. 4-5 Schematische Darstellung der kephalometrischen Referenzpunkte | 6 |
| Abb. 4-6 Schematische Darstellung der kephalometrischen Messlinien | 7 |
| Abb. 4-7 Schematische Darstellung des SNA-, SNB- und ANB-Winkels | 8 |
| Abb. 4-8 Schematische Darstellung des Wits-Appraisals..... | 8 |
| Abb. 4-9 Schematische Darstellung des Eyetrackers von E. Huey | 13 |
| Abb. 4-10 Darstellung der „Bright-Pupil-Methode“ links und der „Dark-Pupil-Methode“ rechts | 14 |
| Abb. 5-1 „Areas of Interest“ schematisch | 23 |
| Abb. 5-2 „Areas of Interest“ am Beispiel eines Fernröntgenseitenbildes..... | 23 |
| Abb. 5-3 Versuchsaufbau mit Monitor, Kamera (unterhalb des Monitors) und Kinnstütze | 24 |
| Abb. 5-4 Darstellung des Kalibrierungsfensters | 25 |
| Abb. 5-5 Darstellung des kalibrierten Auges (Bright-Pupil-Methode sichtbar) | 25 |
| Abb. 5-6 Beispiel einer Blickpfadanalyse | 27 |
| Abb. 5-7 Beispiel einer Aufmerksamkeitslandschaft, dargestellt als Sinnbild | 28 |
| Abb. 5-8 Beispiel einer Aufmerksamkeitslandschaft, dargestellt als Heatmap | 28 |
| Abb. 5-9 Beispiel eines Gruppenvergleichs..... | 29 |
| Abb. 6-1 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden in einem beliebigen Bereich | 31 |
| Abb. 6-2 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden in einer AOI | 32 |
| Abb. 6-3 Ort der ersten Fixation in einer AOI, abhängig von der Angle-Klasse..... | 46 |
| Abb. 6-4 Länge des Blickpfads in Pixeln | 47 |
| Abb. 6-5 Mittlere Blickpfadlängen (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status | 52 |
| Abb. 6-6 Gesamtzahl an Fixationen in einem beliebigen Bereich | 53 |
| Abb. 6-7 Gesamtzahl an Fixationen außerhalb der AOIs | 53 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 6-8 Mittlere Gesamtzahl an Fixationen (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status | 59 |
| Abb. 6-9 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs..... | 60 |
| Abb. 6-10 Mittlere Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs (Mittelwert mit 95 %- Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status | 64 |
| Abb. 6-11 Totale Fixierungszeit in Sekunden in den AOIs | 65 |
| Abb. 6-12 Totale Fixierungszeit in den AOIs (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status | 69 |
| Abb. 6-13 Gruppenvergleich am Beispiel einer FRS-Aufnahme der Angle-Klasse I | 74 |
| Abb. 6-14 Gruppenvergleich am Beispiel einer FRS-Aufnahme der Angle-Klasse II:1 | 74 |
| Abb. 6-15 Gruppenvergleich am Beispiel einer FRS-Aufnahme der Angle-Klasse II:2 | 74 |
| Abb. 6-16 Gruppenvergleich am Beispiel einer FRS-Aufnahme der Angle-Klasse III | 74 |
| Abb. 11-1 Ort der ersten Fixation in einer AOI für alle Probanden | 102 |
| Abb. 11-2 Ort der ersten Fixation in einer AOI | 103 |

2.2 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tab. 5-1 Studienteilnehmer | 21 |
| Tab. 5-2 Einschlusskriterien Bildmaterial | 22 |
| Tab. 6-1 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden unabhängig von der Angle-Klasse | 32 |
| Tab. 6-2 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden abhängig von der Angle-Klasse. . | 33 |
| Tab. 6-3 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 35 |
| Tab. 6-4 Einfluss des Status auf die Zeit bis zur ersten Fixation, abhängig von der Angle-Klasse..... | 36 |
| Tab. 6-5 Einfluss der Angle-Klasse auf die Zeit bis zur ersten Fixation..... | 38 |
| Tab. 6-6 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einem beliebigen Bereich | 39 |

| | |
|---|----|
| Tab. 6-7 Ort der ersten Fixation in einem beliebigen Bereich unabhängig von der Angle-Klasse..... | 40 |
| Tab. 6-8 Ort der ersten Fixation in einem beliebigen Bereich abhängig von der Angle-Klasse | 42 |
| Tab. 6-9 Ort der ersten Fixation in einer AOI unabhängig von der Angle-Klasse | 43 |
| Tab. 6-10 Ort der ersten Fixation in einer AOI abhängig von der Angle-Klasse | 45 |
| Tab. 6-11 Länge des Blickpfads in Pixeln unabhängig von der Angle-Klasse | 48 |
| Tab. 6-12 Länge des Blickpfads in Pixeln abhängig von der Angle-Klasse | 48 |
| Tab. 6-13 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Länge des Blickpfads..... | 49 |
| Tab. 6-14 Differenz Betrachtungslänge..... | 50 |
| Tab. 6-15 Differenz Betrachtungslänge zwischen den Angle-Klassen bei Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall..... | 51 |
| Tab. 6-16 Gesamtzahl an Fixationen unabhängig von der Angle-Klasse..... | 54 |
| Tab. 6-17 Gesamtzahl an Fixationen abhängig von der Angle-Klasse..... | 55 |
| Tab. 6-18 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Gesamtzahl an Fixationen | 56 |
| Tab. 6-19 Differenz Gesamtzahl an Fixationen | 57 |
| Tab. 6-20 Differenz Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen bei Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall | 58 |
| Tab. 6-21 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs unabhängig von der Angle-Klasse | 60 |
| Tab. 6-22 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs abhängig von der Angle-Klasse .. | 61 |
| Tab. 6-23 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs..... | 62 |
| Tab. 6-24 Differenz Gesamtzahl an Fixationen in den AOI | 62 |
| Tab. 6-25 Differenz Gesamtzahl an Fixationen in den AOI zwischen den Angle-Klassen für Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall..... | 63 |
| Tab. 6-26 Totale Fixierungszeit in Sekunden in den AOIs unabhängig von der Angle-Klasse | 65 |
| Tab. 6-27 Totale Fixierungszeit in Sekunden in den AOIs abhängig von der Angle-Klasse | 66 |
| Tab. 6-28 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkungen auf die totale Fixierungszeit in den AOIs | 67 |

Tab. 6-29 Differenz totale Fixierungszeit in den AOIs68

Tab. 6-30 Differenz totale Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen
bei Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall.....69

Tab. 6-31 Beurteilung zu den Angle-Klassen.71

Tab. 6-32 Beurteilung zu den Angle-Klassen72

Tab. 6-33 Beurteilung zu den Angle-Klassen73

3 Einleitung und Ziel der Studie

Durch den Einsatz der Eyetracking-Technik ist es möglich, die Blickbewegungen von Personen computergestützt aufzuzeichnen und objektiv zu analysieren. Als wissenschaftliche Methode kommt die Technik in verschiedenen Bereichen zum Einsatz. Häufige Anwender sind Psychologen, kognitive Wissenschaftler und die Marktforschung. Es gibt jedoch unzählige weitere Anwendungsgebiete. In der Medizin ist die Verwendung der Eyetracking-Technik erst in den letzten 10 Jahren populär geworden, obwohl Kundel sie als einer der Ersten bereits im Jahr 1972 bei der Untersuchung von Thoraxaufnahmen einsetzte (1). Auf dem Gebiet der Radiologie wurde die Technik seitdem häufig verwendet. Die medizinische Bildgebung entwickelte sich in den letzten Jahrzehnten rasant weiter und ist zu einem unentbehrlichen Bestandteil moderner medizinischer Diagnostik geworden. Die Analyse medizinischer Aufnahmen stellt verschiedene Anforderungen an die behandelnden Ärzte. Es findet ein komplexes Zusammenspiel zwischen visueller Wahrnehmung, kognitiven Prozessen, Abrufen vorhandenen Wissens und diversen Entscheidungen statt.

Die Kernprobleme bei der Auswertung des Bildmaterials sind die fehlende Wahrnehmung bestimmter Bereiche und die variierenden Diagnosen verschiedener Betrachter. Fehler ergeben sich aufgrund unzureichender Betrachtungszeit mit konsekutiver unvollständiger Bildbetrachtung, mangelnden Fachwissens und der fehlerhaften Interpretation von Befunden (2). Durch den Einsatz der Eyetracking-Technik können über den Prozess der Bildinterpretation neue Erkenntnisse gewonnen werden. Diese betreffen beispielsweise die visuelle Wahrnehmung, Entscheidungsfindungen und Ursachen von Fehlinterpretationen und -diagnosen. Dabei ist es auch möglich, Unterschiede zwischen Experten und Laien zu erforschen und gewonnene Erkenntnisse in der Lehre und im Training von Ärzten einzusetzen. Im Bereich der Zahnmedizin existieren bislang verhältnismäßig wenige Eyetracking-Studien. Diese zielen zumeist auf die ästhetische Perzeption der Zähne und des Gesichts ab. Zum Zeitpunkt der aktuellen Literaturrecherche waren lediglich sechs Publikationen im zahnmedizinischen Bereich veröffentlicht, die eine Betrachtung von röntgenologischen Aufnahmen zum Thema haben. Dabei war die Wahrnehmung von Fernröntgenseitenbildern kein Bestandteil dieser Studien.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, herauszufinden, ob und inwiefern sich quantitative Unterschiede zwischen Weiterbildungsassistenten der Kieferorthopädie (Experten) und Studierenden der Zahnmedizin (Laien) bei der Betrachtung von Fernröntgenseitenbildern der Angle-Klassen I–III ergeben. Es sollte evaluiert werden, ob und inwiefern das Level an Expertise und die Angle-Klasse den Blick der Probanden beeinflussen.

4 Literaturdiskussion

4.1 Fernröntgenseitenbild

Bei dem Fernröntgenseitenbild handelt es sich um eine radiologische seitliche Aufnahme des Gesichtsschädels, die sich als Projektion aus der seitlichen Übersichtsaufnahme ableitet. Der Gesichtsschädel wird mit geringer Vergrößerung und Verzerrung weitgehend originalgetreu dargestellt. Neben der Abbildung der knöchernen Strukturen ist durch bestimmte Filter (entsprechend geformte Aluminiumfilter/Verlaufsfolien) auch die Darstellung des Weichgewebeprofiles möglich (3, p. 94). Vor allem im Fachbereich der Kieferorthopädie und der Kieferchirurgie wird das Fernröntgenseitenbild als wichtiges diagnostisches Hilfsmittel verwendet. Sie ist jedoch auch zur Abklärung und Nachkontrolle bei prothetisch-kosmetischen Problemen einsetzbar (4, p. 267). Methoden zur Anfertigung von Fernröntgenseitenbildern wurden im Jahr 1931 durch Hofrath in Deutschland (5) und Broadbent in den USA (6) unabhängig voneinander vorgestellt.

In der Kieferorthopädie gehört die Anfertigung eines Fernröntgenseitenbildes und die dazugehörige Analyse zum diagnostischen Goldstandard (7, pp. 231,233,234). Dabei werden durch die Vermessung des Schädels, die sogenannte Kephalometrie, skelettale und dentoalveoläre Beziehungen metrisch klassifiziert (8, p. 84). Ausgehend von definierten skelettalen und Weichteilbezugspunkten werden durch lineare Verbindungen und Winkelbestimmungen Messwerte gewonnen, die mit Durchschnittsnormen verglichen und differenzialdiagnostisch ausgewertet werden (3, p. 94). Hierbei gibt es mehr als 100 verschiedene kephalometrische Analysen, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll (7, p. 233). Die Fernröntgenseitenanalyse liefert Informationen über den Aufbau des Gesichtsschädels, die Qualität des skelettalen Wachstums, die Wachstumsvorhersage, die sagittale Einlagerung des Ober- und Unterkiefers und ihre Lagebeziehung zueinander, die Achsenstellung der Inzisivi, die sagittale Position der Molaren, die Beurteilung der Weichteilmorphologie, die Wachstumstendenz und -richtung, die Lokalisation der Dysgnathie, die Behandlungsmöglichkeiten und -grenzen und das sichtbar gemachte Behandlungsziel (VTO = visualized treatment objective) (9, p. 179, 10, pp. 147,148). Über den transversalen Gesichtsschädelaufbau oder die Funktion

erhält man keine Informationen. Die Kieferorthopäden sind durch die Auswertung des Fernröntgenseitenbildes in Kombination mit anderen Untersuchungsmethoden in der Lage, eine Diagnose zu stellen, eine Therapie zu planen, den Therapieverlauf zu kontrollieren und das Behandlungsergebnis zu beurteilen.

4.2 Angle-Klassen

Zur Feststellung der sagittalen Okklusionsabweichung im Seitenzahnggebiet führte Edward H. Angle die Einteilung der Okklusion in verschiedene dentale Klassen ein (11, 12). Er definierte die Klassen I (beidseitige Neutralokklusion), II:1 (ein-/beidseitige Distalokklusion mit protrudierter Oberkieferfront), II:2 (ein-/beidseitige Distalokklusion mit retrudierter Oberkieferfront) und III (ein-/beidseitige Mesialokklusion mit/ohne frontalen Kreuzbiss). Diese Klassifikation gibt die Beziehung der Zähne zueinander wieder und wird am häufigsten zur Einteilung der Molarenbeziehung herangezogen (13). Grafische Abbildungen der Angle-Klassen sind auf der folgenden Seite abgebildet (vgl. Abb. 4-1, Abb. 4-2, Abb. 4-3, Abb. 4-4).

Die Einteilung in Angle-Klassen wird außerdem zur Beurteilung der Bisslage, der Lagebeziehung der Kiefer zueinander, angewandt. Stehen die Zähne ideal und ohne Verschiebung im Zahnbogen, so entspricht die dentale Klasse der skelettalen Klasse.

Die skelettale Angle-Klasse kann auch mit der Kephalemtrie bestimmt werden.

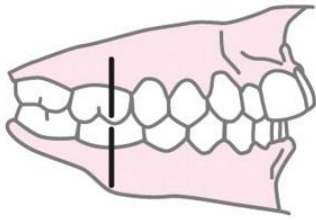


Abb. 4-1 Schematische Darstellung der Angle-Klasse I: Der mesiobukkalen Höcker des 6-Jahr-Molaren im OK greift in die mesiobukkalen Fissur des 6-Jahr-Molaren im UK

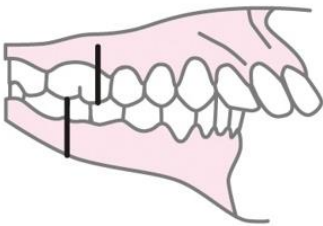


Abb. 4-2 Schematische Darstellung der Angle-Klasse II:1: Die mesiobukkalen Fissur des 6-Jahr-Molaren im UK okkludiert distal des mesiobukkalen Höckers des 6-Jahr-Molaren im OK. Die Schneidezähne stehen protrudiert

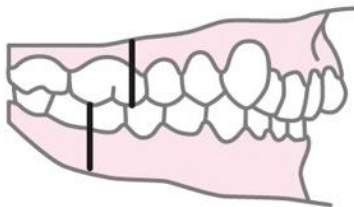


Abb. 4-3 Schematische Darstellung der Angle-Klasse II:2: Die mesiobukkalen Fissur des 6-Jahr-Molaren im UK okkludiert distal des mesiobukkalen Höckers des 6-Jahr-Molaren im OK. Die Schneidezähne stehen retrudiert

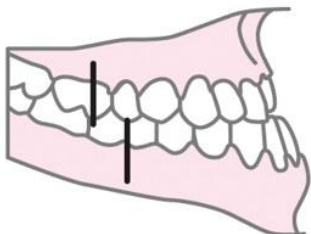


Abb. 4-4 Schematische Darstellung der Angle-Klasse III: Die mesiobukkalen Fissur des 6-Jahr-Molaren im UK okkludiert mesial des mesiobukkalen Höckers des 6-Jahr-Molaren im OK

4.3 Relevante kephalometrische Referenzpunkte und Winkel zur Bestimmung der skelettalen Angle-Klasse

Zum Verständnis des Abschnitts über die Auswahl der Parameter zur Bestimmung der skelettalen Angle-Klasse werden nachfolgend relevante kephalometrische Referenzpunkte und Winkel vorgestellt (vgl. Abschnitt 4.4).

4.3.1 Kephalmetrische Referenzpunkte

Sella S

= Mittelpunkt der Sella turcica in der Medianen

Nasion N

= am weitesten anterior gelegener Punkt der Sutura nasofrontalis

A-Punkt

= tiefster Punkt der anterioren Konkavität des Processus alveolaris des Oberkiefers

B-Punkt

= tiefster Punkt der anterioren Konkavität des Processus alveolaris des Unterkiefers

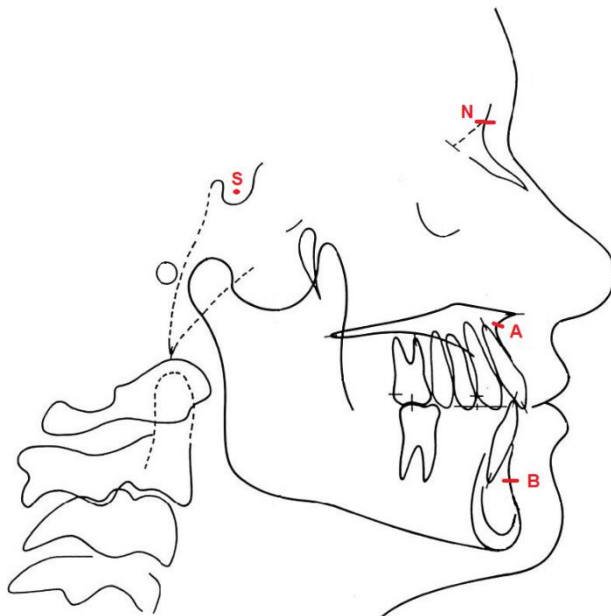


Abb. 4-5 Schematische Darstellung der kephalometrischen Referenzpunkte

4.3.2 Kephalometrische Messlinien

Nasion-Sella-Ebene NSE

= Verbindungslinie zwischen Nasion und Sella; anteriore Schädelbasislinie

Okklusionsebene OKE

= Linie distalster Okklusionskontaktpunkt zu halbem Überbiss

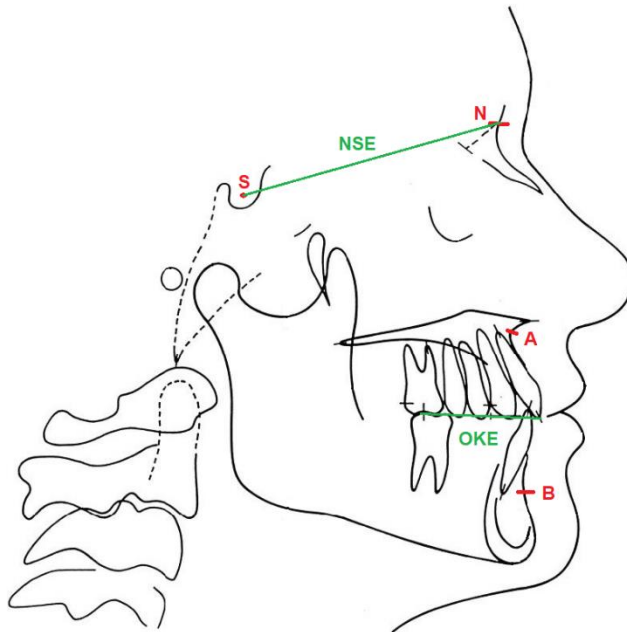


Abb. 4-6 Schematische Darstellung der kephalometrischen Messlinien

4.3.3 Sagittale Kieferrelation

SNA-Winkel

= Winkel Sella-Nasion-A-Punkt; beschreibt die sagittale Position der Maxilla bezogen auf die anteriore Schädelbasis: $82^\circ \pm 2^\circ$

SNB-Winkel

= Winkel Sella-Nasion-B-Punkt; beschreibt die sagittale Position der Mandibula bezogen auf die anteriore Schädelbasis: $80^\circ \pm 2^\circ$

ANB-Winkel

= Winkel A-Punkt-Nasion-B-Punkt; berechnet sich aus der Differenz von SNA- und SNB-Winkel und beschreibt die sagittale Differenz von Ober- und Unterkiefer: $2^\circ \pm 2^\circ$

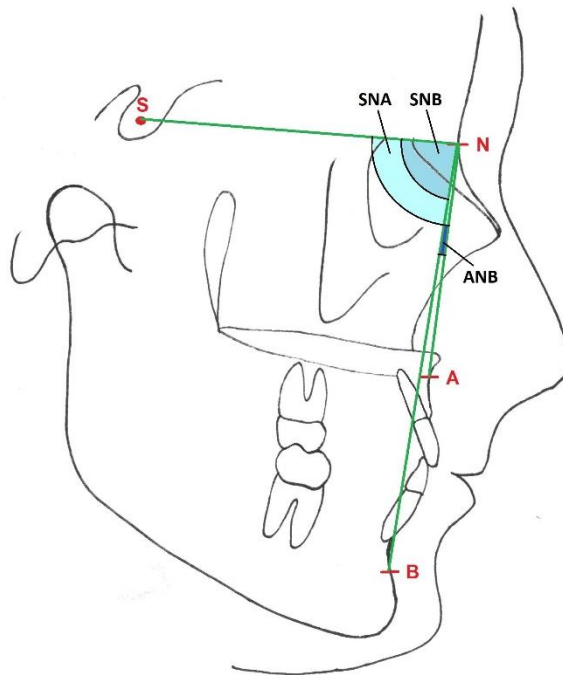


Abb. 4-7 Schematische Darstellung des SNA-, SNB- und ANB-Winkels

Wits-Appraisal

= Strecke zwischen den Lotlinien von A-Punkt und B-Punkt auf die Okklusionsebene:
 Frauen 0 mm, Männer $-1 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$

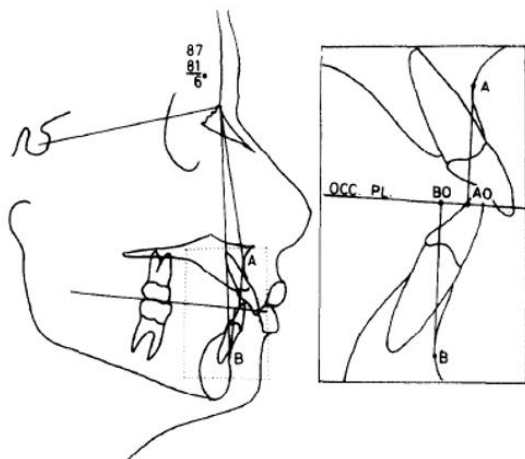


Abb. 4-8 Schematische Darstellung des Wits-Appraisals (14)

4.4 ANB-Winkel und Wits-Appraisal

In der Literatur finden sich verschiedene Einteilungsmöglichkeiten für die skelettalen Angle-Klassen. Am häufigsten wird der ANB-Winkel verwendet (15, 16, 17, 18). Den ersten Schritt zur kephalometrischen Analyse der Kieferbeziehung machte Downs 1948 mit der Beschreibung der Punkte A und B (19). Ein paar Jahre später beschrieb Riedel den SNA-, den SNB- und den ANB-Winkel (20, 21). Diese wurden ein wichtiger Part in einigen kephalometrischen Analysen, vor allem in der von Steiner (22, 23, 24).

Obwohl der ANB-Winkel am populärsten ist, weist er einige Schwächen auf. Er wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, sodass eine auf ihm basierende Diagnose zu falschen Ergebnissen führen könnte (17). Die Wertigkeit des Winkels wird kritisch betrachtet und viele Autoren sind der Meinung, dass der ANB-Winkel die Beziehung zwischen Maxilla und Mandibula nicht exakt genug beschreibt (14, 16, 17, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31).

Ein Aspekt, der den Wert des ANB-Winkels besonders beeinflusst, ist die anteroposteriore Lage des Nasions bzw. die Länge der anterioren Schädelbasisebene (Nasion-Sella-Ebene) relativ zu den Kiefern. Es wurde gezeigt, dass eine weiter anteriore Lage des Nasions den ANB-Winkel verkleinert und vice versa. Auch die vertikale Lage des Nasions hat einen Einfluss. Weiter kranial gelegen verkleinert sich der ANB-Winkel und umgekehrt (32). Des Weiteren wird der ANB-Winkel durch die Rotation der Kiefer relativ zur vorderen Schädelbasisebene aufgrund von Wachstum oder kieferorthopädischer Therapie beeinflusst. Eine Rotation gegen den Uhrzeigersinn verursacht eine Verkleinerung des ANB-Winkels und vice versa (14, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36). Zudem hängt der ANB-Winkel von der vertikalen und der sagittalen Lage des A- und des B-Punktes relativ zum Nasion ab. Vergrößert sich die vertikale Distanz zwischen A- und B-Punkt, vergrößert sich der ANB-Winkel (15, 28, 29, 32, 37, 38). Beeinflusst wird der Winkel zudem durch die anteriore Gesichtshöhe (25). Auch zwischen Personen verschiedener Ethnien, Geschlechter und verschiedenen Alters können die geometrischen Normen variieren (39, 40). Mit dem Wachstum verändert sich die Position des Nasions und die Position der Punkte A und B. Der ANB-Winkel tendiert mit dem Alter zur Verkleinerung (15, 18, 26, 30, 35, 41, 42, 43, 44).

Nach dem ANB-Winkel wird am häufigsten der Wits-Appraisal verwendet (45). A. Jacobsen, der die Anwendung des ANB-Winkels kritisch betrachtete, definierte die-

sen 1975 (14, 33). Der Wits-Appraisal vermeidet die Verwendung des Nasions und reduziert den durch das Kieferwachstum hervorgerufenen Rotationseffekt. Ein Kritikpunkt des ANB-Winkels trifft hier also nicht zu (14). Kritisch anzumerken ist allerdings, dass es sich um einen dentalen Parameter handelt, der einen skelettalen Missstand beschreibt. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Wits-Analyse liegt darin, die Okklusionsebene korrekt und exakt zu bestimmen (15, 18, 27, 31, 33, 35, 46, 47, 48). In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Werte des Wits-Appraisal auch von der Neigung der Okklusionsebene beeinflusst werden (31, 36, 37, 49). Zähne im Durchbruch, intrudierte bzw. extrudierte Zähne oder auch eine kieferorthopädische Behandlung können die Angulierung verändern (15, 18, 30, 49, 50, 51). Schwierig zu bestimmen ist die Okklusionsebene auch bei Patienten mit Wechselgebiss, offenem Biss, impaktierten oder fehlenden Zähnen, skelettalen Asymmetrien und steiler Speekurve (52). Sherman et al. berichteten, dass der Wits-Appraisal nicht notwendigerweise stabil bleibt während der Wachstumsperiode (49).

Es bleibt fraglich, welche Methode die tatsächliche sagittale Basenrelation widerspiegelt und als Goldstandard anzusehen ist. Zur Feststellung der skelettalen Malokklusion wenden einige Autoren deshalb den ANB-Winkel und den Wits-Appraisal an (26, 45, 49, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60).

4.5 Prozess des Sehens

Während des Prozesses des Sehens fällt Licht durch die Pupille ein, wird durch die Linse gebrochen und als umgekehrtes, verkleinertes Bild auf die Retina projiziert. Auf der Retina befinden sich verschiedene licht-sensitive Sinneszellen, die das einfallende Licht in elektrische Signale umwandeln und über den Sehnerv an den visuellen Cortex weiterleiten. Man unterscheidet bei den Sinneszellen zwischen Zapfen und Stäbchen. Während die Zapfen als Fotorezeptoren bei Tageslicht fungieren und für die Bildschärfe und die Wahrnehmung von farbigem Licht verantwortlich sind, sind die Stäbchen empfindlich für unterschiedliche Lichtintensitäten und vornehmlich für das Nacht- bzw. Dämmerungssehen zuständig. Die Zapfen sind im Bereich der Fovea centralis am höchsten konzentriert und in der Peripherie der Retina nur spärlich vorhanden. Vollkommene Bildschärfe ist deshalb ausschließlich im Bereich der Fovea centralis möglich, obwohl diese nur 2° des visuellen Feldes bedeckt. Um ein bestimmtes Objekt scharf sehen zu können, müssen wir deshalb unsere Augen bewegen, sodass das

einfallende Licht direkt auf die Fovea centralis fällt (61, p. 21). Von allen sensorischen Organen sind die Augen die aktivsten. Während der visuellen Wahrnehmung sind sie ununterbrochen in Bewegung. Die Analyse dieser Augenbewegungen liefert wichtige Informationen über den Prozess der Wahrnehmung, der durch einen Zyklus von sogenannten Fixationsperioden und Sakkaden charakterisiert ist (62).

4.5.1 Fixation

Eine Fixation ist ein sogenannter Eye Stop (Augenanhaltepunkt), bei dem sich das Auge in relativer Ruhe befindet. Dabei wird ein bestimmter Punkt (Fixationspunkt) fokussiert und in der Fovea centralis visuell erfasst. Dies erfolgt zum Beispiel beim Lesen eines Textes oder beim Betrachten eines Bildes (61, pp. 21-22) und dauert zwischen 70 ms und 300 ms, teilweise sogar mehrere Sekunden. Die Zeitspanne, ab der eine Fixation erfasst wird, wird unter Wissenschaftlern kontrovers diskutiert und ist nicht einheitlich festgelegt. Manche Wissenschaftler werten eine Fixation bereits bei 30–40 ms Betrachtungszeit aus, wobei die meisten von einer Zeit von 70–100 ms ausgehen (61, pp. 155-156, 381-383, 63). Während einer Fixation steht das Auge nicht vollständig still. Es finden kontinuierlich Mikrobewegungen statt, die zu kleinen Positionsveränderungen des Auges führen. Zu ihnen gehören ein zitternder Tremor, schnelle Mikrosakkaden und langsame Driftbewegungen. Der Tremor hat eine Frequenz von 90 Hz, seine Bedeutung ist jedoch unklar. Vermutlich handelt es sich um eine unpräzise Muskelkontrolle. Langsame Driftbewegungen lenken die Augen vom Zentrum der Fixation weg und schnelle Mikrosakkaden bringen sie wieder zurück an ihre ursprüngliche Position. Ohne diese Mechanismen würde der Wahrnehmungseindruck durch Rezeptorermüdung verschwinden (Lokaladaptation), da die Rezeptoren auf der Retina hauptsächlich auf Änderungen der Lichtverhältnisse reagieren. Die Mikrobewegungen verschieben somit während der Fixation das auf die Rezeptoren der Retina einfallende Licht und ermöglichen das Sehen (64, 65).

4.5.2 Sakkade

Die schnelle ballistische Augenbewegung von einem Fixationspunkt zum nächsten wird als Sakkade bezeichnet. Dabei handelt es sich um die schnellste Bewegung, die der menschliche Körper ausführen kann. Eine Sakkade dauert typischerweise zwischen 30 ms und 80 ms. Währenddessen ist das visuelle Wahrnehmungsvermögen

eingeschränkt und das Auge zeitweise „blind“. Eine willkürliche Unterbrechung oder Richtungsänderung einer begonnenen Sakkade ist nicht möglich (61, p. 23).

4.5.3 Blickpfad

Der Blickpfad (Scanpath) ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Fixationen und Sakkaden. Er beschreibt die Route okulomotorischer Ereignisse durch den Raum innerhalb einer bestimmten Zeitspanne.

4.6 Eyetracking

4.6.1 Einführung und Geschichte

Mit der sogenannten Eyetracking-Technik ist es möglich, die Blickbewegungen von Probanden computergestützt aufzuzeichnen und objektiv zu analysieren. Es lassen sich Rückschlüsse über weitgehend unbewusst ablaufende Prozesse der Wahrnehmung ziehen. Dabei kommen Eyetracker mit dazugehöriger Software zum Einsatz.

Die ersten Eyetracker wurden im späten 18. Jahrhundert eingeführt (61, p. 9). Einer der ersten wichtigen Konstrukteure war 1898 Edmund Huey, der sich mit der Physiologie des Lesens befasste. Sein Gerät nahm die Augenbewegungen mithilfe eines Kymografen auf, der mit einer auf der Hornhaut liegenden Linse in Verbindung stand. In der Mitte der Linse wurde ein Loch für die Pupille gefräst. Der Kopf wurde durch eine Fixation ruhiggestellt, die mit dem Aufnahmegerät und einem Aufbissblock aus Wachs in Verbindung stand. Für die Aufnahme wurden die Augen mit Kokain betäubt (66).

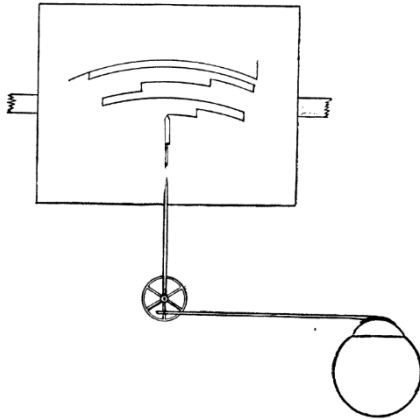


Abb. 4-9 Schematische Darstellung des Eyetrackers von E. Huey (66)

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelten Raymond Dodge und Thomas Sparks Cline eine Aufnahmetechnik, deren Grundprinzip auch heute noch die Blickpfadmessung dominiert. Dabei fotografierten sie die Reflexion einer externen Lichtquelle durch die Fovea centralis (67). Auch den Studien zur Blickpfadforschung von Alfred Lukyanovich Yarbus (68, 69) wird eine Schlüsselrolle in Bezug auf das Verständnis der aktiven Augenbewegungen zugeschrieben. Er zeigte, dass die Augenbewegungen der Probanden bei der Betrachtung abhängig von bestimmten Anweisungen beeinflusst werden. Lange Zeit wurden jedoch keine kommerziellen Eyetracker hergestellt und Wissenschaftler mussten vor der Durchführung ihrer Untersuchungen eigene Geräte konstruieren. Dies änderte sich Mitte der 1970er-Jahre, als Firmen wie „Applied Science Laboratories“ (ASL) und andere begannen, Eyetracking-Systeme zu bauen und zu verkaufen. In den darauffolgenden Jahren stieg die Anzahl der Anbieter und die Eyetracking-Technik wurde einem breiteren Publikum zugänglich. Viele Firmen wurden jedoch erst nach dem Jahr 2000 gegründet. Es gibt wenige Anbieter, deren Produkte von Anwendern selbst entwickelt wurden. Damit ist der Nachteil verbunden, dass möglicherweise Wissen über die Prinzipien experimentellen Designs, statischer Analyse und die Anforderungen an die Hard- und Software für unterschiedliche Studientypen fehlt.

Der Eyetracker, der in der vorliegenden Studie verwendet wurde, stammt von der Firma „Interactive Minds“, die von einer Gruppe aus dem Bereich der angewandten Psychologie der TU Dresden gegründet worden ist (61, pp. 11-12).

4.6.2 Technologie

Die seit den frühen 1990er-Jahren dominierende Technik zur Bestimmung des Blickpunktes basiert auf dem Prinzip der videobasierten Aufzeichnung der Reflexion infraroten Lichts durch die Pupille und/oder die Cornea. Die Auswertung ist durch die alleinige Verwendung des Reflexpunktes der Pupille möglich, jedoch gestattet die zusätzliche Verwendung des Reflexpunktes der Cornea die Kompensation von leichten Kopfbewegungen.

Abhängig von der Ausrichtung des infraroten Lichts wird zwischen der „Bright-Pupil-Methode“ und der „Dark-Pupil-Methode“ unterschieden. Die helle Darstellung der Pupille bei der „Bright-Pupil-Methode“ beruht auf dem Prinzip der Retroreflexion infraroten Lichts von der Retina durch die Pupille. Dabei muss die Lichtquelle koaxial zur optischen Achse der Kamera ausgerichtet sein. Befindet sich die Lichtquelle außerhalb der optischen Achse, erscheint die Pupille dunkel, da die Reflexionsrichtung von der Kamera weg erfolgt (70). Ein Vorteil der „Bright-Pupil-Methode“ ist der bessere Kontrast zwischen Iris und Pupille, der jedoch im Zuge immer hochwertigerer Kameras zunehmend verschwindet. Es gibt keine systematischen Untersuchungen, die die Überlegenheit einer Methode gegenüber der anderen belegen. Die in dieser Studie verwendete Eyetracking-Kamera arbeitet nach dem Prinzip der „Bright-Pupil-Methode“ (61, p. 25). Das reflektierte Licht liefert der Eyetracking-Software Informationen darüber, in welcher Entfernung und mit welchem Richtungsvektor sich die Augen relativ zum Eyetracker befinden. Die Umwandlung dieser Signale erfolgt durch mathematische Algorithmen, die die Bestimmung der genauen Augenposition ermöglichen.



Abb. 4-10 Darstellung der „Bright-Pupil-Methode“ links und der „Dark-Pupil-Methode“ rechts (70)

4.6.3 Einsatzgebiete allgemein

Verwendung findet die Eyetracking-Technik vor allem in der angewandten Wissenschaft. Dabei wird sie von verschiedenen Fachrichtungen eingesetzt. Häufige Anwender sind Psychologen, Psychiater und kognitive Wissenschaftler. Sie sind auf einem breiten Forschungsgebiet tätig, das von der Verhaltensforschung im Allgemeinen, über die Diagnostik von Leseschwächen bis zur Untersuchung psychologischer und neurologischer Erkrankungen reicht. Dabei können Menschen aller Altersklassen untersucht werden (71). Sogar bei der Verhaltensforschung von Affen wird die Technik eingesetzt (72). Auch in der Medien- und Werbebranche kommen Eyetracker häufig zum Einsatz, um zum Beispiel Werbestrategien zu erforschen (71, 73). Weitere Einsatzmöglichkeiten sind Untersuchungen bezüglich des menschlichen Faktors bei Mensch-Maschine-Systemen. In Fahr- und Flugsimulatoren werden zum Beispiel die Wahrnehmung und die Reaktionen der Fahrer und Piloten in bestimmten Situationen untersucht (74, 75, 76, 77). Die Automobilbranche macht sich die Eyetracking-Technik bei der Entwicklung von Erfassungssystemen zum Erkennen von Müdigkeit beim Autofahren zunutze (78, 79). Zudem gewinnen Eyetracker im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion an Bedeutung. Für körperlich beeinträchtigte Personen werden blickgesteuerte digitale Benutzeroberflächen entwickelt (80, 81). Auch im Rahmen von Studien zur Benutzerfreundlichkeit von Softwareprogrammen oder Webseiten wird die Technik eingesetzt (73, 82).

Bei der Forschung rund um die Blickpfadanalyse erkannte man früh, dass die Kenntnisse über die Blickpfade auch zu didaktischen Zwecken genutzt werden können. Man ist in der Lage, Lernprozesse zu erleichtern, indem zum Beispiel Trainees vom Blickpfadschema erfahrener Betrachter lernen. Besonders die Medizin macht sich diese Anwendung zunutze, wenn es beispielsweise um die Analyse und Diagnostik medizinischer Aufnahmen geht.

4.6.4 Einsatz in der Medizin

In der Medizin ist die Verwendung der Eyetracking-Technik erst in den letzten 10 Jahren populär geworden, obwohl Kundel sie als einer der Ersten bereits im Jahr 1972 bei der Untersuchung von Thoraxaufnahmen einsetzte (1). Auf dem Gebiet der Radiologie wurde die Technik seitdem häufig verwendet. Seit der Entdeckung der Röntgenstrahlung durch Wilhelm Röntgen vor über hundert Jahren entwickelte sich die medizinische

Bildgebung rasant weiter und wurde zu einem unentbehrlichen Bestandteil moderner medizinischer Diagnostik. Durch den technischen Fortschritt verkürzte sich die Aufnahmezeit so weit, dass die Analyse, Interpretation und Dokumentation des Bildmaterials die meiste Zeit beansprucht und der fehlerträchtigste Part in der Röntgendiagnostik geworden ist. Die Kernprobleme bei der Auswertung medizinischer Aufnahmen sind die fehlende Wahrnehmung bestimmter Bereiche und die variierenden Diagnosen verschiedener Betrachter. Fehler ergeben sich auch aufgrund unzureichender Betrachtungszeit mit konsekutiver unvollständiger Bildbetrachtung, mangelnden Fachwissens und der fehlerhaften Interpretation von Befunden (2).

Einer der Ersten, der die Eyetracking-Technik in der Radiologie einsetzte, war Kundel im Jahr 1972 (1). Er untersuchte, inwiefern sich die Suchmuster von erfahrenen Radiologen und Studierenden bei der Betrachtung von Thoraxaufnahmen unterschieden. Er fand heraus, dass die Radiologen pathologische Auffälligkeiten schneller fixierten und insgesamt weniger Fixationen benötigten. Die Suchmuster der Probanden waren abhängig vom Wissen über die radiologische Anatomie, die Pathologie und die klinische Medizin. Kundel nutzte die Technik außerdem zur Analyse von Schwierigkeiten bei der Auswertung von Röntgenaufnahmen. Dabei ging es um die Detektion pulmonaler Noduli auf Thoraxaufnahmen. Es stellte sich heraus, dass 30 % der nicht erkannten pulmonalen Noduli auf eine unzureichende Betrachtung der Aufnahme, 25 % auf das Nichterkennen und 45 % auf eine fehlerhafte Interpretation zurückzuführen waren (83). Danach folgten weitere Studien verschiedener Autoren, die sich mit der Betrachtung, Auswertung und Interpretation von diversen zwei- und dreidimensionalen radiologischen Aufnahmen und unterschiedlichen Fragestellungen beschäftigten. Dabei ging es häufig darum, grundsätzlich zu erfahren, wie Radiologen medizinische Aufnahmen betrachten. Hierzu wurden Parameter wie Lokalisation, Reihenfolge und Anzahl von erfolgten Fixationen, Suchmuster und Zeiten bis zum Erkennen von pathologischen Auffälligkeiten erfasst. Des Weiteren wurde festgestellt, ob (pathologische) Befunde erkannt und richtig interpretiert wurden (83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91). Es erfolgte oftmals ein Vergleich zwischen Experten (Radiologen) und Laien (Studierende/unerfahrene Radiologen/Ärzte anderer Fachrichtungen), um herauszufinden, ob und inwiefern sich die Betrachtungsweise und Interpretation bei divergierender Expertise unterscheidet (1, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103), welchen Einfluss Erfahrung und Training im Allgemeinen hat und ob sich von den gesammelten Daten Rückschlüsse auf den Grad an Erfahrung ziehen lassen (99, 102, 104, 105).

Allgemein lässt sich sagen, dass sich mit zunehmender Erfahrung die Gesamtbetrachtungszeit und die Anzahl an Fixationen verringern, pathologische Areale schneller gefunden werden und die Analyse im Allgemeinen effizienter wird. Es werden sowohl mehr wahr positive als auch weniger falsch positive pathologische Befunde diagnostiziert (92, 93, 95, 96, 100, 102, 104).

Zudem untersuchte man, ob die Erwartung von Abnormalitäten Einfluss auf die Betrachtung hat. Dabei stellte sich heraus, dass Radiologen Aufnahmen länger scannten, wenn sie pathologische Befunde erwarteten (106). Untersucht wurde außerdem der Einfluss von Müdigkeit auf die diagnostische Performance. Es zeigte sich, dass die Betrachtungszeit, die Anzahl an Fixationen und die Zeit bis zur Detektion pathologischer Befunde bei steigender Ermüdung zunahm (107, 108).

Neben der Radiologie gibt es noch diverse weitere Fachbereiche, die sich die Eye-tracking-Technik bereits zunutze machen. Dabei ist vor allem das Gebiet der Pathologie zu nennen. Analog zur Radiologie geht es auch dort darum, herauszufinden, wie genau Pathologen Präparate untersuchen und inwiefern sich die Betrachtungsweise zwischen (erfahrenen) Pathologen und Laien (Studierende/unerfahrene Pathologen) unterscheidet. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass Anfänger eher dazu tendieren, diagnostisch irrelevante Bereiche zu fixieren und im Allgemeinen mehr Areale zu fixieren (109, 110, 111, 112).

Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen zur Analyse medizinischer Aufnahmen in der Radiologie und der Histopathologie werden in der Lehre genutzt. Die Eye-tracking-Technik wird hierbei unterstützend eingesetzt. Laien können durch Training von der Systematik erfahrener Betrachter lernen. Ihre Blickpfadschemata können als Muster dienen und einen wichtigen Beitrag zum Verständnis bestimmter Zusammenhänge liefern (71, 113, 114).

Auch in der Endoskopie existieren Untersuchungen bezüglich der Suchstrategien von Gastroenterologen (115, 116). Zu Lehr- und Trainingszwecken wie auch zur Qualitätssicherung wird die Eye-tracking-Technik in diversen weiteren Fachrichtungen wie der Kardiologie (117), der Diabetologie (118), der Chirurgie (119, 120, 121, 122), der Anästhesie (123) und der Notfallmedizin eingesetzt (124, 125). Dabei geht es allgemein darum, dass Laien von Experten lernen können und dass eine Leistung objektiv evaluiert wird und Bereiche mit Verbesserungspotenzial erkannt werden. Die Eye-

tracking-Technik wird des Weiteren in der Forschung zur Entscheidungsfindung und zum allgemeinen Verhalten in Notfallsituationen genutzt (126, 127, 128, 129, 130).

Weitere Anwendungsbereiche sind die Neurowissenschaften, beispielsweise bei der Erforschung pharmakologischer Effekte auf Patienten (131, 132, 133) und die Verhaltens- und Schmerzforschung. Außerdem werden Eyetracker zum Beispiel unterstützend in der Augenlaserchirurgie eingesetzt (134). Auch bei der Forschung zum Thema Mensch-Maschine-Interaktion kommt die Eyetracking-Technik zum Einsatz. Im Bereich maschinelles Lernen wird zur Erschaffung eines künstlichen neuronalen Netzwerkes Wissen aus Erfahrung „künstlich“ generiert. Dabei wurde zum Beispiel anhand von Mammografien untersucht, inwiefern anhand der Suchmuster erfahrener Radiologen Algorithmen entwickelt werden könnten, die den Betrachter bei der Auswertung von radiologischen Aufnahmen unterstützen (135, 136, 137, 138, 139).

4.6.5 Einsatz in der Zahnmedizin

Im Bereich der Zahnmedizin existieren bislang nur wenige Eyetracking-Studien. Diese zielten zumeist auf die ästhetische Perzeption der Zähne und des Gesichts ab. Dabei ging es beispielsweise um die visuelle Wahrnehmung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (140, 141, 142, 143, 144, 145, 146), einer skelettalen Angle-Klasse III (147), oder mit unterschiedlich stark ausgeprägter Prognathie des Unterkiefers (148), ebenso um den Einfluss der dentalen Ästhetik auf die visuelle Wahrnehmung (149, 150, 151, 152, 153, 154, 155) und die Wahrnehmung des Gesichts im Allgemeinen (156, 157, 158, 159). Zudem beschäftigte sich eine Studie mit dem Einfluss verschiedener kieferorthopädischer Apparaturen auf die visuelle Wahrnehmung des Gesichts (160). Eine weitere Studie befasste sich mit den Unterschieden in der ästhetischen Wahrnehmung von Alignern mit sichtbaren und nicht sichtbaren Attachments und Keramikbrackets (161). Aktuell gibt es im zahnmedizinischen Bereich kaum wissenschaftliche Studien, bei denen die Betrachtung von röntgenologischem Bildmaterial mit der Eyetracking-Technik untersucht wurde (162, 163, 164, 165, 166, 167).

Als Erste verwendeten Suwa et al. (162) im Jahr 2001 die Eyetracking-Technik, um zu untersuchen, wie Zahnärzte CT-Aufnahmen analysieren. Dies diente dem Zweck, herauszufinden, ob es in der Zahnmedizin möglich wäre, computergesteuerte Diagnostikprogramme zu entwickeln. Dazu mussten die Zahnärzte CT-Aufnahmen der Kiefer betrachten und entscheiden, ob auf den Bildern pathologische Auffälligkeiten zu sehen

waren oder nicht. Bei der Analyse der unauffälligen Bilder brauchten die Probanden für die Einschätzung länger, die Blickstrecken zwischen den fixierten Punkten waren länger und die maximale Betrachtungszeit der einzelnen Aufnahmen war von längerer Dauer. Auch die Anzahl der Fixationen und die durchschnittliche Zeit, die an den fixierten Punkten verbracht wurde, waren bei den unauffälligen Aufnahmen größer als bei den Aufnahmen mit pathologischen Befunden.

Im Jahr 2016 veröffentlichten Turgeon et al. (163) eine Studie, bei der sie den Einfluss von Erfahrung und Training auf die Betrachtungsweise und Interpretation von Panoramaschichtaufnahmen untersuchten. Verglichen wurden Studierende der Zahnmedizin und zahnärztliche Radiologen, die Aufnahmen mit und ohne pathologische Strukturen betrachteten. Alle Teilnehmer betrachteten die unauffälligen Panoramaschichtaufnahmen länger als solche, die Pathologien aufwiesen. Dabei legten die Radiologen auf diesen Aufnahmen eine größere Blickstrecke zurück und fixierten mehr Bereiche. Dies galt auch im Vergleich mit den Studierenden. Gegensätzlich verhielt es sich bei Aufnahmen, die pathologische Strukturen zeigten. Dabei erkannten die Radiologen, verglichen mit den Studierenden, die Pathologien schneller, benötigten weniger Fixationen und legten eine kürzere Blickstrecke zurück. Sie konnten zügiger zwischen pathologischen und unauffälligen Bereichen unterscheiden und ließen sich seltener von nicht relevanten visuellen Informationen ablenken. Zudem waren sie effizienter, da sie weniger blinzelten.

Hermanson et al. (164) untersuchten im Jahr 2018 die Blickpfade und die Fixationen von Zahnärzten bei der Betrachtung von Einzelzahnaufnahmen. Es nahmen Studierende der Zahnmedizin, allgemein tätige Zahnärzte und Endodontologen teil. Auf jeder Aufnahme waren zwei Molaren und ein Prämolare zu sehen, die entweder keinen Befund, eine direkte/indirekte Versorgung, koronale Karies, periapikale Transluzenzen oder wurzelkanalbehandelte Zähne zeigten. Bezogen auf die Lokalisation der ersten Fixation gab es keinen Unterschied zwischen den koronalen und radikulären Bereichen der Zähne. Jedoch wurden opake oder transluzente Bereiche im Vergleich mit radiologisch unauffälligen Arealen häufiger als Erstes fixiert. Insgesamt wandten die Teilnehmer ihren Blick öfter in den radikulären und periapikalen Bereich. Das Gleiche galt für opake und transluzente Areale. Im Rahmen dieser Studie analysierte Burgdorf auch den Zusammenhang zwischen der Berufserfahrung und den Blickpfaden der Betrachter (165). Außerdem untersuchte er, ob das Level an Erfahrung Einfluss darauf

hatte, welcher Bereich fixiert wurde. Weder bei den Blickpfaden noch bei den fixierten Bereichen konnten signifikante Unterschiede abhängig von der Berufserfahrung festgestellt werden.

Im Jahr 2019 erforschten Botelho et al. (166), inwiefern sich die Fähigkeit zur Entdeckung von pathologischen Auffälligkeiten auf Panoramaschichtaufnahmen zwischen erfahrenen Zahnärzten und Berufsanfängern unterscheidet. Die Teilnehmer mussten Panoramaschichtaufnahmen betrachten und pathologische Auffälligkeiten identifizieren. Die Berufsanfänger fixierten die pathologischen Areale häufiger und länger. Beide Gruppen betrachteten die Panoramaschichtaufnahmen mit den pathologischen Arealen länger, hatten längere Blickpfadlängen und fixierten mehr Bereiche als auf den Panoramaschichtaufnahmen ohne Auffälligkeiten.

Im selben Jahr untersuchten Bahaziq et al. (167), ob es Unterschiede zwischen erfahrenen Kieferorthopäden und Kieferorthopäden in Ausbildung bezüglich ihrer Fähigkeit zum Entdecken von Zufallsbefunden auf Panoramaschichtaufnahmen gibt. Die Probanden mussten Panoramaschichtaufnahmen mit Zufallsbefunden unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades betrachten und im Anschluss Fragen über die Aufnahme beantworten. Es wurden, mit Ausnahme der Länge der Betrachtungszeit, keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt. Die erfahrenen Kieferorthopäden betrachteten die Aufnahmen jedoch insgesamt länger.

5 Probanden, Materialien und Methoden

Die Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Mainz führte das Forschungsvorhaben durch und es fand in den dortigen Räumlichkeiten statt.

Vor der Durchführung wurde von der Ethik-Kommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz ein zustimmendes Votum eingeholt. Die bestehenden Gesetze, Vorschriften und Richtlinien der Fassung der Deklaration des Weltärztebundes über biomedizinische Forschung am Menschen von 1996, die Berufsordnung der deutschen Ärzte und die entsprechenden Verordnungen und Datenschutzgesetze wurden beachtet und eingehalten.

5.1 Probandengut

Insgesamt nahmen 60 Probanden, aufgeteilt in zwei Gruppen, an der Eyetracking-Studie teil. Rekrutiert wurden 40 Studierende der Zahnmedizin, die mindestens das dritte klinische Semester an der Universitätsmedizin Mainz abgeschlossen hatten, und 20 Zahnärzte, die sich in der Weiterbildung zum Fachzahnarzt für Kieferorthopädie befanden (vgl. Tab. 5-1). Die Gruppe der Weiterbildungsassistenten setzte sich aus den Weiterbildungsassistenten der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Mainz und Teilnehmern des „Postgraduiertenprogramms Kieferorthopädie“ der Landeszahnärztekammer Rheinland-Pfalz zusammen. Einschlusskriterien waren eine normale bzw. korrigierte Sehkraft (keine ausgeprägte Myopie/Hyperopie/Astigmatismus), keine neurologischen Erkrankungen, keine kongenitalen Anomalien im Gesicht, keine Medikation, die die kognitiven Fähigkeiten beeinflussen könnte, und kein kürzlich erfolgter Drogen-/Alkoholkonsum. Die Teilnahme erfolgte unabhängig von Geschlecht, Alter oder ethnischer Zugehörigkeit.

Tab. 5-1 Studienteilnehmer: Anzahl der Teilnehmer und Aufteilung nach Geschlecht, jeweils in Prozent mit Durchschnittsalter

| | Studierende | Weiterbildungsassistenten |
|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Frauen | 28 (70 %) | 15 (75 %) |
| Männer | 12 (30 %) | 5 (25 %) |
| Insgesamt | 40 | 20 |
| Durchschnittsalter | 26,6 Jahre (SD: 3,9) | 29,9 Jahre (SD: 1,9) |

5.2 Bildmaterial zur visuellen Wahrnehmung

Aus dem Archiv der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Mainz wurden 40 Fernröntgenseitenbilder ausgewählt, von denen jeweils 10 zur skelettalen Angle-Klasse I, II:1, II:2 oder III gehörten. Die Einteilung erfolgte durch die Zuhilfenahme des ANB-Winkels und des Wits-Appraisals, um die sagittale Lagebeziehung der Kiefer zueinander zu bestimmen, und des OK-I-NL-Winkels, um die Achsstellung der Frontzähne im Oberkiefer festzulegen (vgl. Tab. 5-2).

Tab. 5-2 Einschlusskriterien Bildmaterial

| | Angle-Klasse I | Angle-Klasse II:1 | Angle-Klasse II:2 | Angle-Klasse III |
|--------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| ANB-Winkel | 0–4° | >4° | >4° | <0° |
| Wits-Appraisal | Männer: –3 mm bis 1 mm Frauen: –2 mm bis 2 mm | Männer: >1 mm Frauen: >2 mm | Männer: >1 mm Frauen: >2 mm | Männer: <–3 mm Frauen: <–2 mm |
| OK-I-NL-Winkel | - | ≥102° | <102° | - |
| Sonstige Kriterien | - | - | - | erkennbarer negativer frontaler Überbiss |

Auf den Fernröntgenseitenbildern waren sowohl Patienten mit Wechselgebiss als auch mit permanenten Gebissen zu sehen. Es durften keine zusätzlichen Befunde sichtbar sein, die die Aufmerksamkeit des Betrachters auf sich hätten ziehen und infolgedessen den Blickpfad beeinflussen können. Ausgeschlossen wurden Bilder, auf denen allgemeine pathologische Befunde, Patienten mit Syndromen, metallische Artefakte oder Gebisse mit Lücken, prothetischen Versorgungen, Implantaten oder umfangreichen konservierenden Versorgungen zu sehen waren.

Mit dem zum verwendeten Eyetracker (Eyegaze Edge® Monocular System, LC Technologies, Fairfax, Virginia, USA) gehörenden Softwareprogramm (Nyan 2.0^{XT} Eye Tracking Analysis Suite) wurden, für die Probanden nicht sichtbar, sogenannte Areas of Interest (AOIs) auf den Fernröntgenseitenbildern gekennzeichnet. Ausgewählt wurden Regionen, die bei der Analyse der Fernröntgenseitenbilder und der Festlegung auf eine bestimmte Angle-Klasse von Relevanz sind. Dies diente dem Zweck, im Anschluss eine strukturierte Datenauswertung durchführen zu können. Definiert wurden die Bereiche (1) der Frontzähne, (2) der Seitenzähne, (3) der Nase, (4) der Lippen, (5) des Weichteilkinns, (6) des knöchernen Kinns, (7) der Wirbelsäule, (8) des

Kiefergelenks, (9) der Sella und (10) des Nasions. Das Bildmaterial wurde pseudonymisiert.

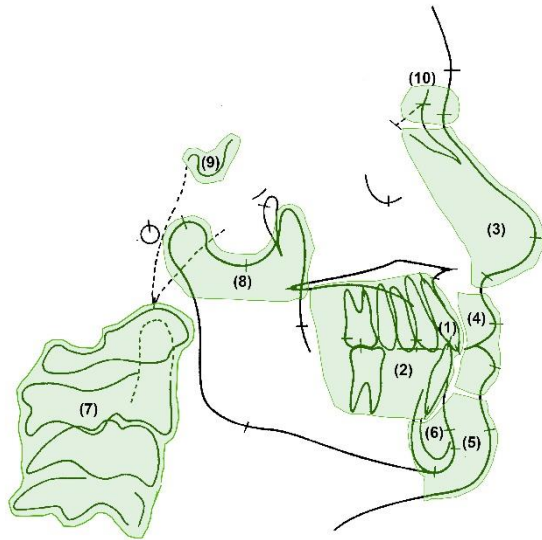


Abb. 5-1 „Areas of Interest“ schematisch

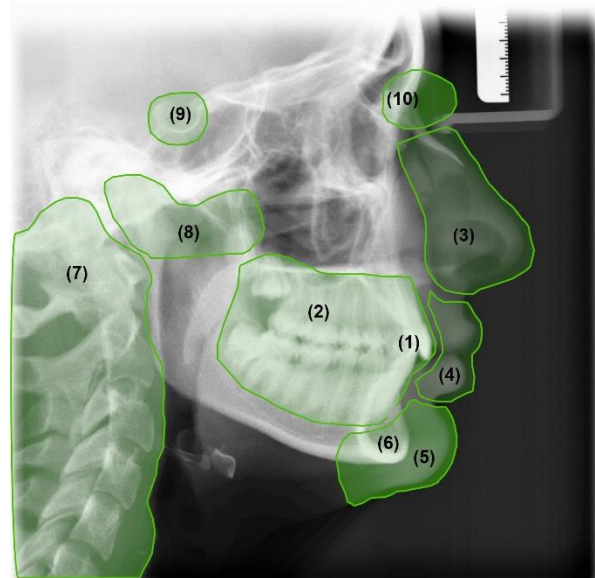


Abb. 5-2 „Areas of Interest“ am Beispiel eines Fernröntgenseitenbildes

5.3 Durchführung der Eyetracking-Studie

5.3.1 Eingesetzte Technik und Versuchsaufbau

Die Aufzeichnung der Blickbewegungen erfolgte mit dem Eyegaze Edge® Monocular System (LC Technologies, Fairfax, Virginia, USA) unter standardisierten Bedingungen. Es handelt sich dabei um ein berührungsloses monokulares System, das mit der Bright-Pupil-Methode arbeitet (vgl. Abb. 5-5). Der Funktionsweise wurde im Unterkapitel „Technologie“ im Kapitel „Literaturdiskussion“ bereits erläutert. Der Eyetracker arbeitet laut Hersteller mit einer Abtastrate (sampling rate) von 60 Hz und einer Messgenauigkeit von $< 0,4^\circ$ ($0,3^\circ$ – $0,5^\circ$ angular error). Die Fernröntgenseitenbilder wurden von der Software Nyan 2.0^{XT} Eye Tracking Analysis Suite wiedergegeben, mit deren Hilfe im Vorfeld auch die Bearbeitung des Bildmaterials stattfand.

Vor jeder Messung erfolgte die Einstellung der Eyetracking-Kamera und eine individuelle Kalibrierung auf das rechte Auge des jeweiligen Probanden. Dazu mussten diese 9 Kalibrierungspunkte fixieren, die als Kreise nacheinander an unterschiedlichen Positionen des Bildschirms erschienen (vgl. Abb. 5-4). Die Software errechnete im

Anschluss die Genauigkeit und Konsistenz für alle Kalibrierungspunkte und forderte die Probanden im Bedarfsfall zur erneuten Kalibrierung auf.

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Monitor mit einer Auflösung von 1680 x 1050 Pixeln zur Präsentation des Bildmaterials, einer Eyetracking-Kamera, die unterhalb des Monitors angebracht war, und einer Kinnstütze im Abstand von 60 cm (vgl. Abb. 5-3). Die Kinnstütze sicherte die korrekte Position des Kopfes in der vertikalen Ebene. Die Einhaltung der richtigen Position in der horizontalen und sagittalen Ebene überwachte die Eyetracking-Software. Bei Abweichungen forderte die Software die Probanden zur Korrektur ihrer Kopfposition auf. Die richtige Positionierung erfolgte unter Anleitung der Prüffärztin. Zur Minimierung von Bewegungsartefakten im Allgemeinen wurde auf eine angenehme Sitzposition der Probanden auf einem fest stehenden Stuhl geachtet. Der Versuchsraum wurde abgedunkelt und Hintergrundgeräusche auf ein Minimum reduziert.

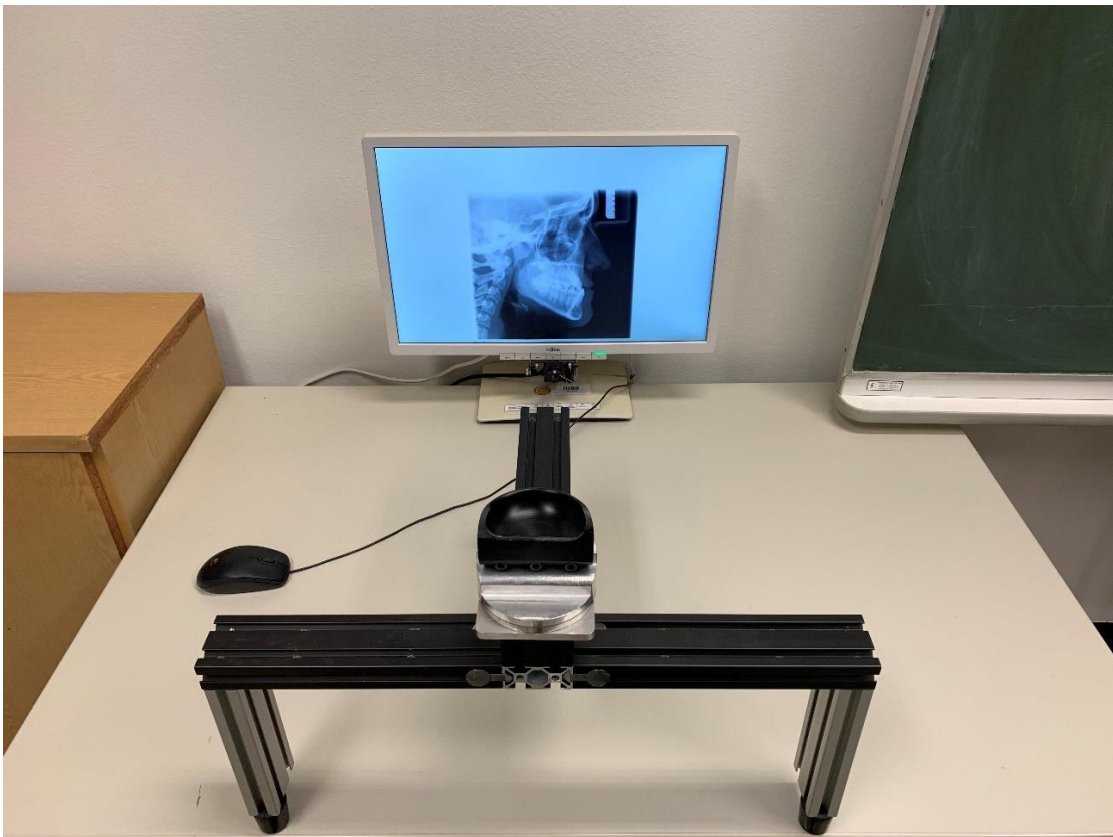


Abb. 5-3 Versuchsaufbau mit Monitor, Kamera (unterhalb des Monitors) und Kinnstütze

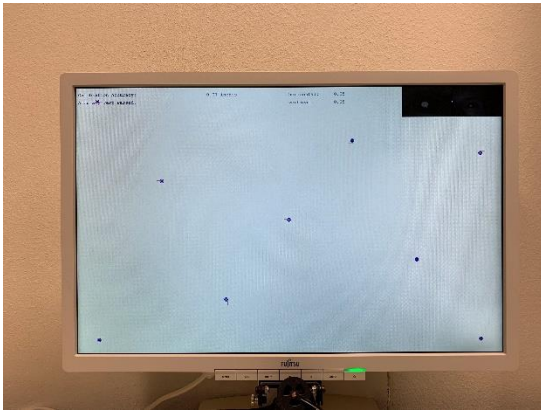


Abb. 5-4 Darstellung des Kalibrierungsfensters

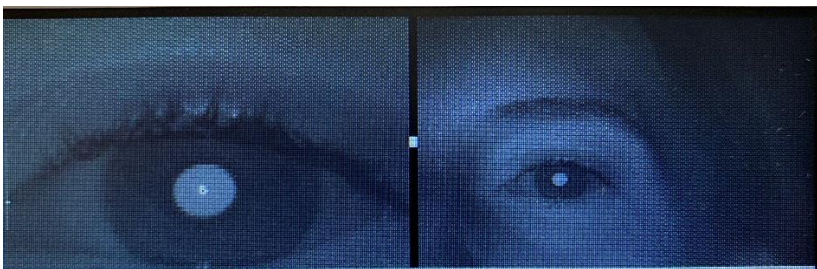


Abb. 5-5 Darstellung des kalibrierten Auges (Bright-Pupil-Methode sichtbar)

5.3.2 Ablauf

Allen Studienteilnehmern wurden vor Beginn der Versuchsauflauf und die eingesetzte Technik erläutert. Sie hatten die Gelegenheit, Fragen zu stellen, erhielten eine Probandeninformation und gaben schriftlich ihre Einwilligung mit der Einverständniserklärung. Das Prüfvorhaben fand einmalig auf freiwilliger Basis statt und dauerte 35–40 Minuten, worüber die Probanden im Vorfeld informiert wurden. Um die Konzentration der Probanden während der gesamten Messung sicherzustellen, wurde nach der Hälfte der gezeigten Bilder eine Pause eingelegt. Die Probandendaten wurden pseudonymisiert gespeichert.

Um keine Erwartungshaltung bei den Probanden zu erzeugen und die Blickbewegungen nicht zu beeinflussen, erhielten sie keine Informationen darüber, nach welchen Kriterien die Fernröntgenseitenbilder ausgesucht worden waren. Es erfolgte lediglich die Instruktion, die Fernröntgenseitenbilder für die Dauer der Anzeige so zu betrachten, wie sie es auch im normalen Klinik-/Praxisalltag tun würden. Im Anschluss an jedes Bild teilten sie der Prüffärztin dazu Befunde und Diagnosen mit. Diese dokumentierte die Prüffärztin. Auch hier wurden keine genaueren Anweisungen

gegeben, um den Blick der Probanden nicht zu lenken. Es erfolgte ein Testlauf zu Übungszwecken, um die Probanden an die eingesetzte Technik zu gewöhnen und die richtige Kopfhaltung zu trainieren.

Im Anschluss begann die Aufzeichnung der eigentlichen Messung. Den Probanden wurden in randomisierter Reihenfolge 40 Fernröntgenseitenbilder präsentiert, von denen jeweils 10 der skelettalen Angle-Klasse I, II:1, II:2, oder III entsprachen. Jedes Bild erschien für 30 Sekunden zentral vor einem weißen Hintergrund auf dem Monitor. Nach jedem Fernröntgenseitenbild erschien für ein freies Zeitintervall ein weißer Bildschirm. In dieser Zeit teilten die Probanden der Prüferin Befunde und Diagnosen mit. Anschließend rief die Prüferin mit einem Mausklick das nächste Bild auf.

5.3.3 Aufzeichnung der Blickdaten

Die Eyetracking-Kamera zeichnete während der Präsentation der Stimuli die bei den Blickbewegungen erfolgten Fixationen und Sakkaden der Probanden auf. Bei der Auswertung wurde ein Hauptaugenmerk auf die Fixationen gelegt. Ab einer Verweildauer von ≥ 80 ms wurde ein fixierter Bereich von der eingesetzten Kamera erfasst. Der Blicksprung zwischen zwei Fixationen wurde als Sakkade definiert. Folgende Parameter dokumentierte das Eyetracking-System für jeden Probanden und für jedes Fernröntgenseitenbild:

- 1) Zeit bis zur ersten Fixation
- 2) Ort der ersten Fixation
- 3) Länge des Blickpfads
- 4) Gesamtzahl an Fixationen
- 5) Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs
- 6) Totale Fixierungszeit in den AOIs

Die Daten wurden in eine Excel-Tabelle (Microsoft Office Home & Student 2016, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) übernommen. Es bestand zudem die Möglichkeit, jedes Fernröntgenseitenbild zur besseren Übersicht einer grafischen Auswertung zu unterziehen. Dabei ließ sich zum Beispiel der Blickverlauf der Probanden als Videosequenz („Scanpath Analysis Viewer“) darstellen, die den exakten Blickpfad mit allen Fixationen und Sakkaden im zeitlichen Verlauf präsentierte. Es ist möglich, den gesamten Verlauf in einem statischen Bild zu illustrieren

(„Scanpath Analysis“), wie auf der folgenden Abbildung beispielhaft zu sehen ist (vgl. Abb. 5-6). Dabei stellen die grünen Linien die Sakkaden und die orange-gelben Kreise die Fixationen dar. Die Größe des Kreises korreliert mit der Verweildauer im fixierten Bereich. Innerhalb der Kreise zeigt die obere Zahl die Reihenfolge und die untere Zahl die Länge der Fixation an.

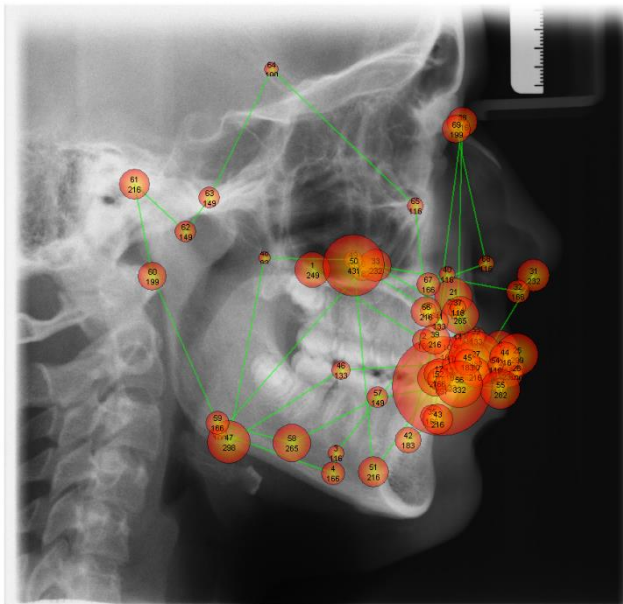


Abb. 5-6 Beispiel einer Blickpfadanalyse

Die Software bietet zusätzlich die Möglichkeit, die Wahrnehmung des Bildes auf der Grundlage von sogenannten Aufmerksamkeitslandschaften (Attentional Landscapes) als sogenanntes Sinnbild grafisch darzustellen. Die Aufmerksamkeitslandschaften ergeben sich aus Erhebungen, die Regionen mit größerer Aufmerksamkeit präsentieren, und Tälern, die Areale mit weniger Beachtung zeigen. Die Visualisierung als Sinnbild erfolgt entweder in Abhängigkeit von der Anzahl oder der Länge der Fixationen (vgl. Abb. 5-7). Das Sinnbild lässt sich grafisch in eine sogenannte Heatmap konvertieren. Diese stellt die Häufigkeit oder Dauer der Fixationen als mehr oder weniger intensiven Farbleck dar (vgl. Abb. 5-8). Nach dem gleichen Prinzip lassen sich auch die Ergebnisse von den Teilnehmern einer Gruppe zusammenfassen bzw. übereinanderlegen und anschließend mit den Ergebnissen anderer Gruppen vergleichen. Die Grafiken des Gruppenvergleichs präsentieren dabei nur die Unterschiede zwischen beiden

Gruppen, bezogen auf die Fixationen (vgl. Abb. 5-9). Die grafischen Auswertungen dienen nicht der statistischen Analyse, sondern lediglich der Veranschaulichung.

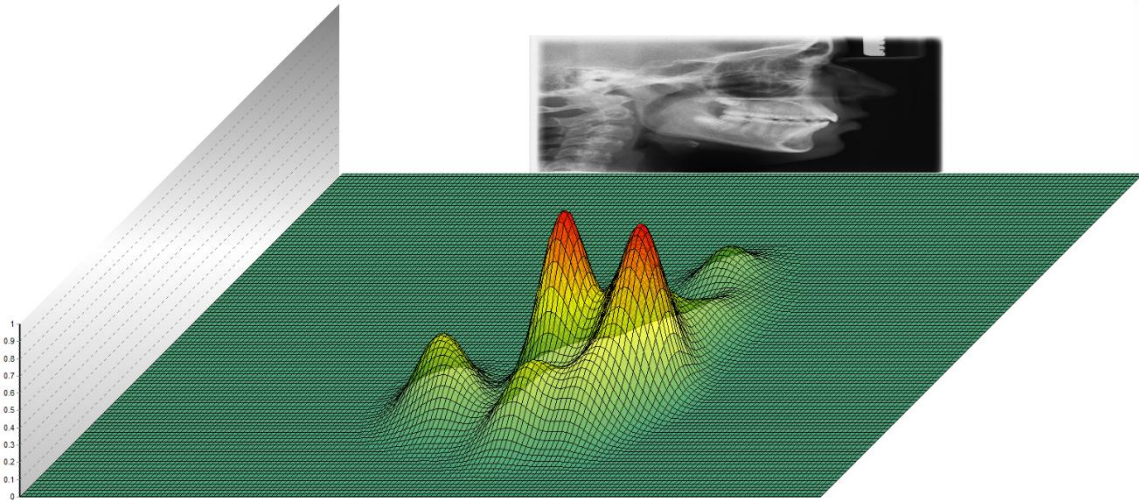


Abb. 5-7 Beispiel einer Aufmerksamkeitslandschaft, dargestellt als Sinnbild

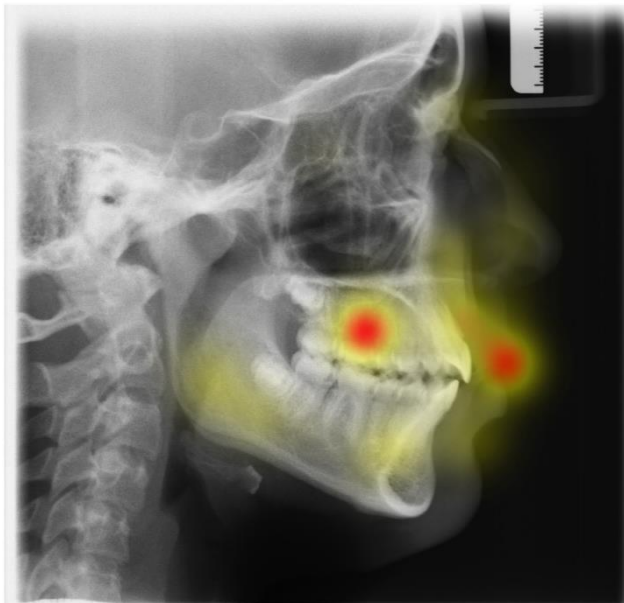


Abb. 5-8 Beispiel einer Aufmerksamkeitslandschaft, dargestellt als Heatmap

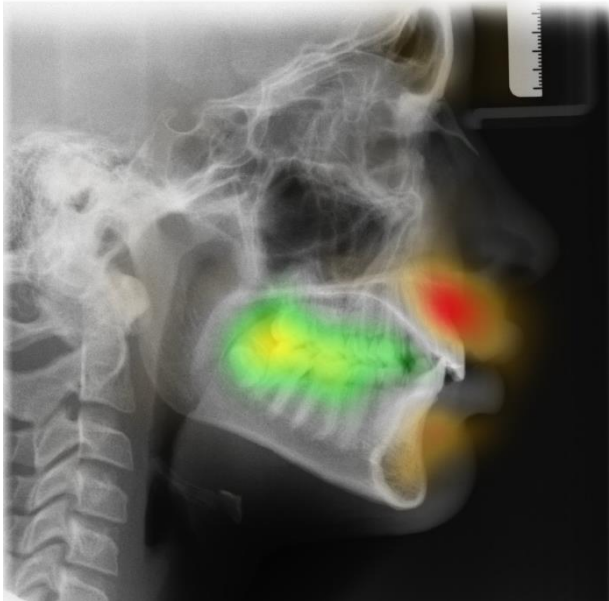


Abb. 5-9 Beispiel eines Gruppenvergleichs: Die rot-orangen Areale zeigen den Bereich der Weiterbildungsassistenten, die gelb-grünen Areale den Bereich der Studierenden

5.3.4 Dokumentation der Befunde und Diagnosen

Um keine Erwartungshaltung bei den Probanden zu erzeugen, wurden diese gebeten, allgemein Befunde und Diagnosen zu den betrachteten Aufnahmen mitzuteilen. Die Prüferärztin dokumentierte alle Aussagen. Für die vorliegende Arbeit war jedoch in erster Linie von Interesse, ob und welche Angaben die Probanden zu den Angle-Klassen machten. Untersucht wurden folgende Fragestellungen:

- 1) Wurde eine Angle-Klasse benannt?
- 2) Welche Angle-Klasse wurde benannt?
- 3) Wurde die Angle-Klasse richtig benannt?

5.4 Statistische Analyse

Die statistische Analyse erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Dabei wurde die Statistiksoftware SAS (Version 9.4 für Windows, Microsoft, Chicago, Illinois, USA) verwendet.

Im Rahmen der deskriptiven statistischen Analyse wurden für quantitative Merkmale die üblichen Lage- und Streuungsmaße (Mean = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

chung, Minimum, Maximum, Median und Quartile) bestimmt. Bei der tabellarischen Darstellung wurde auf die Standardabweichung verzichtet, da die einzelnen Werte der Blickpfadanalysen nicht unabhängig sind. Die grafische Darstellung erfolgte in Box-and-Whisker-Plots. Für kategoriale Merkmale wurden absolute und relative Häufigkeiten angegeben. Im Bereich der Inferenzstatistik wurden verschiedene Analysemethoden herangezogen, darunter ein multivariablen Cox-Regressionsmodell und ein gemischtes lineares Modell.

Die Analyse hat explorative Intention. Die p-Werte sind daher deskriptiv zu interpretieren. Jedoch werden, gängigem Sprachgebrauch folgend, Effekte mit einem p-Wert $\leq 0,05$ als signifikant bezeichnet, was hier aber nur orientierend zu beachten ist. Eine Adjustierung für multiples Testen wurde dementsprechend nicht vorgenommen.

Die bezüglich der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern weniger erfahrene Gruppe der Studierenden wurde als Laien bezeichnet, während die Weiterbildungsassistenten für Kieferorthopädie als Experten bezeichnet wurden.

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied bei der Betrachtungsweise zwischen den Studierenden der Zahnmedizin und den Weiterbildungsassistenten für Kieferorthopädie.

Alternativhypothese: Es gibt einen Unterschied bei der Betrachtungsweise zwischen den Studierenden der Zahnmedizin und den Weiterbildungsassistenten für Kieferorthopädie.

6 Ergebnisse

6.1 Zeit bis zur ersten Fixation

Die Zeit bis zur ersten Fixation beschreibt den Zeitraum, der vergangen ist, bis der Proband zum ersten Mal einen bestimmten Bereich fixiert hat. Es wurde die Zeit in Sekunden bis zur ersten Fixation in einem beliebigen Bereich und bis zur ersten Fixation in einer AOI ermittelt. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (Tab. 6-1, Tab. 6-2) und Abbildungen (Abb. 6-1, Abb. 6-2) zu sehen. In der Gruppe der Experten fixierte ein Proband bei einem Fernröntgenseitenbild keinen Bereich in einer AOI, weshalb sich in dieser Kategorie 799 statt 800 Messungen ergaben.

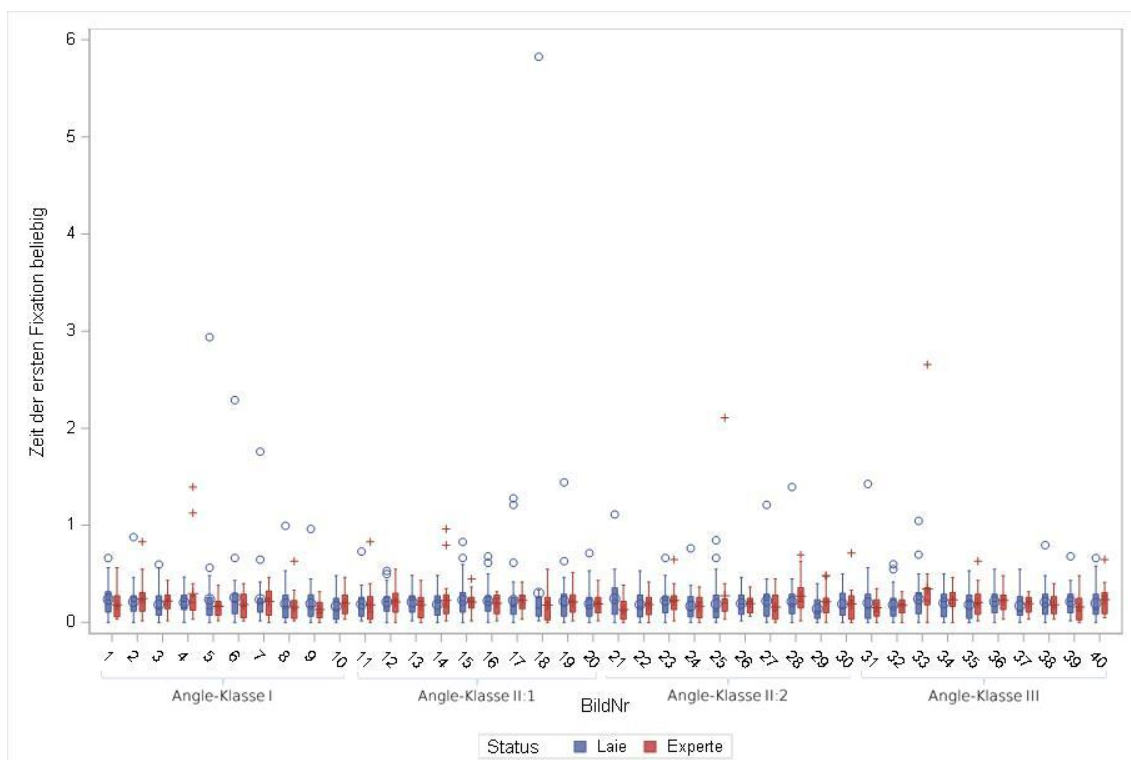


Abb. 6-1 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden in einem beliebigen Bereich. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau). Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

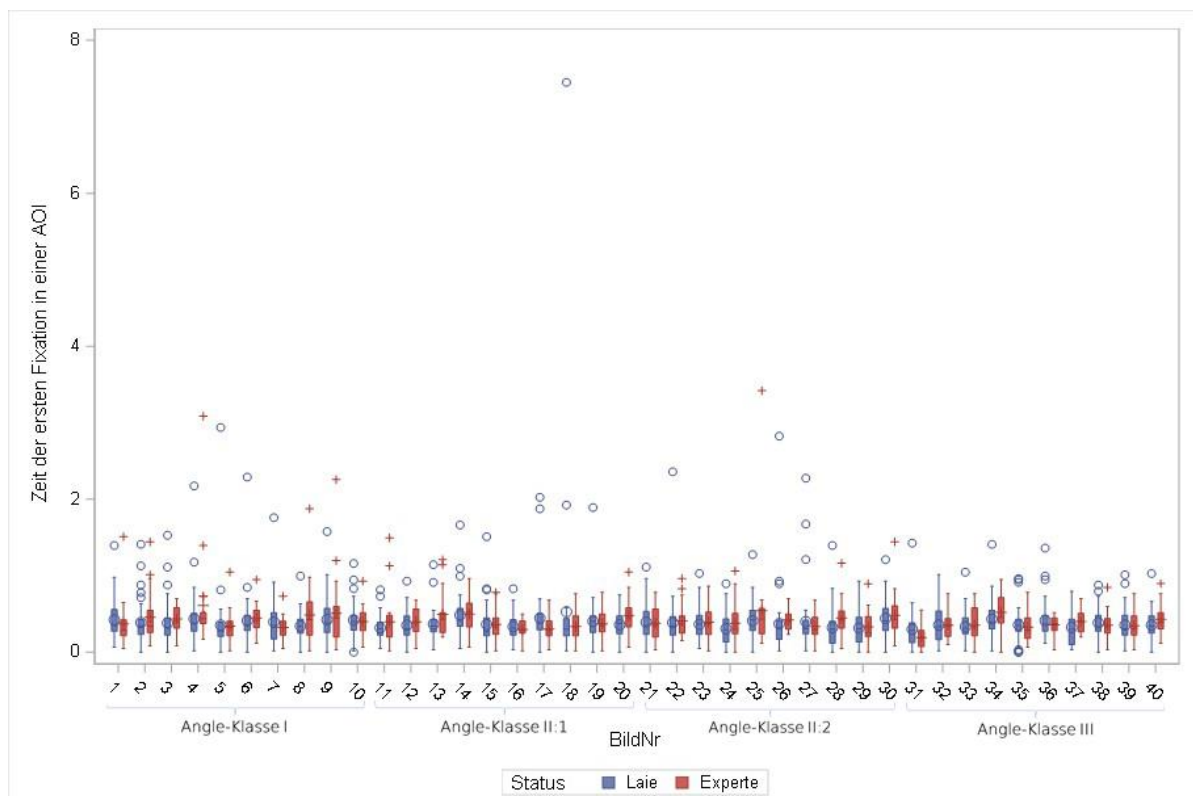


Abb. 6-2 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden in einer AOI. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau) Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

Betrachtet man die Durchschnittszeit bis zur ersten Fixation, so fällt auf, dass die Laien etwas schneller einen Bereich in einer AOI fixierten als die Experten. Die Experten fixierten jedoch insgesamt etwas zügiger einen beliebigen Bereich außerhalb der AOIs (vgl. Tab. 6-1).

Tab. 6-1 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|----------|---|------|------|-----|------|--------|------|------|
| Experten | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 799 | 0,4 | 0 | 0,25 | 0,37 | 0,5 | 3,42 |
| | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 800 | 0,2 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,27 | 2,66 |
| Laien | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 1600 | 0,38 | 0 | 0,23 | 0,33 | 0,47 | 7,45 |
| | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 1600 | 0,21 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,28 | 5,83 |

| | | | | | | | | |
|--------------|---|------|------|---|------|------|------|------|
| Total | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 2399 | 0,39 | 0 | 0,23 | 0,35 | 0,48 | 7,45 |
| | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 2400 | 0,21 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,28 | 5,83 |

Bei der Zeit bis zur ersten Fixation, abhängig von der Angle-Klasse, ist erkennbar, dass sowohl Laien als auch Experten in der Angle-Klasse I am längsten und in der Angle-Klasse III am kürzesten brauchten, um einen Bereich in einer AOI zu fixieren. Bei der Angle-Klasse I und II:2 fixierten die Laien im Vergleich zu den Experten schneller eine AOI (vgl. Tab. 6-2).

Tab. 6-2 Zeit bis zur ersten Fixation in Sekunden abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Wahre Angle-Klasse | Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|--------------------|-----------------|---|-----|------|------|------|--------|------|------|
| I | Experten | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 200 | 0,44 | 0,02 | 0,25 | 0,38 | 0,5 | 3,09 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 200 | 0,2 | 0 | 0,08 | 0,18 | 0,27 | 1,39 |
| | Laien | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 400 | 0,4 | 0 | 0,25 | 0,35 | 0,48 | 2,94 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 400 | 0,21 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,28 | 2,94 |
| | Total | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 600 | 0,41 | 0 | 0,25 | 0,37 | 0,48 | 3,09 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 600 | 0,21 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,28 | 2,94 |
| II:1 | Experten | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 200 | 0,39 | 0,02 | 0,25 | 0,38 | 0,5 | 1,49 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 200 | 0,2 | 0 | 0,08 | 0,22 | 0,27 | 0,96 |
| | Laien | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 400 | 0,4 | 0 | 0,25 | 0,35 | 0,47 | 7,45 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 400 | 0,22 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,27 | 5,83 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|---|-----|------|---|------|------|------|------|
| | Total | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 600 | 0,39 | 0 | 0,25 | 0,35 | 0,48 | 7,45 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 600 | 0,21 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,27 | 5,83 |
| II:2 | Experten | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 200 | 0,41 | 0 | 0,25 | 0,37 | 0,51 | 3,42 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 200 | 0,2 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,27 | 2,11 |
| | Laien | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 400 | 0,37 | 0 | 0,22 | 0,33 | 0,46 | 2,83 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 400 | 0,2 | 0 | 0,07 | 0,17 | 0,28 | 1,4 |
| | Total | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 600 | 0,38 | 0 | 0,23 | 0,33 | 0,48 | 3,42 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 600 | 0,2 | 0 | 0,07 | 0,2 | 0,28 | 2,11 |
| III | Experten | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 199 | 0,36 | 0 | 0,23 | 0,35 | 0,46 | 0,95 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 200 | 0,21 | 0 | 0,08 | 0,22 | 0,28 | 2,66 |
| | Laien | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 400 | 0,36 | 0 | 0,23 | 0,33 | 0,47 | 1,43 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 400 | 0,2 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,28 | 1,43 |
| | Total | Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI | 599 | 0,36 | 0 | 0,23 | 0,33 | 0,47 | 1,43 |
| | | Zeit bis zur ersten Fixation beliebig | 600 | 0,2 | 0 | 0,08 | 0,2 | 0,28 | 2,66 |

Um den Einfluss der Angle-Klasse des präsentierten Bildes und der Erfahrung des Betrachters auf die Zeit bis zur ersten Fixation überhaupt bzw. zur ersten Fixation in einer AOI zu beurteilen, wurde ein Cox-Regressionsmodell verwendet. Dabei wurden Angle-Klasse und Erfahrung (Status), deren Wechselwirkung sowie die Bildnummer als feste Faktoren in das Modell aufgenommen. Der jeweilige Betrachter stellte einen zufälligen Effekt dar, der mittels einer log-normalverteilten Frailty modelliert wurde. Die Proportional-Hazard-Annahme wurde grafisch überprüft. Das Cox-Modell wurde mit

der SAS-Prozedur PHREG angepasst. Des Weiteren erfolgte eine explorative Analyse der Daten mit multivariabler Cox-Regressionen auf die Fragestellung hin: Gibt es einen Unterschied in der Zeit bis zur ersten Fixation abhängig von der Erfahrung der Probanden und den Angle-Klassen? Ist die Hazard Ratio größer 1, war die Zeit bis zur ersten Fixation bei den Experten kürzer; ist sie kleiner als 1, war die Zeit bis zur ersten Fixation bei den Laien kürzer.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI zwischen den Angle-Klassen unterscheidet ($p = 0,0032$). Es lässt sich kein Einfluss des Status (Laie oder Experte) auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI nachweisen ($p = 0,1675$). Es gibt auch keinen Hinweis auf eine Wechselwirkung von Angle-Klasse und Status, das heißt, der Effekt der Angle-Klassen auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI unterscheidet sich nicht zwischen Experten und Laien ($p = 0,6494$). Innerhalb der Angle-Klassen gibt es Unterschiede zwischen den Bildern im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p < 0,0001$). Es gibt erhebliche Variabilität zwischen den Beurteilern im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p < 0,0001$) (vgl. Tab. 6-3).

Tab. 6-3 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI

| Effekt | p-Wert |
|-----------------------------|---------|
| Wahre Angle-Klasse | 0,0032 |
| Status | 0,1675 |
| Wahre Angle-Klasse*Status | 0,6494 |
| BildNr (wahre Angle-Klasse) | <0,0001 |
| Proband | <0,0001 |

In Angle-Klasse I beträgt die Hazard Ratio von Experten vs. Laien 0,92 mit einem 95 %-Konfidenzintervall von [0,71, 1,17]. Das bedeutet, dass die Experten etwas länger brauchten, bis sie das erste Mal einen Bereich in einer AOI fixierten. Da das 95 %-KI jedoch die 1 enthält, ist dieser Unterschied nicht als signifikant zu bewerten.

In Angle-Klasse II:1 beträgt die Hazard Ratio von Experten vs. Laien 0,96 mit einem 95 %-Konfidenzintervall von [0,75, 1,23]. Das bedeutet, dass die Experten etwas länger brauchten, bis sie das erste Mal einen Bereich in einer AOI fixierten. Da das 95 %-

KI jedoch die 1 enthält, ist dieser Unterschied nicht als signifikant zu bewerten. Der Mittelwert in der Angle-Klasse II:1 war für die Laien geringfügig größer. Ursächlich hierfür könnten einzelne Ausreißer sein. An dieser Stelle muss deshalb der Medianwert betrachtet werden.

In Angle-Klasse II:2 beträgt die Hazard Ratio von Experten vs. Laien 0,91 mit einem 95 %-Konfidenzintervall von [0,71, 1,17]. Das bedeutet, dass die Experten etwas länger brauchten, bis sie das erste Mal einen Bereich in einer AOI fixierten. Da das 95 %-KI jedoch die 1 enthält, ist dieser Unterschied nicht als signifikant zu bewerten.

In Angle-Klasse III beträgt die Hazard Ratio von Experten vs. Laien 1,05 mit einem 95 %-Konfidenzintervall von [0,82, 1,34]. Das bedeutet, dass beide Gruppen nahezu gleich lange brauchten, um einen Bereich in einer AOI zu fixieren (vgl. Tab. 6-4).

Tab. 6-4 Einfluss des Status auf die Zeit bis zur ersten Fixation, abhängig von der Angle-Klasse. Hazard Ratio, 95 %-Konfidenzintervall

| Beschreibung | Hazard Ratio | 95 %-Konfidenzintervall | |
|--|--------------|-------------------------|-------|
| Status Experte vs. Laie, wahre Angle-Klasse I | 0,916 | 0,714 | 1,174 |
| Status Experte vs. Laie, wahre Angle-Klasse II:1 | 0,961 | 0,749 | 1,232 |
| Status Experte vs. Laie, wahre Angle-Klasse II:2 | 0,91 | 0,71 | 1,167 |
| Status Experte vs. Laie, wahre Angle-Klasse III | 1,048 | 0,818 | 1,343 |

Es gibt keinen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen der Gesamtheit der Angle-Klasse-I-Bilder und der Gesamtheit der Angle-Klasse-II:1-Bilder im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p = 0,1160$). Die Hazard Ratio von Angle-Klasse I vs. Angle-Klasse II:1 beträgt 0,91. Das bedeutet, bei den Angle-Klasse-I-Bildern erfolgte die Fixation tendenziell etwas später. Das 95 %-Konfidenzintervall für die Hazard Ratio beträgt [0,80, 1,02]. Da das 95 %-KI jedoch die 1 enthält, ist dieser Unterschied nicht als signifikant zu bewerten.

Es gibt keinen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen der Gesamtheit der Angle-Klasse-I-Bilder und der Gesamtheit der Angle-Klasse-II:2-Bilder im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p = 0,1097$). Die Hazard Ratio von Angle-Klasse I vs. Angle-Klasse II:2 beträgt 0,91. Das bedeutet, bei den Angle-Klasse-I-Bildern erfolgte die Fixation tendenziell etwas später. Das 95 %-Konfidenzintervall für die Hazard Ratio beträgt [0,80, 1,02]. Da das 95 %-KI jedoch die 1 enthält, ist dieser Unterschied nicht als signifikant zu bewerten.

Es gibt einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen der Gesamtheit der Angle-Klasse-I-Bilder und der Gesamtheit der Angle-Klasse-III-Bilder im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p = 0,0002$). Die Hazard Ratio von Angle-Klasse I vs. Angle-Klasse III beträgt 0,79. Das bedeutet, bei den Angle-Klasse-I-Bildern erfolgte die Fixation tendenziell deutlich später. Das 95 %-Konfidenzintervall für die Hazard Ratio beträgt [0,70, 0,90]. Das 95 %-KI enthält die 1 nicht. Auch daraus kann man schließen, dass dieser Unterschied als signifikant zu bewerten ist.

Es gibt keinen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen der Gesamtheit der Angle-Klasse-II:1-Bilder und der Gesamtheit der Angle-Klasse-II:2-Bilder im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p = 0,9812$). Die Hazard Ratio von Angle-Klasse II:1 vs. Angle-Klasse II:2 beträgt 1,0. Das bedeutet, bei den Angle II:1-Bildern erfolgte die Fixation tendenziell etwas später. Das 95 %-Konfidenzintervall für die Hazard Ratio beträgt [0,88, 1,13]. Da das 95 %-KI jedoch die 1 enthält, ist dieser Unterschied nicht als signifikant zu bewerten.

Es gibt einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen der Gesamtheit der Angle-Klasse-II:1-Bilder und der Gesamtheit der Angle-Klasse-III-Bilder im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p = 0,0328$). Die Hazard Ratio von Angle-Klasse II:1 vs. Angle-Klasse III beträgt 0,88. Das bedeutet, bei den Angle-Klasse-II:1-Bildern erfolgte die Fixation tendenziell deutlich später. Das 95 %-Konfidenzintervall für die Hazard Ratio beträgt [0,78, 0,99]. Das 95 %-KI enthält die 1 nicht. Auch daraus kann man schließen, dass dieser Unterschied als signifikant zu bewerten ist.

Es gibt einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen der Gesamtheit der Angle-Klasse-II:2-Bilder und der Gesamtheit der Angle-Klasse-III-Bilder im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p = 0,0351$). Die Hazard Ratio von

Angle-Klasse II:1 vs. Angle III beträgt 0,88, das heißt, bei den Angle-Klasse-II:2-Bildern erfolgte die Fixation tendenziell deutlich später. Das 95 %-Konfidenzintervall für die Hazard Ratio beträgt [0,78, 0,99]. Das 95 %-KI enthält die 1 nicht. Auch daraus kann man schließen, dass dieser Unterschied als signifikant zu bewerten ist.

Generell lässt sich sagen, dass bei der Angle-Klasse III die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI grundsätzlich kürzer war. Die anderen Angle-Klassen zeigten untereinander geringere Unterschiede. Insbesondere Angle II:1 und Angle II:2 unterschieden sich fast gar nicht (vgl. Tab. 6-5).

Tab. 6-5 Einfluss der Angle-Klasse auf die Zeit bis zur ersten Fixation. Hazard Ratio, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| Vergleich | Hazard Ratio | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|------------------------------|--------------|--------|-------------------------|--------|
| Angle I vs. Angle II:1 | 0,9069 | 0,1160 | 0,8029 | 1,0244 |
| Angle I vs. Angle II:2 | 0,9056 | 0,1097 | 0,802 | 1,0226 |
| Angle I vs. Angle III | 0,7947 | 0,0002 | 0,7033 | 0,8980 |
| Angle II:1 vs. Angle II:2 | 0,9985 | 0,9812 | 0,8844 | 1,1274 |
| Angle II:1 vs. Angle III | 0,8762 | 0,0328 | 0,7761 | 0,9892 |
| Angle II:2 vs. Angle III | 0,8775 | 0,0351 | 0,7771 | 0,9909 |

Was die Zeit bis zur ersten Fixation generell (AOI oder außerhalb AOI) betrifft, gibt es keinen Hinweis auf Einflüsse von Angle-Klasse ($p = 0,9708$), Status ($p = 0,2544$) oder deren Wechselwirkung ($p = 0,9445$). Auch zwischen den einzelnen Bildern innerhalb einer Angle-Klasse sind keine Unterschiede nachweisbar. Allerdings gibt es erhebliche Variabilität zwischen den Beurteilern im Hinblick auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI ($p < 0,0001$) (vgl. Tab. 6-6).

Tab. 6-6 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Zeit bis zur ersten Fixation in einem beliebigen Bereich

| Effekt | p-Wert |
|-----------------------------|---------|
| Wahre Angle-Klasse | 0,9708 |
| Status | 0,2544 |
| Wahre Angle-Klasse*Status | 0,9445 |
| BildNr (wahre Angle-Klasse) | 0,6593 |
| Proband | <0,0001 |

6.2 Ort der ersten Fixation

Betrachtet man den Ort der ersten Fixation in einem beliebigen Bereich, so fällt auf, dass die Laien zu 49,8 % und die Experten zu 58 % am häufigsten zuerst einen Bereich außerhalb der AOIs fixierten. Ihren Blick richteten die Experten zu 22,5 % und die Laien zu 32,5 % anfänglich auf die Seitenzähne. Die Frontzähne betrachteten die Experten in 9,9 % der Fälle und die Laien in 9,4 % der Fälle initial. Alle anderen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 3 % zu Beginn fokussiert (vgl. Tab. 6-7).

Tab. 6-7 Ort der ersten Fixation in einem beliebigen Bereich unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Laien und Experten. n = Anzahl der Messungen, Prozentangaben

| | Status | | | | Total | |
|-----------------|--------|------|---------|------|-------|------|
| | Laie | | Experte | | | |
| | n | % | n | % | n | % |
| außerhalb AOs | 797 | 49,8 | 464 | 58 | 1261 | 52,5 |
| Seitenzähne | 520 | 32,5 | 180 | 22,5 | 700 | 29,2 |
| Frontzähne | 151 | 9,4 | 79 | 9,9 | 230 | 9,6 |
| Kiefergelenk | 47 | 2,9 | 24 | 3 | 71 | 3 |
| Nase | 43 | 2,7 | 17 | 2,1 | 60 | 2,5 |
| Lippen | 13 | 0,8 | 11 | 1,4 | 24 | 1 |
| Nasion | 11 | 0,7 | 7 | 0,9 | 18 | 0,8 |
| Wirbelsäule | 8 | 0,5 | 7 | 0,9 | 15 | 0,6 |
| Sella | 5 | 0,3 | 4 | 0,5 | 9 | 0,4 |
| Kinn | 4 | 0,3 | 4 | 0,5 | 8 | 0,3 |
| knöchernes Kinn | 1 | 0,1 | 3 | 0,4 | 4 | 0,2 |
| Total | 1600 | 100 | 800 | 100 | 2400 | 100 |

In Angle-Klasse I fixierten die Experten zu 62,5 % und die Laien zu 52,8 % als Erstes einen Bereich außerhalb einer AOI. Ihren Blick richteten die Experten zu 20,5 % und die Laien zu 31,3 % anfänglich auf die Seitenzähne. Die Frontzähne betrachteten die Experten in 9 % der Fälle und die Laien in 7,3 % der Fälle initial. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 3,5 % zu Beginn fixiert.

In Angle-Klasse II:1 fixierten die Experten zu 57,5 % und die Laien zu 53,5 % als Erstes einen Bereich außerhalb einer AOI. Ihren Blick richteten die Experten zu 25,5 % und die Laien zu 31 % anfänglich auf die Seitenzähne. Die Frontzähne betrachteten die Experten in 7,5 % der Fälle und die Laien in 10 % der Fälle initial. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 2,5 % zu Beginn fokussiert.

In Angle-Klasse II:2 fixierten die Experten zu 59,5 % und die Laien zu 45,8 % als Erstes einen Bereich außerhalb einer AOI. Ihren Blick richteten die Experten zu 23 % und die Laien zu 35,8 % anfänglich auf die Seitenzähne. Die Frontzähne betrachteten die Experten in 9,5 % der Fälle und die Laien in 9 % der Fälle initial. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 3,5 % zu Beginn fokussiert.

In Angle-Klasse III fixierten die Experten zu 52,5 % und die Laien zu 47,3 % als Erstes einen Bereich außerhalb einer AOI. Ihren Blick richteten die Experten zu 21 % und die

Laien zu 32 % anfänglich auf die Seitenzähne. Die Frontzähne betrachteten die Experten in 13,5 % der Fälle und die Laien in 11,5 % der Fälle initial. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 4 % zu Beginn fokussiert.

Zusammenfassend lässt sich im Vergleich zwischen Experten und Laien sagen, dass die Experten in allen Angle-Klassen häufiger zuerst einen Bereich außerhalb einer AOI fixierten. Die Laien richteten ihren Blick in allen Angle-Klassen zu Beginn öfter auf die Seitenzähne. Bei der Gegenüberstellung der Angle-Klassen ist besonders hervorzuheben, dass der Anteil der Probanden, die initial die Frontzähne betrachteten, in beiden Gruppen bei der Angle-Klasse III zunahm und jeweils im Vergleich zwischen den Angle-Klassen den höchsten Wert für die Frontzähne erzielte (vgl. Tab. 6-8).

Tab. 6-8 Ort der ersten Fixation in einem beliebigen Bereich abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Laien und Experten. n = Anzahl der Messungen, Prozentangaben

| Status | | Wahre Angle-Klasse | | | | | | | |
|----------|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| | | I | | II:1 | | II:2 | | III | |
| | | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Laien | außerhalb AOs | 211 | 52,8 | 214 | 53,5 | 183 | 45,8 | 189 | 47,3 |
| | Seitenzähne | 125 | 31,3 | 124 | 31 | 143 | 35,8 | 128 | 32 |
| | Frontzähne | 29 | 7,3 | 40 | 10 | 36 | 9 | 46 | 11,5 |
| | Kiefergelenk | 14 | 3,5 | 6 | 1,5 | 11 | 2,8 | 16 | 4 |
| | Nase | 12 | 3 | 10 | 2,5 | 9 | 2,3 | 12 | 3 |
| | Lippen | 4 | 1 | 2 | 0,5 | 5 | 1,3 | 2 | 0,5 |
| | Nasion | 2 | 0,5 | 1 | 0,3 | 5 | 1,3 | 3 | 0,8 |
| | Wirbelsäule | . | . | 2 | 0,5 | 4 | 1 | 2 | 0,5 |
| | Sella | 1 | 0,3 | 1 | 0,3 | 2 | 0,5 | 1 | 0,3 |
| | Kinn | 1 | 0,3 | . | . | 2 | 0,5 | 1 | 0,3 |
| | knöchernes Kinn | 1 | 0,3 | . | . | . | . | . | . |
| | Total | | 400 | 100 | 400 | 100 | 400 | 100 | 400 |
| Experten | außerhalb AOs | 125 | 62,5 | 115 | 57,5 | 119 | 59,5 | 105 | 52,5 |
| | Seitenzähne | 41 | 20,5 | 51 | 25,5 | 46 | 23 | 42 | 21 |
| | Frontzähne | 18 | 9 | 15 | 7,5 | 19 | 9,5 | 27 | 13,5 |
| | Kiefergelenk | 4 | 2 | 5 | 2,5 | 7 | 3,5 | 8 | 4 |
| | Nase | 3 | 1,5 | 4 | 2 | 4 | 2 | 6 | 3 |
| | Lippen | 3 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 1 | 3 | 1,5 |
| | Nasion | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 3 | 1,5 |
| | Wirbelsäule | . | . | 4 | 2 | . | . | 3 | 1,5 |
| | Sella | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 |
| | Kinn | 2 | 1 | 1 | 0,5 | . | . | 1 | 0,5 |
| | knöchernes Kinn | 1 | 0,5 | . | . | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 |
| | Total | | 200 | 100 | 200 | 100 | 200 | 100 | 200 |
| Total | außerhalb AOs | 336 | 56 | 329 | 54,8 | 302 | 50,3 | 294 | 49 |
| | Seitenzähne | 166 | 27,7 | 175 | 29,2 | 189 | 31,5 | 170 | 28,3 |
| | Frontzähne | 47 | 7,8 | 55 | 9,2 | 55 | 9,2 | 73 | 12,2 |
| | Kiefergelenk | 18 | 3 | 11 | 1,8 | 18 | 3 | 24 | 4 |
| | Nase | 15 | 2,5 | 14 | 2,3 | 13 | 2,2 | 18 | 3 |
| | Lippen | 7 | 1,2 | 5 | 0,8 | 7 | 1,2 | 5 | 0,8 |
| | Nasion | 4 | 0,7 | 2 | 0,3 | 6 | 1 | 6 | 1 |
| | Wirbelsäule | . | . | 6 | 1 | 4 | 0,7 | 5 | 0,8 |
| | Sella | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 3 | 0,5 | 2 | 0,3 |
| | Kinn | 3 | 0,5 | 1 | 0,2 | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 |
| | knöchernes Kinn | 2 | 0,3 | . | . | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| | Total | | 600 | 100 | 600 | 100 | 600 | 100 | 600 |

Betrachtet man den Ort der ersten Fixation in einer AOI, dann fällt auf, dass die Experten zu 38,5 % und die Laien zu 56,8 % als Erstes die Seitenzähne fixierten. Ihren Blick richteten die Experten zu 37,5 % und die Laien zu 26,9 % anfänglich auf die Frontzähne. Als Dritthäufigstes wurden von den Experten in 7,1 % der Fälle die Lippen und von den Laien in 5,7 % der Fälle die Nase initial betrachtet. Die Lippen fokussierten die Laien zu 3,5 % und auf die Nase blickten die Experten zu 6,9 % zu Beginn. Da in der Gruppe der Experten ein Proband auf einem Fernröntgenseitenbild keinen Bereich in einer AOI fixierte, sind die Werte in der vorletzten Zeile keinem Bereich zugeordnet (vgl. Tab. 6-9).

Tab. 6-9 Ort der ersten Fixation in einer AOI unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Laien und Experten. n = Anzahl der Messungen, Prozentangaben

| | Status | | | | Total | |
|-----------------|--------|------|---------|------|-------|------|
| | Laie | | Experte | | n | % |
| | n | % | n | % | | |
| Seitenzähne | 910 | 56,8 | 308 | 38,5 | 1218 | 50,7 |
| Frontzähne | 430 | 26,9 | 300 | 37,5 | 730 | 30,4 |
| Nase | 92 | 5,7 | 55 | 6,9 | 147 | 6,1 |
| Lippen | 56 | 3,5 | 57 | 7,1 | 113 | 4,7 |
| Kiefergelenk | 61 | 3,8 | 29 | 3,6 | 90 | 3,7 |
| Nasion | 27 | 1,7 | 20 | 2,5 | 47 | 2 |
| Sella | 11 | 0,7 | 11 | 1,4 | 22 | 0,9 |
| Wirbelsäule | 8 | 0,5 | 8 | 1 | 16 | 0,7 |
| Kinn | 4 | 0,2 | 5 | 0,6 | 9 | 0,4 |
| knöchernes Kinn | 2 | 0,1 | 6 | 0,8 | 8 | 0,3 |
| | . | . | 1 | 0,1 | 1 | 0 |
| Total | 1601 | 100 | 800 | 100 | 2401 | 100 |

In Angle-Klasse I fixierten die Experten zu 38,5 % und die Laien zu 60,3 % als Erstes den Bereich der Seitenzähne. Ihren Blick richteten die Experten zu 39 % und die Laien zu 24,3 % anfänglich auf die Frontzähne. Die Nase betrachteten die Experten in 8 % der Fälle und die Laien in 5,8 % der Fälle initial. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 5,5 % zu Beginn fokussiert.

In Angle-Klasse II:1 fixierten die Experten zu 42 % und die Laien zu 58,3 % als Erstes den Bereich der Seitenzähne. Ihren Blick richteten die Experten zu 35,5 % und die Laien zu 28,5 % anfänglich auf die Frontzähne. Die Nase betrachteten die Experten in 5 % der Fälle und die Laien in 6 % der Fälle initial. Auffällig ist, dass die Experten zu

7 % zu Beginn die Lippen fokussierten, jedoch die Laien nur zu 2,5 %. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 3,5 % zuerst fixiert.

In Angle-Klasse II:2 fixierten die Experten zu 41,5 % und die Laien zu 58,8 % als Erstes den Bereich der Seitenzähne. Ihren Blick richteten die Experten zu 39,5 % und die Laien zu 24 % anfänglich auf die Frontzähne. Die Nase betrachteten die Experten in 8 % der Fälle und die Laien in 4,3 % der Fälle initial. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 4 % zu Beginn fokussiert.

In Angle-Klasse III fixierten die Experten zu 32 % und die Laien zu 50,1 % als Erstes den Bereich der Seitenzähne. Ihren Blick richteten die Experten zu 36 % und die Laien zu 30,7 % anfänglich auf die Frontzähne. Die Nase betrachteten die Experten in 6,5 % der Fälle und die Laien in 7 % der Fälle initial. Auffällig ist, dass die Experten zu 13,5 % zu Beginn die Lippen fokussierten, jedoch die Laien nur zu 4,2 %. Die restlichen AOIs wurden in beiden Gruppen in weniger als 4,7 % zuerst fixiert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Laien in allen Angle-Klassen, auch im Vergleich mit den Experten, am häufigsten den Bereich der Seitenzähne initial fixierten. Die Experten richteten ihren Blick im Gegenzug in allen Angle-Klassen anfangs öfter auf die Frontzähne. In Angle-Klasse I und III war der Frontzahnbereich auch derjenige, der allgemein in dieser Gruppe am häufigsten zuerst betrachtet wurde. Auf die Nase blickten beide Gruppen in Angle-Klasse I und Angle-Klasse II:2 am dritthäufigsten zu Beginn. Diese Aussage gilt in der Gruppe der Laien auch für die Angle-Klasse II:1, bei der die Experten die Lippen am dritthäufigsten zuerst fokussierten. Im Vergleich zwischen den Angle-Klassen ist besonders hervorzuheben, dass beide Gruppen bei der Angle-Klasse III den geringsten Wert für die Seitenzähne aufwiesen. Dort verschob sich die Aufmerksamkeit bei den Experten in Richtung der Lippen und bei den Laien zu den Frontzähnen (vgl. Tab. 6-10, Abb. 6-3). Eine grafische Darstellung der Ergebnisse für jedes Fernröntgenseitenbild ist im Anhang abgebildet (vgl. Abb. 11-1, Abb. 11-2).

Tab. 6-10 Ort der ersten Fixation in einer AOI abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Laien und Experten. n = Anzahl der Messungen, Prozentangaben

| Status | | Wahre Angle-Klasse | | | | | | | |
|--------------|-----------------|--------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| | | I | | II:1 | | II:2 | | III | |
| | | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Laien | Seitenzähne | 241 | 60,3 | 233 | 58,3 | 235 | 58,8 | 201 | 50,1 |
| | Frontzähne | 97 | 24,3 | 114 | 28,5 | 96 | 24 | 123 | 30,7 |
| | Nase | 23 | 5,8 | 24 | 6 | 17 | 4,3 | 28 | 7 |
| | Lippen | 13 | 3,3 | 10 | 2,5 | 16 | 4 | 17 | 4,2 |
| | Kiefergelenk | 18 | 4,5 | 9 | 2,3 | 15 | 3,8 | 19 | 4,7 |
| | Nasion | 5 | 1,3 | 6 | 1,5 | 7 | 1,8 | 9 | 2,2 |
| | Sella | 1 | 0,3 | 2 | 0,5 | 7 | 1,8 | 1 | 0,2 |
| | Wirbelsäule | . | . | 2 | 0,5 | 4 | 1 | 2 | 0,5 |
| | Kinn | 1 | 0,3 | . | . | 2 | 0,5 | 1 | 0,2 |
| | knöchernes Kinn | 1 | 0,3 | . | . | 1 | 0,3 | . | . |
| | Total | 400 | 100 | 400 | 100 | 400 | 100 | 401 | 100 |
| Experten | Seitenzähne | 77 | 38,5 | 84 | 42 | 83 | 41,5 | 64 | 32 |
| | Frontzähne | 78 | 39 | 71 | 35,5 | 79 | 39,5 | 72 | 36 |
| | Nase | 16 | 8 | 10 | 5 | 16 | 8 | 13 | 6,5 |
| | Lippen | 11 | 5,5 | 14 | 7 | 5 | 2,5 | 27 | 13,5 |
| | Kiefergelenk | 6 | 3 | 7 | 3,5 | 7 | 3,5 | 9 | 4,5 |
| | Nasion | 5 | 2,5 | 4 | 2 | 4 | 2 | 7 | 3,5 |
| | Sella | 4 | 2 | 3 | 1,5 | 3 | 1,5 | 1 | 0,5 |
| | Wirbelsäule | . | . | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 3 | 1,5 |
| | Kinn | 2 | 1 | 2 | 1 | . | . | 1 | 0,5 |
| | knöchernes Kinn | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | | . | . | . | . | . | . | 1 | 0,5 |
| Total | 200 | 100 | 200 | 100 | 200 | 100 | 200 | 100 | |
| Total | Seitenzähne | 318 | 53 | 317 | 52,8 | 318 | 53 | 265 | 44,1 |
| | Frontzähne | 175 | 29,2 | 185 | 30,8 | 175 | 29,2 | 195 | 32,4 |
| | Nase | 39 | 6,5 | 34 | 5,7 | 33 | 5,5 | 41 | 6,8 |
| | Lippen | 24 | 4 | 24 | 4 | 21 | 3,5 | 44 | 7,3 |
| | Kiefergelenk | 24 | 4 | 16 | 2,7 | 22 | 3,7 | 28 | 4,7 |
| | Nasion | 10 | 1,7 | 10 | 1,7 | 11 | 1,8 | 16 | 2,7 |
| | Sella | 5 | 0,8 | 5 | 0,8 | 10 | 1,7 | 2 | 0,3 |
| | Wirbelsäule | . | . | 6 | 1 | 5 | 0,8 | 5 | 0,8 |
| | Kinn | 3 | 0,5 | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 |
| | knöchernes Kinn | 2 | 0,3 | 1 | 0,2 | 3 | 0,5 | 2 | 0,3 |
| | | . | . | . | . | . | . | 1 | 0,2 |
| Total | 600 | 100 | 600 | 100 | 600 | 100 | 601 | 100 | |

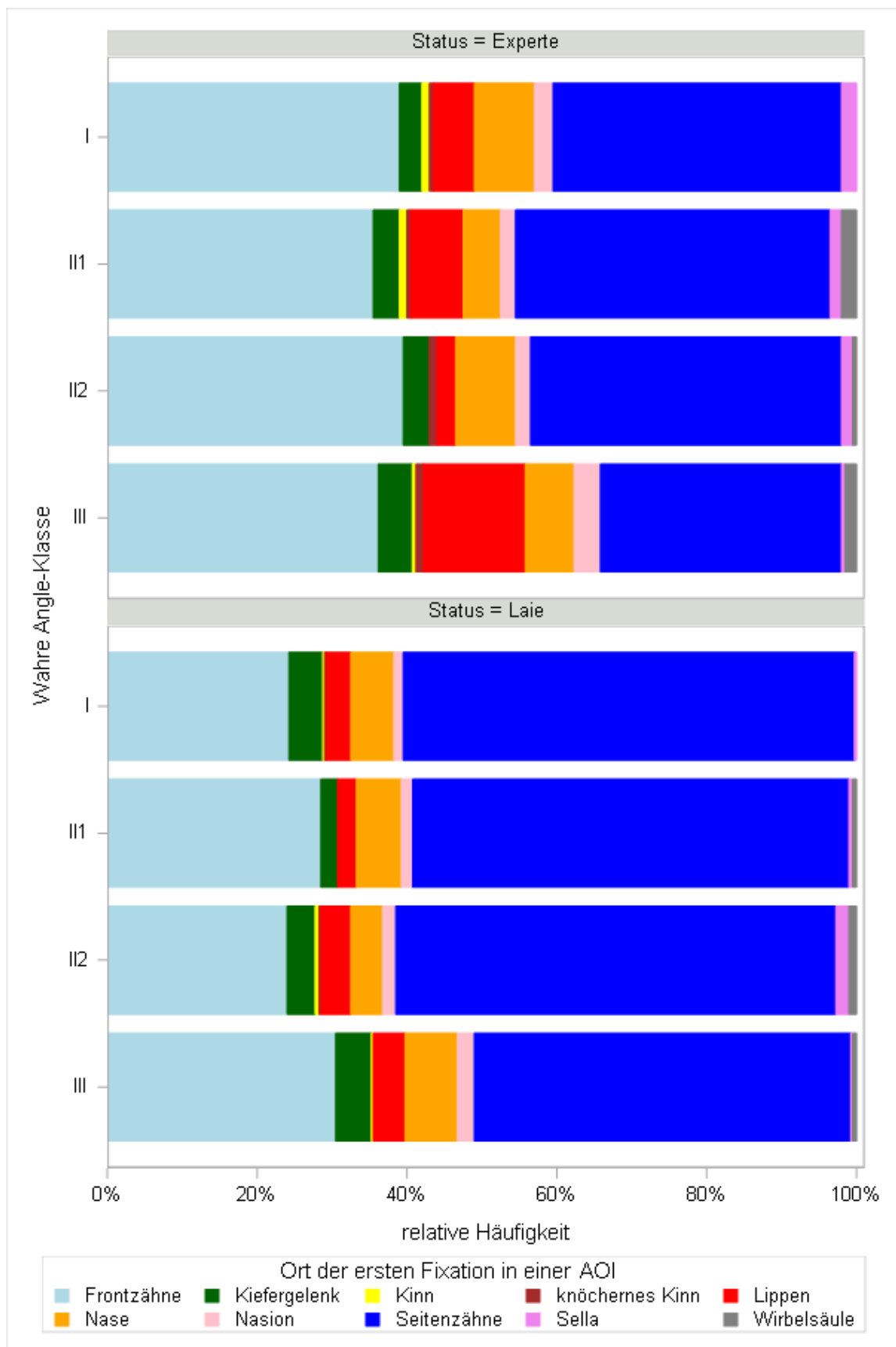


Abb. 6-3 Ort der ersten Fixation in einer AOI, abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien

6.3 Länge des Blickpfads

Die Länge des Blickpfads beschreibt die aufsummierte Länge aller Sakkaden des gesamten Blickverlaufs in Pixeln. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tab. 6-11, Tab. 6-12) und der nachfolgenden Abbildung (vgl. Abb. 6-4) zu sehen.

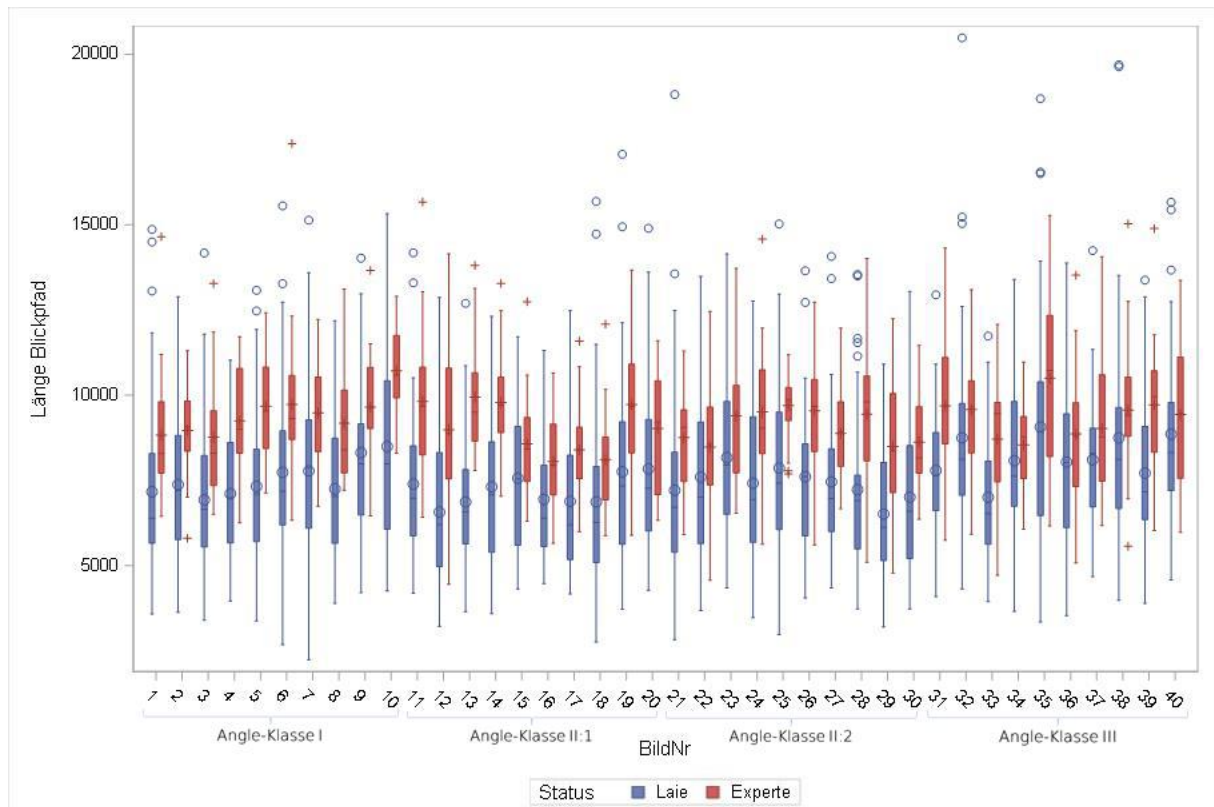


Abb. 6-4 Länge des Blickpfads in Pixeln. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau). Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

Betrachtet man die Länge des Blickpfads, so fällt auf, dass die Blickpfadlänge der Experten durchschnittlich um 1632,4 Pixel länger war als bei den Laien (vgl. Tab. 6-11). Der längste Blickpfad ergab sich für die Experten in Angle-Klasse I und für die Laien in Angle-Klasse III. In Angle-Klasse II:1 erzielten beide Gruppen die kürzeste Strecke (vgl. Tab. 6-12).

Tab. 6-11 Länge des Blickpfads in Pixeln unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|----------------|-----------------|------|---------|------|--------|--------|---------|-------|
| Experte | Länge Blickpfad | 800 | 9227,42 | 4454 | 7951,5 | 9166,5 | 10294,5 | 17380 |
| Laien | Länge Blickpfad | 1600 | 7594,99 | 2243 | 5769,5 | 7235 | 8934 | 20484 |
| Total | Länge Blickpfad | 2400 | 8139,13 | 2243 | 6405,5 | 7993 | 9672 | 20484 |

Tab. 6-12 Länge des Blickpfads in Pixeln abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Wahre Angle-Klasse | Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|--------------------|----------------|-----------------|-----|---------|------|--------|--------|---------|-------|
| I | Experte | Länge Blickpfad | 200 | 9423,97 | 5803 | 8182 | 9339 | 10548 | 17380 |
| | Laien | Länge Blickpfad | 400 | 7550,16 | 2243 | 5798,5 | 7224 | 8841,5 | 15557 |
| | Total | Länge Blickpfad | 600 | 8174,77 | 2243 | 6509 | 8061,5 | 9683,5 | 17380 |
| II:1 | Experte | Länge Blickpfad | 200 | 9041,75 | 4454 | 7775 | 8847,5 | 10032 | 15669 |
| | Laien | Länge Blickpfad | 400 | 7201,97 | 2762 | 5527,5 | 6791,5 | 8471,5 | 17070 |
| | Total | Länge Blickpfad | 600 | 7815,23 | 2762 | 5982 | 7651 | 9305 | 17070 |
| II:2 | Experte | Länge Blickpfad | 200 | 9082,11 | 4576 | 7808 | 9073 | 10124,5 | 14577 |
| | Laien | Länge Blickpfad | 400 | 7409,97 | 2832 | 5565 | 6973 | 8749 | 18823 |
| | Total | Länge Blickpfad | 600 | 7967,35 | 2832 | 6178,5 | 7782,5 | 9659 | 18823 |
| III | Experte | Länge Blickpfad | 200 | 9361,86 | 4717 | 7971 | 9414,5 | 10644 | 15273 |
| | Laien | Länge Blickpfad | 400 | 8217,85 | 3355 | 6580 | 7937 | 9476,5 | 20484 |
| | Total | Länge Blickpfad | 600 | 8599,19 | 3355 | 6872,5 | 8406,5 | 9907,5 | 20484 |

Die Abhängigkeit der Länge des Blickpfades von der Angle-Klasse des präsentierten Bildes und der Erfahrung des Betrachters wurde in einem gemischten linearen Modell untersucht. Dabei wurden Angle-Klasse und Erfahrung sowie deren Wechselwirkung als feste Faktoren in das Modell aufgenommen. Der jeweilige Betrachter stellte einen zufälligen Effekt dar, die mehrfache Beurteilung der Bilder wurde als Messwiederholung modelliert. Dieses Modell wurde mit der SAS-Prozedur MIXED angepasst.

Es gibt signifikante Unterschiede im Hinblick auf die Blickpfadlänge zwischen den Angle-Klassen und zwischen Experten und Laien ($p < 0,0001$).

Außerdem existiert eine signifikante Wechselwirkung ($p = 0,0051$), das heißt, die Effekte der Angle-Klassen auf die Länge des Blickpfads unterscheiden sich zwischen Experten und Laien (vgl. Tab. 6-13).

Tab. 6-13 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Länge des Blickpfads

| Effekt | p-Wert |
|---------------------------|---------|
| Wahre Angle-Klasse | <0,0001 |
| Status | <0,0001 |
| Wahre Angle-Klasse*Status | 0,0051 |

In der Angle-Klasse I gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Experten und der Laien ($p < 0,0001$). Der Blickpfad der Experten war im Mittel um 1873,8 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [1176,1, 2571,6]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse II:1 gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Experten und der Laien ($p < 0,0001$). Der Blickpfad der Experten war im Mittel um 1839,8 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [1145,1, 2534,5]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse II:2 gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Experten und der Laien ($p < 0,0001$). Der Blickpfad der Experten war im Mittel um 1672,1 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [975,2, 2369,1]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse III gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Experten und der Laien ($p = 0,0017$). Der Blickpfad der Experten war im Mittel um 1144 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [431,8, 1856,2]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Der Unterschied zwischen Experten und Laien nahm mit zunehmender Angle-Klasse ab. Insbesondere bei Angle-Klasse III war er deutlich geringer als bei den anderen (vgl. Tab. 6-14).

Tab. 6-14 Differenz Betrachtungslänge: Experte – Laie, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-------------------------|-----------|---------|-------------------------|---------|
| Wahre Angle-Klasse I | 1873,81 | <0,0001 | 1176,06 | 2571,56 |
| Wahre Angle-Klasse II:1 | 1839,78 | <0,0001 | 1145,07 | 2534,48 |
| Wahre Angle-Klasse II:2 | 1672,14 | <0,0001 | 975,2 | 2369,08 |
| Wahre Angle-Klasse III | 1144,01 | 0,0017 | 431,79 | 1856,24 |

Bei den Experten gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Angle-Klassen I und II:1 ($p = 0,0277$). Der Blickpfad in der Angle-Klasse I war im Mittel um 382,2 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [41,9, 722,5]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen. Weitere signifikante Unterschiede ließen sich bei den Experten bezüglich der Länge des Blickpfads nicht feststellen (vgl. Tab. 6-15).

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Angle-Klassen I und II:1 ($p = 0,0046$). Der Blickpfad in der Angle-Klasse I war im Mittel um 348,2 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [107,6, 588,8]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Angle-Klassen I und III ($p < 0,0001$). Der Blickpfad in der Angle-Klasse III war im Mittel um 667,7 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [-924,8, -410,6]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Angle-Klassen II:1 und III ($p < 0,0001$). Der Blickpfad in der Angle-Klasse III war im Mittel um 1015,9 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [-1270,2, -761,5]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied zwischen den Blickpfadlängen der Angle-Klassen II:2 und III ($p < 0,0001$). Der Blickpfad in der Angle-Klasse III war im Mittel um 807,9 Pixel länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-1064,3, -551,5]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen. Weitere signifikante Unterschiede ließen sich bei den Laien bezüglich der Länge des Blickpfads nicht feststellen (vgl. Tab. 6-15).

Tab. 6-15 Differenz Betrachtungslänge zwischen den Angle-Klassen bei Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Vergleich Angle-Klassen | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-----------------|-------------------------|-----------|---------|-------------------------|---------|
| Status Experten | I vs. II:1 | 382,22 | 0,0277 | 41,9309 | 722,51 |
| Status Experten | I vs. II:2 | 341,87 | 0,051 | -1,459 | 685,19 |
| Status Experten | I vs. III | 62,11 | 0,7377 | -301,53 | 425,75 |
| Status Experten | II:1 vs. II:2 | -40,355 | 0,8155 | -379,54 | 298,83 |
| Status Experten | II:1 vs. III | -320,11 | 0,0811 | -679,84 | 39,619 |
| Status Experten | II:2 vs. III | -279,75 | 0,1304 | -642,36 | 82,8463 |
| Status Laien | I vs. II:1 | 348,19 | 0,0046 | 107,57 | 588,81 |
| Status Laien | I vs. II:2 | 140,2 | 0,2576 | -102,57 | 382,96 |
| Status Laien | I vs. III | -667,68 | <0,0001 | -924,82 | -410,55 |
| Status Laien | II:1 vs. II:2 | -207,99 | 0,0892 | -447,830 | 31,8454 |
| Status Laien | II:1 vs. III | -1015,87 | <0,0001 | -1270,240 | -761,51 |
| Status Laien | II:2 vs. III | -807,88 | <0,0001 | -1064,28 | -551,48 |

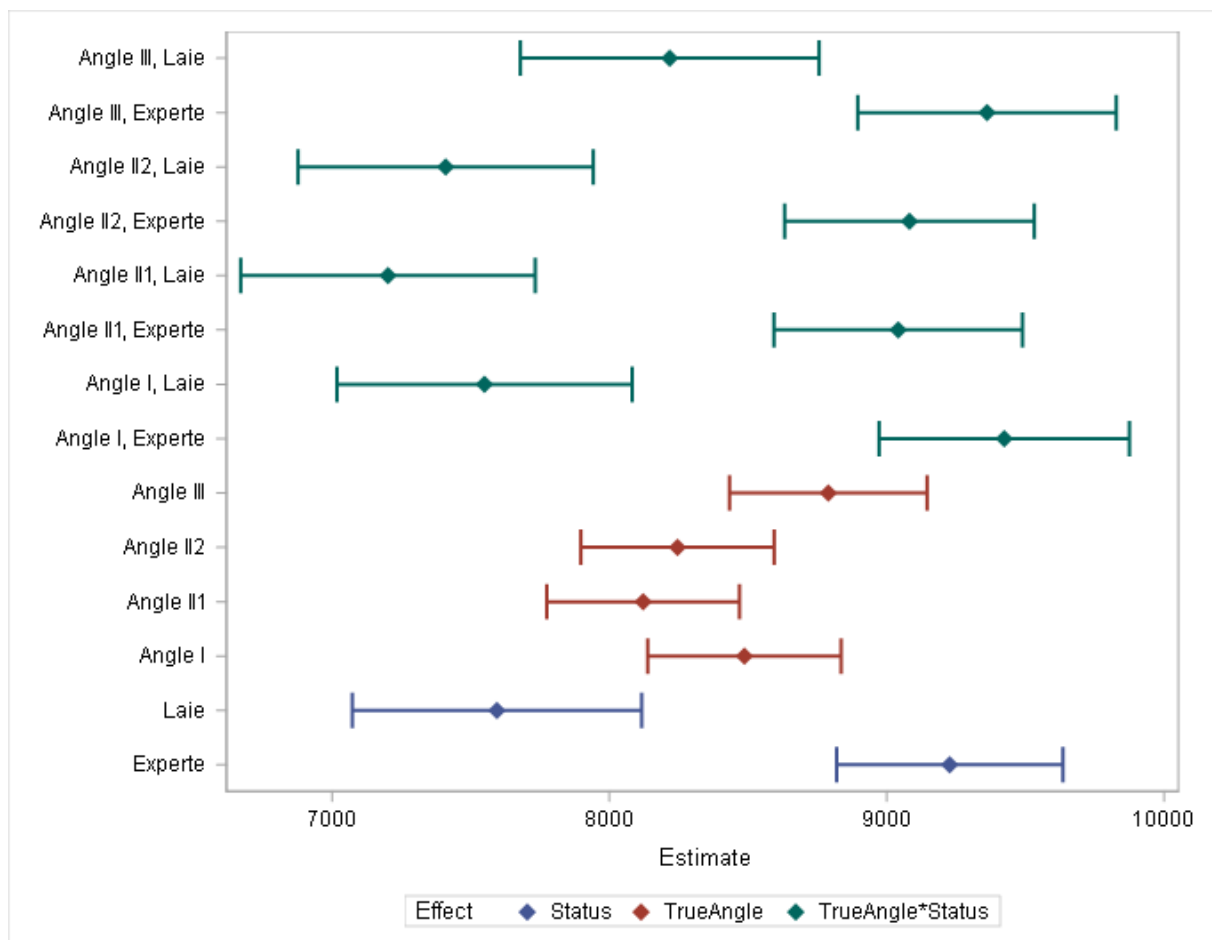


Abb. 6-5 Mittlere Blickpfadlängen (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status. Beim Status (blau) wurde über alle Angle-Klassen gemittelt, bei den Angle-Klassen (rot) wurde über Laien und Experten gemittelt

6.4 Gesamtzahl an Fixationen

Die Gesamtzahl an Fixationen beschreibt die Summe aller Fixationen, die während der Betrachtung in einem beliebigen Bereich erfolgte. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tab. 6-16, Tab. 6-17) und Abbildungen (vgl. Abb. 6-6, Abb. 6-7) zu sehen. In der Gruppe der Laien gab es 7 Fernröntgenseitenbilder, auf denen Probanden ausschließlich Bereiche in den AOIs betrachteten, weshalb sich in dieser Kategorie 1593 statt 1600 Messungen ergaben.

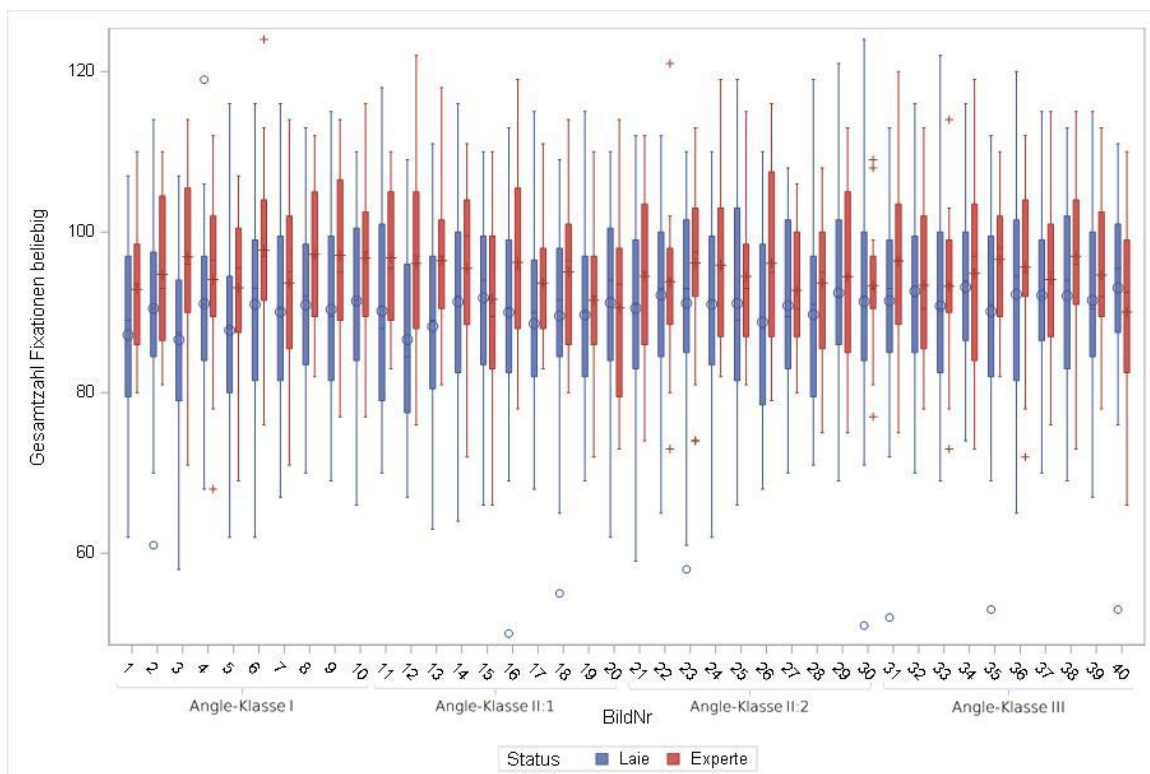


Abb. 6-6 Gesamtzahl an Fixationen in einem beliebigen Bereich. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau). Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

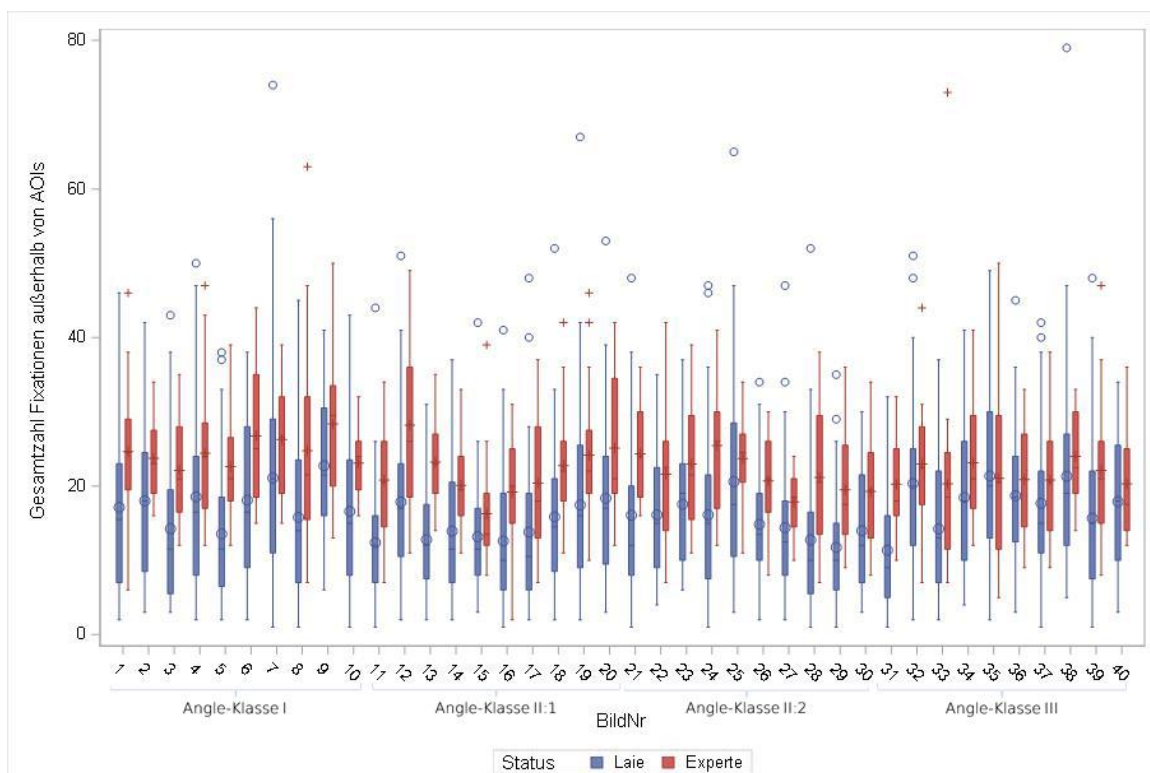


Abb. 6-7 Gesamtzahl an Fixationen außerhalb der AOIs. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau). Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

Durchschnittlich erfolgten bei den Experten auf jeder betrachteten Fernröntgenseitenbild 94,7 Fixationen. Bei den Laien waren es 90,6 Fixationen (vgl. Tab. 6-16).

Tab. 6-16 Gesamtzahl an Fixationen unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|----------|--|------|-------|-----|------|--------|-----|-----|
| Experten | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 800 | 22,48 | 2 | 16 | 22 | 27 | 73 |
| | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 800 | 94,72 | 66 | 88 | 95 | 102 | 124 |
| Laien | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 1593 | 16,38 | 1 | 8 | 14 | 22 | 79 |
| | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 1600 | 90,56 | 50 | 83 | 91 | 99 | 124 |
| Total | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 2393 | 18,42 | 1 | 11 | 17 | 25 | 79 |
| | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 2400 | 91,95 | 50 | 84,5 | 92 | 100 | 124 |

Über alle Angle-Klassen hinweg erfolgten in der Gruppe der Experten mehr Fixationen. Die meisten Fixationen erfolgten bei den Experten in Angle-Klasse I und bei den Laien in Angle-Klasse III. Die Anzahl an Fixationen nahm bei den Laien von Angle-Klasse I–III zu. Bei den Experten war die Anzahl in Angle-Klasse II:1, II:2 und III annähernd gleich (vgl. Tab. 6-17).

Tab. 6-17 Gesamtzahl an Fixationen abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Wahre Angle-Klasse | Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|--------------------|----------|--|-----|-------|-----|------|--------|-------|-----|
| I | Experten | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 200 | 24,67 | 6 | 18 | 24 | 29,5 | 63 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 200 | 95,42 | 68 | 89 | 95 | 103 | 124 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 399 | 17,57 | 1 | 8 | 16 | 24 | 74 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 400 | 89,7 | 58 | 82 | 90 | 98 | 119 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 599 | 19,94 | 1 | 12 | 19 | 27 | 74 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 600 | 91,6 | 58 | 84 | 92 | 99 | 124 |
| II:1 | Experten | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 200 | 22,02 | 2 | 15 | 21 | 27 | 49 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 200 | 94,35 | 66 | 87 | 95 | 101 | 122 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 400 | 14,82 | 1 | 7 | 13 | 20 | 67 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 400 | 89,73 | 50 | 82 | 90 | 98 | 118 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 600 | 17,22 | 1 | 10 | 16 | 23 | 67 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 600 | 91,27 | 50 | 84 | 92 | 99 | 122 |
| II:2 | Experten | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 200 | 21,65 | 7 | 15,5 | 21 | 27 | 42 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 200 | 94,52 | 73 | 87 | 94 | 101,5 | 121 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 398 | 15,43 | 1 | 8 | 13 | 21 | 65 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 400 | 90,91 | 51 | 83 | 91 | 100 | 124 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 598 | 17,51 | 1 | 10 | 16 | 24 | 65 |

| | | | | | | | | | |
|-----|----------|--|-----|-------|----|----|----|------|-----|
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 600 | 92,11 | 51 | 85 | 92 | 100 | 124 |
| III | Experten | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 200 | 21,58 | 5 | 15 | 21 | 27 | 73 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 200 | 94,6 | 66 | 89 | 95 | 101 | 120 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 396 | 17,71 | 1 | 10 | 16 | 23,5 | 79 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 400 | 91,92 | 52 | 84 | 92 | 100 | 122 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen außerhalb der AOIs | 596 | 19,01 | 1 | 12 | 18 | 25 | 79 |
| | | Gesamtzahl Fixationen beliebig | 600 | 92,81 | 52 | 85 | 94 | 101 | 122 |

Die Abhängigkeit der Gesamtzahl an Fixationen von der Angle-Klasse des präsentierten Bildes und der Erfahrung des Betrachters wurde in einem gemischten linearen Modell untersucht. Dabei wurden Angle-Klasse und Erfahrung sowie deren Wechselwirkung als feste Faktoren in das Modell aufgenommen. Der jeweilige Betrachter stellte einen zufälligen Effekt dar, die mehrfache Beurteilung der Bilder wurde als Messwiederholung modelliert. Dieses Modell wurde mit der SAS-Prozedur MIXED angepasst.

Es gibt keinen Hinweis auf einen Haupteffekt der Angle-Klasse ($p = 0,1611$). Zwischen Experten und Laien bestehen jedoch signifikante Unterschiede ($p = 0,0299$). Es besteht eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Angle-Klasse und dem Status ($p = 0,0308$). Da der Haupteffekt für die Angle-Klasse nicht signifikant ist, kann dies bedeuten, dass die Effekte der Angle-Klasse für Experten und Laien tendenziell gegenläufig sind (vgl. Tab. 6-18).

Tab. 6-18 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Gesamtzahl an Fixationen

| Effekt | p-Wert |
|---------------------------|--------|
| Wahre Angle-Klasse | 0,1611 |
| Status | 0,0299 |
| Wahre Angle-Klasse*Status | 0,0308 |

In der Angle-Klasse I gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Experten und den Laien ($p = 0,0039$). Bei den Experten erfolgten im Mittel 5,7 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [1,8, 9,6]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse II:1 gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Experten und den Laien ($p = 0,0198$). Bei den Experten erfolgten im Mittel 4,6 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [0,7, 8,5]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In den Angle-Klassen II:2 und III ließen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen Experten und Laien feststellen (vgl. Tab. 6-19).

Tab. 6-19 Differenz Gesamtzahl an Fixationen: Experte – Laie, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|--------|
| Wahre Angle-Klasse I | 5,7200 | 0,0039 | 1,8382 | 9,6018 |
| Wahre Angle-Klasse II:1 | 4,625 | 0,0198 | 0,7361 | 8,5139 |
| Wahre Angle-Klasse II:2 | 3,6025 | 0,0688 | -0,2783 | 7,4833 |
| Wahre Angle-Klasse III | 2,6775 | 0,1767 | -1,2077 | 6,5627 |

Bei den Experten ließen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen feststellen (vgl. Tab. 6-20).

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen I und II:2 ($p = 0,0494$). In der Angle-Klasse II:2 erfolgten im Mittel 1,2 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt [-2,4, -0,00346]. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen I und III ($p = 0,0004$). In der Angle-Klasse III erfolgten im Mittel 2,2 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall

beträgt $[-3,4, -1]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen II:1 und III ($p = 0,0005$). In der Angle-Klasse III erfolgten im Mittel 2,2 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-3,4, -1]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Weitere signifikante Unterschiede bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen ließen sich bei den Laien nicht feststellen (vgl. Tab. 6-20).

Tab. 6-20 Differenz Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen bei Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Wahre Angle-Klasse | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-----------------|--------------------|-----------|--------|-------------------------|----------|
| Status Experten | I vs. II:1 | 1,065 | 0,2272 | -0,6641 | 2,7941 |
| Status Experten | I vs. II:2 | 0,9 | 0,3041 | -0,8169 | 2,6169 |
| Status Experten | I vs. III | 0,82 | 0,3509 | -0,9035 | 2,5435 |
| Status Experten | II:1 vs. II:2 | -0,165 | 0,8514 | -1,8925 | 1,5625 |
| Status Experten | II:1 vs. III | -0,245 | 0,7818 | -1,9791 | 1,4891 |
| Status Experten | II:2 vs. III | -0,08 | 0,9274 | -1,802 | 1,642 |
| Status Laien | I vs. II:1 | -0,03 | 0,9616 | -1,2526 | 1,1926 |
| Status Laien | I vs. II:2 | -1,2175 | 0,0494 | -2,4315 | -0,00346 |
| Status Laien | I vs. III | -2,2225 | 0,0004 | -3,4412 | -1,0038 |
| Status Laien | II:1 vs. II:2 | -1,1875 | 0,0567 | -2,409 | 0,03403 |
| Status Laien | II:1 vs. III | -2,1925 | 0,0005 | -3,4187 | -0,9663 |
| Status Laien | II:2 vs. III | -1,005 | 0,1057 | -2,2226 | 0,2126 |

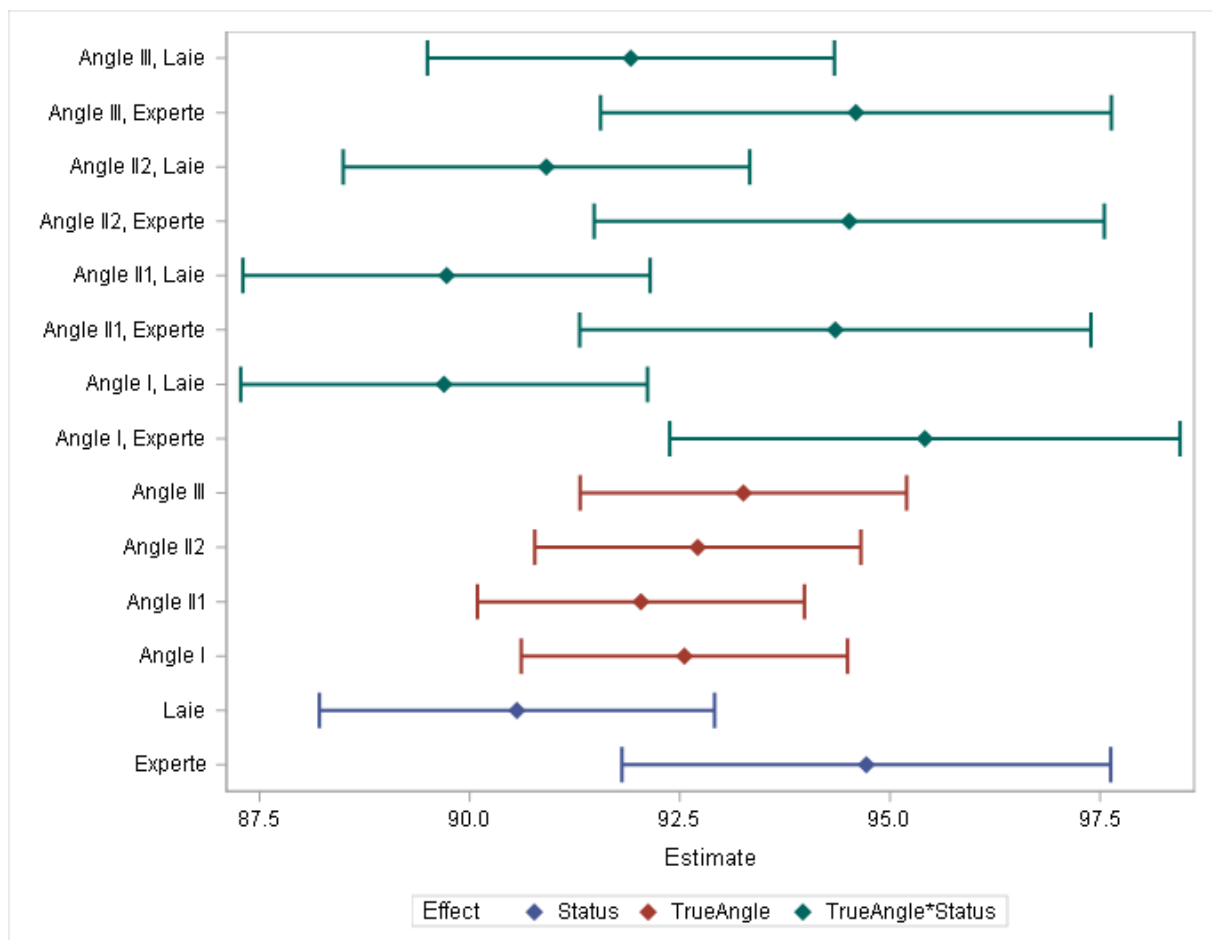


Abb. 6-8 Mittlere Gesamtzahl an Fixationen (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status, beim Status (blau) wurde über alle Angle-Klassen gemittelt, bei den Angle-Klassen (rot) wurde über Laien und Experten gemittelt

6.5 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs

Die Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs beschreibt die Summe aller Fixationen, die während der Betrachtung in den AOIs erfolgte. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tab. 6-21, Tab. 6-22) und der nachfolgenden Abbildung (vgl. Abb. 6-9) zu sehen. In der Gruppe der Experten fixierte ein Proband bei einem Fernröntgenseitenbild keinen Bereich in einer AOI, weshalb sich in dieser Kategorie 799 statt 800 Messungen ergaben.

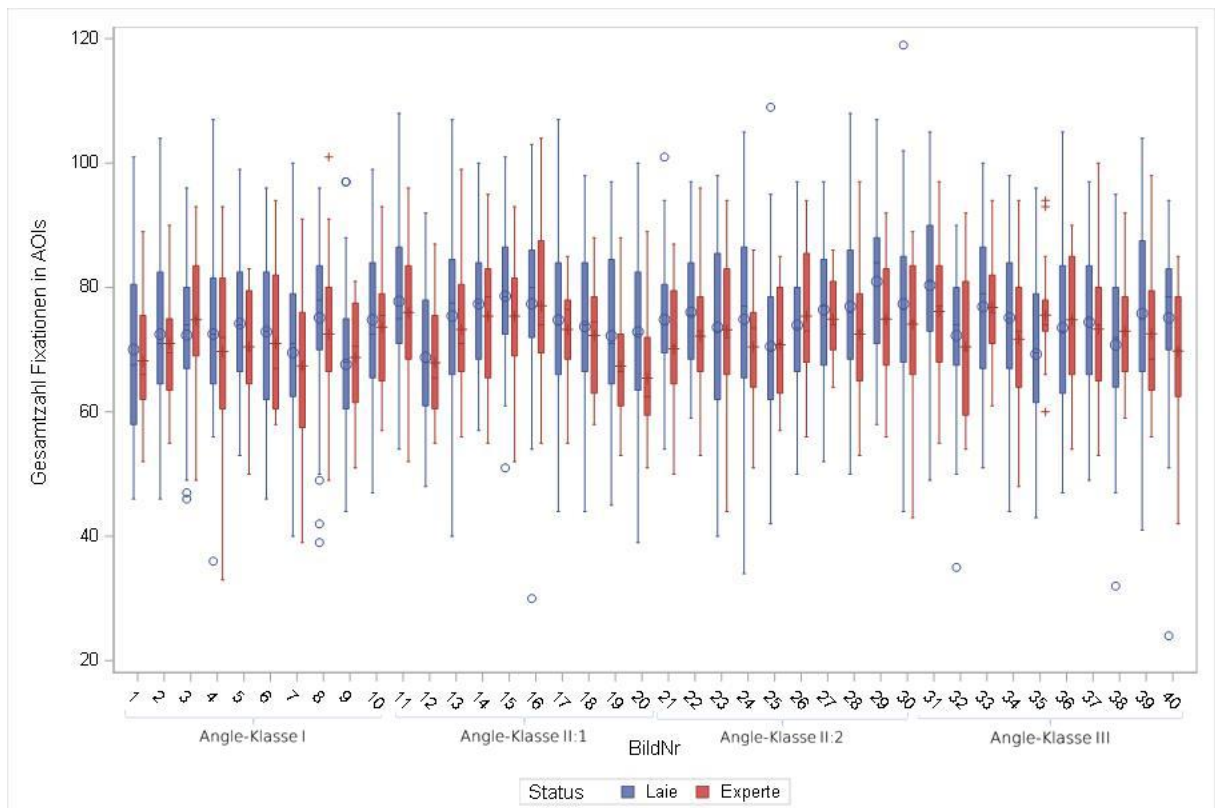


Abb. 6-9 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau). Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

Durchschnittlich erfolgten bei den Experten auf jedem betrachteten Fernröntgenseitenbild in allen AOIs 72,3 Fixationen. Bei den Laien waren es 74,3 Fixationen (vgl. Tab. 6-21). Über alle Angle-Klassen hinweg erfolgten in der Gruppe der Laien mehr Fixationen. Die meisten Fixationen erfolgten bei den Experten in Angle-Klasse III und bei den Laien in Angle-Klasse II:2. Die Anzahl an Fixationen nahm bei den Experten von Angle-Klasse I bis III zu. In Angle-Klasse I erfolgten in beiden Gruppen die wenigsten Fixationen (vgl. Tab. 6-22).

Tab. 6-21 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|-----------------|-------------------------------|------|-------|-----|----|--------|----|-----|
| Experten | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 799 | 72,33 | 33 | 64 | 72 | 80 | 104 |
| Laien | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 1600 | 74,26 | 24 | 66 | 74,5 | 84 | 119 |
| Total | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 2399 | 73,61 | 24 | 65 | 74 | 82 | 119 |

Tab. 6-22 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien, n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Wahre Angle-Klasse | Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|--------------------|----------|-------------------------------|-----|-------|-----|------|--------|------|-----|
| I | Experten | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 200 | 70,75 | 33 | 63 | 71 | 79 | 101 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 400 | 72,17 | 36 | 64 | 72 | 81 | 107 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 600 | 71,7 | 33 | 64 | 72 | 80 | 107 |
| II:1 | Experten | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 200 | 72,34 | 51 | 64 | 72 | 79,5 | 104 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 400 | 74,91 | 30 | 67 | 75 | 84 | 108 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 600 | 74,05 | 30 | 65 | 74 | 82 | 108 |
| II:2 | Experte | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 200 | 72,87 | 43 | 66,5 | 73 | 80 | 97 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 400 | 75,56 | 34 | 67,5 | 76 | 84 | 119 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 600 | 74,66 | 34 | 67 | 74 | 83 | 119 |
| III | Experten | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 199 | 73,39 | 42 | 65 | 74 | 80 | 100 |
| | Laien | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 400 | 74,38 | 24 | 66 | 75 | 83 | 105 |
| | Total | Gesamtzahl Fixationen in AOIs | 599 | 74,05 | 24 | 66 | 75 | 82 | 105 |

Die Abhängigkeit der Gesamtzahl an Fixationen innerhalb einer AOI von der Angle-Klasse des präsentierten Bildes und der Erfahrung des Betrachters wurde in einem gemischten linearen Modell untersucht. Dabei wurden Angle-Klasse und Erfahrung sowie deren Wechselwirkung als feste Faktoren in das Modell aufgenommen. Der jeweilige Betrachter stellte einen zufälligen Effekt dar, die mehrfache Beurteilung der Bilder wurde als Messwiederholung modelliert. Dieses Modell wurde mit der SAS-Prozedur MIXED angepasst.

Bezüglich der Anzahl an Fixationen innerhalb der AOIs gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Angle-Klassen ($p < 0,0001$). Ein Einfluss des Status oder Wechselwirkungen sind nicht nachweisbar (vgl. Tab. 6-23).

Tab. 6-23 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkung auf die Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs

| Effekt | p-Wert |
|---------------------------|---------|
| Wahre Angle-Klasse | <0,0001 |
| Status | 0,3183 |
| Wahre Angle-Klasse*Status | 0,4021 |

Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Experten und den Laien feststellen (vgl. Tab. 6-24).

Tab. 6-24 Differenz Gesamtzahl an Fixationen in den AOI: Experte – Laie, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|--------|
| Wahre Angle-Klasse I | -1,425 | 0,4895 | -5,4676 | 2,6176 |
| Wahre Angle-Klasse II:1 | -2,5725 | 0,2065 | -6,5646 | 1,4196 |
| Wahre Angle-Klasse II:2 | -2,6975 | 0,1828 | -6,6675 | 1,2725 |
| Wahre Angle-Klasse III | -0,9628 | 0,6396 | -4,9948 | 3,0691 |

Bei den Experten gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs zwischen den Angle-Klassen I und II:2 ($p = 0,0334$). In der Angle-Klasse II:2 erfolgten im Mittel 2,1 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-4,1, -0,2]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Experten gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs zwischen den Angle-Klassen I und III ($p = 0,0102$). In der Angle-Klasse III erfolgten im Mittel 2,7 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-4,7, -0,6]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen. Es ließen sich bei den Experten keine weiteren signifikanten Unterschiede feststellen (vgl. Tab. 6-25).

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen I und II:1 ($p = 0,0001$). In der Angle-Klasse II:1 erfolgten im Mittel 2,7 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-4,1, -1,3]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen I und II:2 ($p < 0,0001$). In der Angle-Klasse II:2 erfolgten im Mittel 3,4 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-4,8, -2]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtzahl an Fixationen zwischen den Angle-Klassen I und III ($p < 0,0026$). In der Angle-Klasse III erfolgten im Mittel 2,2 Fixationen mehr. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-3,6, -0,8]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen. Es ließen sich bei den Laien keine weiteren signifikanten Unterschiede feststellen (vgl. Tab. 6-25).

Tab. 6-25 Differenz Gesamtzahl an Fixationen in den AOI zwischen den Angle-Klassen für Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Wahre Angle-Klasse | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-----------------|--------------------|-----------|---------|-------------------------|---------|
| Status Experten | I vs. II:1 | -1,59 | 0,1161 | -3,5732 | 0,3932 |
| Status Experten | I vs. II:2 | -2,12 | 0,0334 | -4,0734 | -0,1666 |
| Status Experten | I vs. III | -2,6722 | 0,0102 | -4,7093 | -0,635 |
| Status Experten | II:1 vs. II:2 | -0,53 | 0,581 | -2,4129 | 1,3529 |
| Status Experten | II:1 vs. III | -1,0822 | 0,2814 | -3,0519 | 0,8875 |
| Status Experten | II:2 vs. III | -0,5522 | 0,5767 | -2,4918 | 1,3874 |
| Status Laien | I vs. II:1 | -2,7375 | 0,0001 | -4,1399 | -1,3351 |
| Status Laien | I vs. II:2 | -3,3925 | <0,0001 | -4,7738 | -2,0112 |
| Status Laien | I vs. III | -2,21 | 0,0026 | -3,6487 | -0,7713 |
| Status Laien | II:1 vs. II:2 | -0,655 | 0,3348 | -1,9864 | 0,6764 |
| Status Laien | II:1 vs. III | 0,5275 | 0,4571 | -0,8634 | 1,9184 |
| Status Laien | II:2 vs. III | 1,1825 | 0,0906 | -0,1871 | 2,5521 |

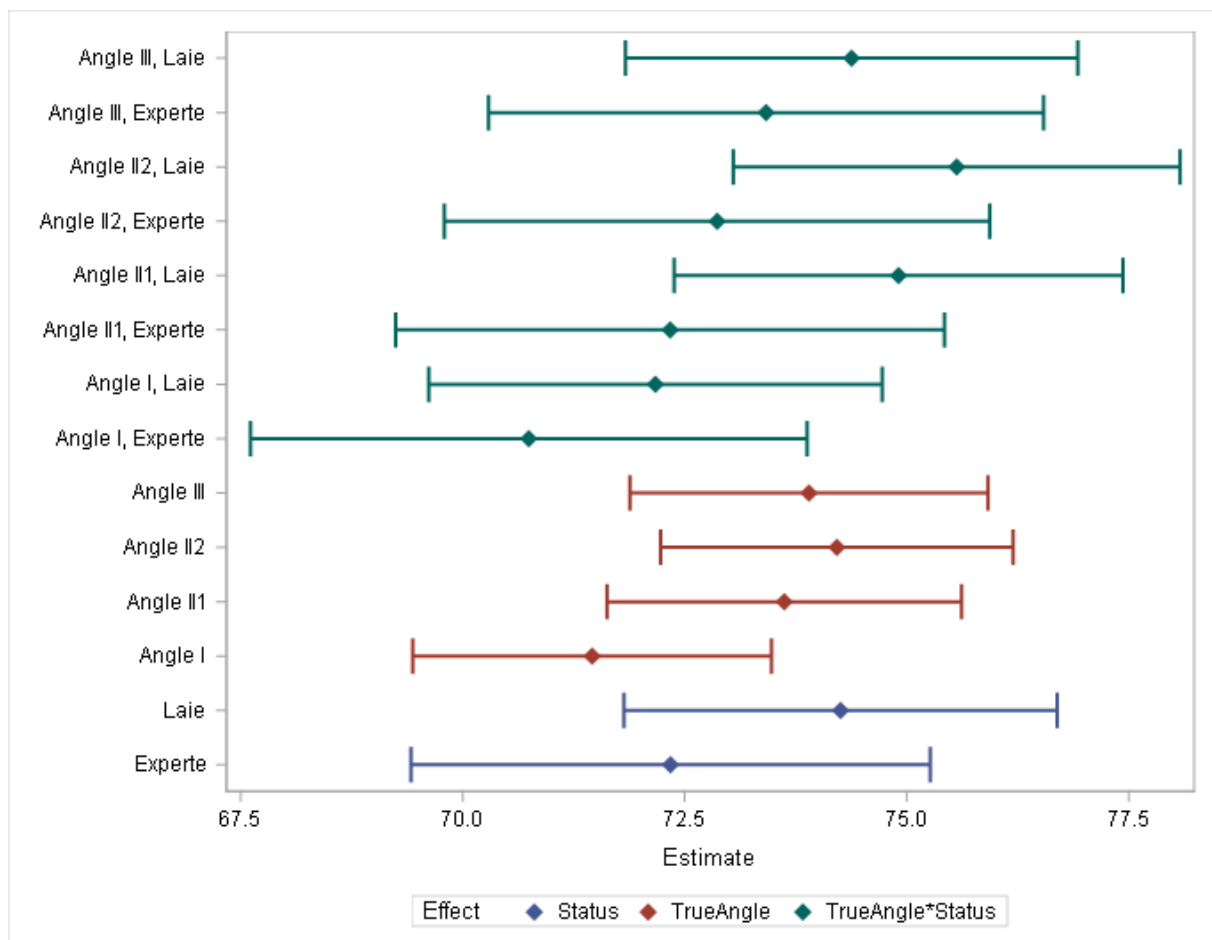


Abb. 6-10 Mittlere Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status, beim Status (blau) wurde über alle Angle-Klassen gemittelt, bei den Angle-Klassen (rot) wurde über Laien und Experten gemittelt

6.6 Totale Fixierungszeit in den AOIs

Die totale Fixierungszeit in den AOIs beschreibt die aufsummierte Zeit in Sekunden, während derer die Probanden einen Bereich in einer AOI fixierten. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tab. 6-26, Tab. 6-27) und der nachfolgenden Abbildung (Abb. 4-11) zu sehen. In der Gruppe der Experten fixierte ein Proband bei einem Ferrnröntgenseitenbild keinen Bereich in einer AOI, weshalb sich in dieser Kategorie 799 statt 800 Messungen ergaben.

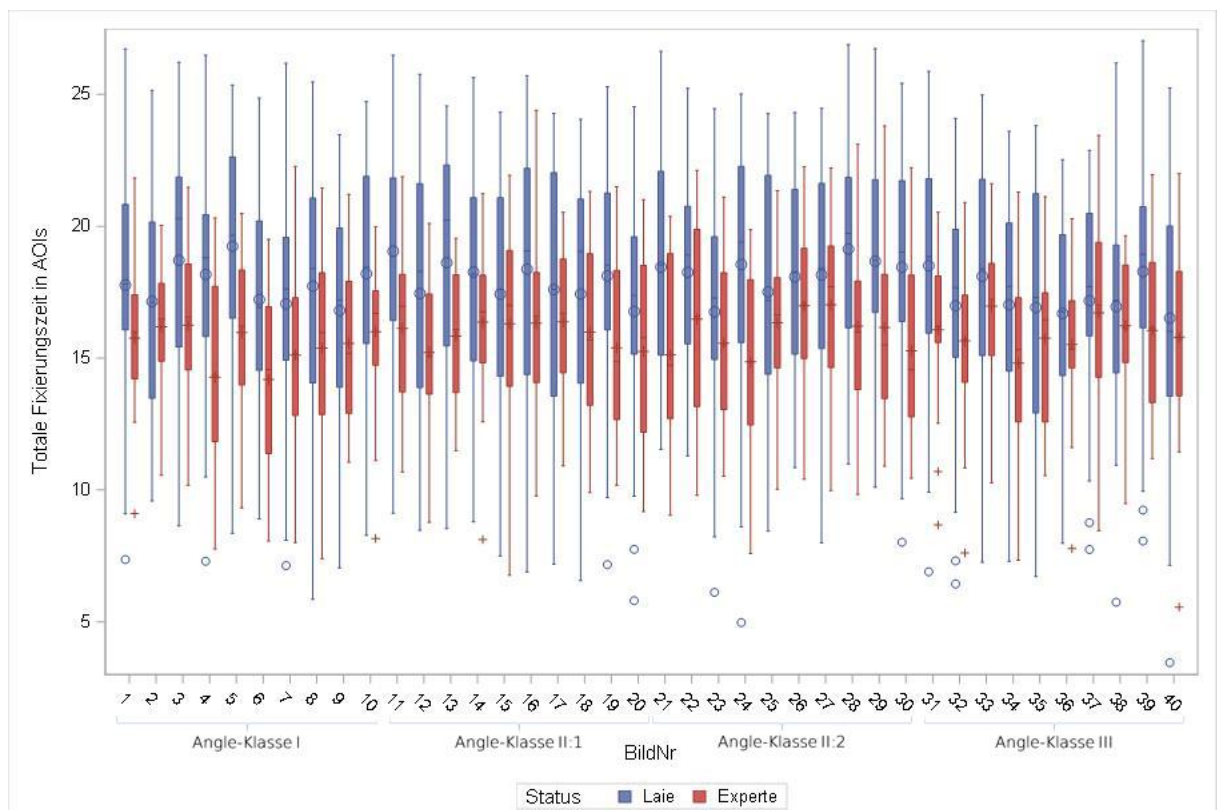


Abb. 6-11 Totale Fixierungszeit in Sekunden in den AOIs. Vergleich zwischen Experten (rot) und Laien (blau). Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

Durchschnittlich fixierten die Laien die AOIs 17,8 Sekunden und die Experten 15,8 Sekunden (vgl. Tab. 6-26). Die Fixierungszeit war bei den Laien in allen Angle-Klassen länger. Die längste Zeit verbrachten die Probanden beider Gruppen in den AOIs der Angle-Klasse II:2. In Angle-Klasse I blickten die Experten am kürzesten in die AOIs, während die Laien in Angle-Klasse III die AOIs am kürzesten betrachteten. In beiden Gruppen nahm die Zeit von Angle-Klasse I bis II:2 zu und verkürzte sich in Angle-Klasse III wieder (vgl. Tab. 6-27).

Tab. 6-26 Totale Fixierungszeit in Sekunden in den AOIs unabhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien. n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|-----------------|-----------------------------------|------|-------|------|-------|--------|-------|-------|
| Experten | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 799 | 15,84 | 5,56 | 13,55 | 15,96 | 18,17 | 24,4 |
| Laien | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 1600 | 17,81 | 3,45 | 14,96 | 18,12 | 21,06 | 27,03 |
| Total | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 2399 | 17,15 | 3,45 | 14,42 | 17,29 | 20,1 | 27,03 |

Tab. 6-27 Totale Fixierungszeit in Sekunden in den AOIs abhängig von der Angle-Klasse. Vergleich zwischen Experten und Laien, n = Anzahl der Messungen, Lage- und Streuungsmaße

| Wahre Angle-Klasse | Status | | n | Mean | Min | Q1 | Median | Q3 | Max |
|--------------------|----------|-----------------------------------|-----|-------|------|-------|--------|-------|-------|
| I | Experten | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 200 | 15,47 | 7,4 | 13,1 | 15,87 | 17,72 | 22,27 |
| | Laien | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 400 | 17,81 | 5,86 | 14,93 | 18 | 20,95 | 26,72 |
| | Total | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 600 | 17,03 | 5,86 | 14,21 | 17,28 | 19,77 | 26,72 |
| II:1 | Experten | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 200 | 15,92 | 6,77 | 13,57 | 16,26 | 18,36 | 24,4 |
| | Laien | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 400 | 17,91 | 5,81 | 14,93 | 18,36 | 21,45 | 26,49 |
| | Total | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 600 | 17,25 | 5,81 | 14,37 | 17,44 | 20,41 | 26,49 |
| II:2 | Experten | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 200 | 16 | 7,6 | 13,5 | 15,76 | 18,6 | 23,81 |
| | Laien | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 400 | 18,21 | 4,98 | 15,38 | 18,43 | 21,47 | 26,89 |
| | Total | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 600 | 17,47 | 4,98 | 14,59 | 17,55 | 20,42 | 26,89 |
| III | Experten | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 199 | 15,95 | 5,56 | 14 | 16,01 | 18,16 | 23,44 |
| | Laien | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 400 | 17,32 | 3,45 | 14,63 | 17,61 | 20,49 | 27,03 |
| | Total | Totale Fixierungszeit in den AOIs | 599 | 16,86 | 3,45 | 14,45 | 17,14 | 19,68 | 27,03 |

Die Abhängigkeit der totalen Fixierungszeit innerhalb einer AOI von der Angle-Klasse des präsentierten Bildes und der Erfahrung des Betrachters wurde in einem gemischten linearen Modell untersucht. Dabei wurden Angle-Klasse und Erfahrung sowie deren Wechselwirkung als feste Faktoren in das Modell aufgenommen. Der jeweilige Betrachter stellte einen zufälligen Effekt dar, die mehrfache Beurteilung der Bilder wurde als Messwiederholung modelliert. Dieses Modell wurde mit der SAS-Prozedur MIXED angepasst.

Es gibt signifikante Unterschiede im Hinblick auf die totale Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen ($p = 0,01$) und zwischen Experten und Laien ($p = 0,0078$). Außerdem existiert eine signifikante Wechselwirkung ($p = 0,0283$), das heißt, die

Effekte der Angle-Klassen auf die totale Fixierungszeit unterscheiden sich zwischen Experten und Laien (vgl. Tab. 6-28).

Tab. 6-28 Einfluss der Angle-Klasse, des Status und deren Wechselwirkungen auf die totale Fixierungszeit in den AOIs

| Effekt | p-Wert |
|---------------------------|--------|
| Wahre Angle-Klasse | 0,01 |
| Status | 0,0078 |
| Wahre Angle-Klasse*Status | 0,0283 |

In der Angle-Klasse I gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Experten und den Laien ($p = 0,0018$). Die totale Fixierungszeit war bei den Laien im Mittel um 2,3 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-3,8, -0,9]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse II:1 gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Experten und den Laien ($p = 0,0076$). Die totale Fixierungszeit war bei den Laien im Mittel um 2 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-3,5, -0,5]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse II:2 gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Experten und den Laien ($p = 0,003$). Die totale Fixierungszeit war bei den Laien im Mittel um 2,2 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-3,7, -0,7]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

In der Angle-Klasse III ließ sich bezüglich der totalen Fixierungszeit kein signifikanter Unterschied zwischen den Experten und den Laien feststellen (Tab. 6-29).

Tab. 6-29 Differenz totale Fixierungszeit in den AOIs: Experte – Laie, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|---------|
| Wahre Angle-Klasse I | -2,3377 | 0,0018 | -3,8066 | -0,8689 |
| Wahre Angle-Klasse II:1 | -1,994 | 0,0076 | -3,4584 | -0,5295 |
| Wahre Angle-Klasse II:2 | -2,2005 | 0,003 | -3,6537 | -0,7473 |
| Wahre Angle-Klasse III | -1,3704 | 0,0672 | -2,8378 | 0,09708 |

Bei den Experten ließen sich bezüglich der totalen Fixierungszeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Angle-Klassen feststellen (Tab. 6-30).

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen I und II:2 ($p = 0,0403$). In der Angle-Klasse II:2 war die totale Fixierungszeit in den AOIs im Mittel um 0,4 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[-0,8, -0,01765]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen I und III ($p = 0,0159$). In der Angle-Klasse I war die totale Fixierungszeit in den AOIs im Mittel um 0,5 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[0,09148, 0,9]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen II:1 und III ($p = 0,0029$). In der Angle-Klasse II:1 war die totale Fixierungszeit in den AOIs im Mittel um 0,6 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[0,2, 1]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen.

Bei den Laien gibt es einen (zum 5 %-Niveau) signifikanten Unterschied bezüglich der totalen Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen II:2 und III ($p < 0,0001$). In der Angle-Klasse II:2 war die totale Fixierungszeit in den AOIs im Mittel um 0,9 Sekunden länger. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt $[0,5, 1,3]$. Da es die 0 nicht enthält, kann man auf einen signifikanten Unterschied schließen. Weitere signifikante Unterschiede ließen sich bei den Laien nicht feststellen (vgl. Tab. 6-30).

Tab. 6-30 Differenz totale Fixierungszeit in den AOIs zwischen den Angle-Klassen bei Experten und Laien, p-Wert, 95 %-Konfidenzintervall

| | Vergleich Angle-Klassen | Differenz | p-Wert | 95 %-Konfidenzintervall | |
|-----------------|-------------------------|-----------|---------|-------------------------|----------|
| Status Experten | I vs. II:1 | -0,4502 | 0,1135 | -1,0077 | 0,1073 |
| Status Experten | I vs. II:2 | -0,5351 | 0,0511 | -1,0727 | 0,00259 |
| Status Experten | I vs. III | -0,4783 | 0,0959 | -1,0413 | 0,08471 |
| Status Experten | II:1 vs. II:2 | -0,08489 | 0,7533 | -0,6145 | 0,4447 |
| Status Experten | II:1 vs. III | -0,02813 | 0,9209 | -0,5834 | 0,5272 |
| Status Experten | II:2 vs. III | 0,05676 | 0,8353 | -0,4786 | 0,5921 |
| Status Laien | I vs. II:1 | -0,1064 | 0,5967 | -0,5006 | 0,2878 |
| Status Laien | I vs. II:2 | -0,3978 | 0,0403 | -0,778 | -0,01765 |
| Status Laien | I vs. III | 0,4891 | 0,0159 | 0,09148 | 0,8867 |
| Status Laien | II:1 vs. II:2 | -0,2914 | 0,1271 | -0,6659 | 0,08303 |
| Status Laien | II:1 vs. III | 0,5955 | 0,0029 | 0,2033 | 0,9876 |
| Status Laien | II:2 vs. III | 0,8869 | <0,0001 | 0,5089 | 1,2649 |

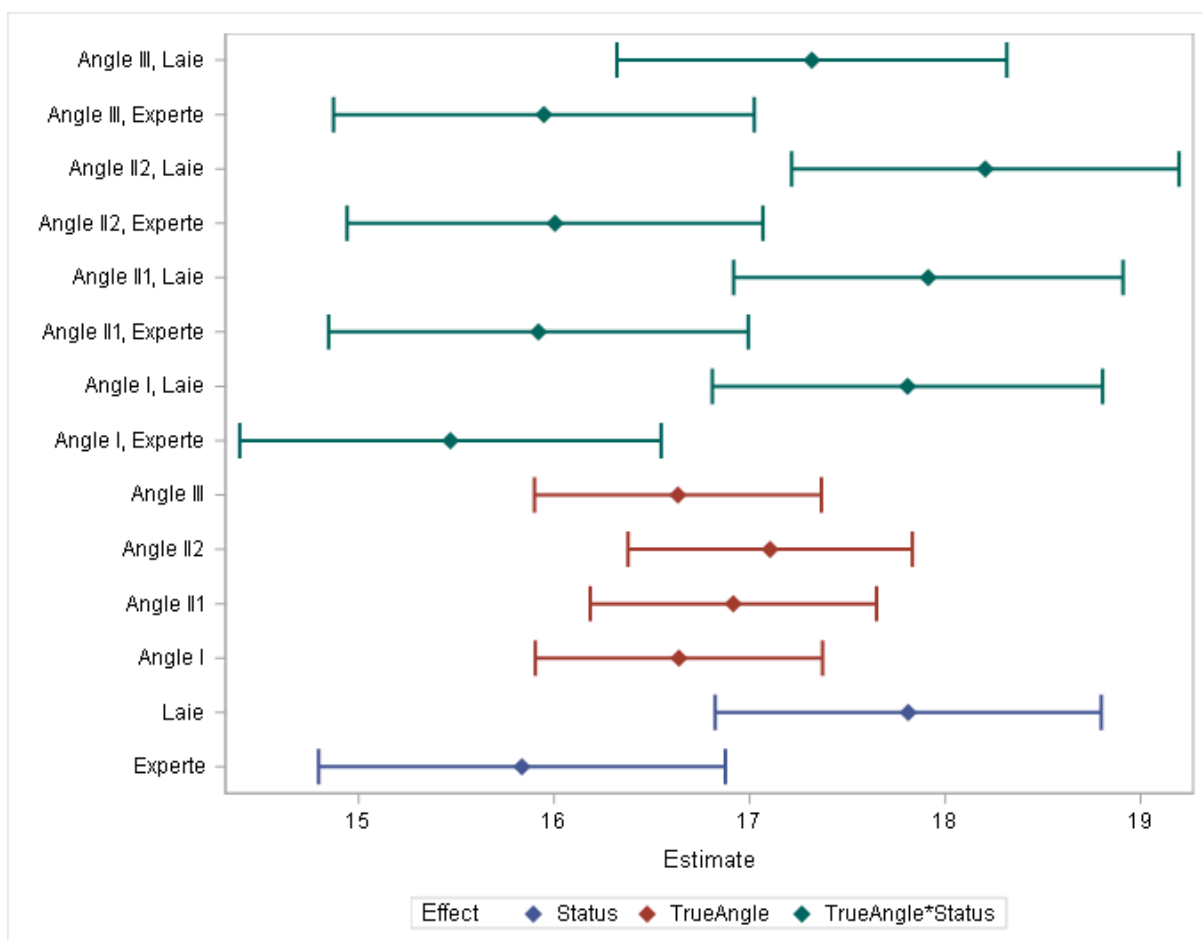


Abb. 6-12 Totale Fixierungszeit in den AOIs (Mittelwert mit 95 %-Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Status, beim Status (blau) wurde über alle Angle-Klassen gemittelt, bei den Angle-Klassen (rot) wurde über Laien und Experten gemittelt

6.7 Befunde und Diagnosen

Um keine Erwartungshaltung bei den Probanden zu erzeugen, wurden diese allgemein gebeten, Befunde und Diagnosen zu den betrachteten Aufnahmen mitzuteilen. Es wurden alle Aussagen dokumentiert. Für die vorliegende Arbeit war jedoch in erster Linie von Interesse, ob eine Angle-Klasse benannt wurde und ob die Einteilung in diese korrekt war. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tab. 6-31, Tab. 6-32, Tab. 6-33) zu sehen. Die Auswertung erfolgte ausschließlich in deskriptiver Form.

Allgemein äußerten sich 49,8 % der Experten und 53,1 % der Laien zur Angle-Klasse. Die Experten diagnostizierten dabei die Angle-Klasse zu 79,1 % korrekt, bei den Laien waren es 76 %.

Zur Angle-Klasse I machten 31 % der Experten und 57,8 % der Laien Angaben. Bei den Experten waren die Angaben in 62 % der Fälle und bei den Laien in 81,3 % der Fälle korrekt. Die Experten hielten die Bilder zu 34 % für Aufnahmen der Angle-Klasse II:1.

Bei den Bildern der Angle-Klasse II:1 benannten 57 % der Experten und 41,3 % der Laien eine Angle-Klasse. Die Experten lagen dabei zu 91,9 % und die Laien zu 70,5 % richtig. Die Laien diagnostizierten in 27,8 % der Fälle die Angle-Klasse I.

Zur Angle-Klasse II:2 äußerten sich 28 % der Experten und 20,5 % der Laien. Die Experten diagnostizierten dabei die Angle-Klasse zu 50 % und die Laien zu 36,3 % korrekt. Die Laien hielten die Bilder in 24,8 % der Fälle und die Experten in 38,4 % der Fälle für die Angle-Klasse II:1. Angle-Klasse I diagnostizierten 38,5 % der Laien und 9,8 % der Experten.

Zur Angle-Klasse III machten 83 % der Experten und 92,8 % der Laien Angaben. Bei den Experten waren die Angaben in 99,4 % der Fälle und bei den Laien in 99,5 % der Fälle korrekt.

Tab. 6-31 Beurteilung zu den Angle-Klassen. Überblick über alle Probanden. Vergleich zwischen Experten und Laien

| | | Status | | | | Alle | |
|---------------------------|------------------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | Experten | | Laien | | | |
| | | n | % | n | % | n | % |
| Alle Angle-Klassen | Angle-Klasse angegeben | 402 | 50,25 | 751 | 46,94 | 1153 | 48,04 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 398 | 49,75 | 849 | 53,06 | 1247 | 51,96 |
| | Total | 800 | 100 | 1600 | 100 | 2400 | 100 |
| Wahre Angle-Klasse | Angle-Klasse angegeben | 138 | 69 | 169 | 42,25 | 307 | 51,17 |
| I | nein | | | | | | |
| | ja | 62 | 31 | 231 | 57,75 | 293 | 48,83 |
| | Total | 200 | 100 | 400 | 100 | 600 | 100 |
| II:1 | Angle-Klasse angegeben | 86 | 43 | 235 | 58,75 | 321 | 53,5 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 114 | 57 | 165 | 41,25 | 279 | 46,5 |
| | Total | 200 | 100 | 400 | 100 | 600 | 100 |
| II:2 | Angle-Klasse angegeben | 144 | 72 | 318 | 79,5 | 462 | 77 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 56 | 28 | 82 | 20,5 | 138 | 23 |
| | Total | 200 | 100 | 400 | 100 | 600 | 100 |
| III | Angle-Klasse angegeben | 34 | 17 | 29 | 7,25 | 63 | 10,5 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 166 | 83 | 371 | 92,75 | 537 | 89,5 |
| | Total | 200 | 100 | 400 | 100 | 600 | 100 |

Tab. 6-32 Beurteilung zu den Angle-Klassen. Überblick über die Probanden, die sich zur Angle-Klasse äußerten. Vergleich zwischen Experten und Laien

| | | Status | | | | Alle | |
|---------------------------|------------------------------------|---------|-------|------|-------|------|-------|
| | | Experte | | Laie | | | |
| | | n | % | n | % | n | % |
| Alle Angle-Klassen | Angle-Klasse angegeben und korrekt | 105 | 20,87 | 268 | 23,99 | 373 | 23,02 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 398 | 79,13 | 849 | 76,01 | 1247 | 76,98 |
| | Total | 503 | 100 | 1117 | 100 | 1620 | 100 |
| Wahre Angle-Klasse | Angle-Klasse angegeben und korrekt | 38 | 38 | 53 | 18,66 | 91 | 23,7 |
| I | nein | | | | | | |
| | ja | 62 | 62 | 231 | 81,34 | 293 | 76,3 |
| | Total | 100 | 100 | 284 | 100 | 384 | 100 |
| II:1 | Angle-Klasse angegeben und korrekt | 10 | 8,06 | 69 | 29,49 | 79 | 22,07 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 114 | 91,94 | 165 | 70,51 | 279 | 77,93 |
| | Total | 124 | 100 | 234 | 100 | 358 | 100 |
| II:2 | Angle-Klasse angegeben und korrekt | 56 | 50 | 144 | 63,72 | 200 | 59,17 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 56 | 50 | 82 | 36,28 | 138 | 40,83 |
| | Total | 112 | 100 | 226 | 100 | 338 | 100 |
| III | Angle-Klasse angegeben und korrekt | 1 | 0,6 | 2 | 0,54 | 3 | 0,56 |
| | nein | | | | | | |
| | ja | 166 | 99,4 | 371 | 99,46 | 537 | 99,44 |
| | Total | 167 | 100 | 373 | 100 | 540 | 100 |

Tab. 6-33 Beurteilung zu den Angle-Klassen. Überblick über die Angle-Klassen-Diagnosen der Probanden, die sich zur Angle-Klasse äußerten. Vergleich zwischen Experten und Laien

| | | Status | | | | Alle | |
|---------------------------|--------------|---------|-------|------|-------|------|-------|
| | | Experte | | Laie | | | |
| | | n | % | n | % | n | % |
| Alle Angle-Klassen | Angle-Klasse | 83 | 16,5 | 384 | 34,38 | 467 | 28,83 |
| | I | | | | | | |
| | II:1 | 192 | 38,17 | 260 | 23,28 | 452 | 27,9 |
| | II:2 | 59 | 11,73 | 95 | 8,5 | 154 | 9,51 |
| | III | 169 | 33,6 | 378 | 33,84 | 547 | 33,77 |
| Total | 503 | 100 | 1117 | 100 | 1620 | 1-00 | |
| Wahre Angle-Klasse | Angle-Klasse | 62 | 62 | 231 | 81,34 | 293 | 76,3 |
| I | I | | | | | | |
| | II:1 | 34 | 34 | 38 | 13,38 | 72 | 18,75 |
| | II:2 | 3 | 3 | 12 | 4,23 | 15 | 3,91 |
| | III | 1 | 1 | 3 | 1,06 | 4 | 1,04 |
| | Total | 100 | 100 | 284 | 100 | 384 | 100 |
| II:1 | Angle-Klasse | 10 | 8,06 | 65 | 27,78 | 75 | 20,95 |
| | I | | | | | | |
| | II:1 | 114 | 91,94 | 165 | 70,51 | 279 | 77,93 |
| | II:2 | . | . | 1 | 0,43 | 1 | 0,28 |
| | III | . | . | 3 | 1,28 | 3 | 0,84 |
| Total | 124 | 100 | 234 | 100 | 358 | 100 | |
| II:2 | Angle-Klasse | 11 | 9,82 | 87 | 38,5 | 98 | 28,99 |
| | I | | | | | | |
| | II:1 | 43 | 38,39 | 56 | 24,78 | 99 | 29,29 |
| | II:2 | 56 | 50 | 82 | 36,28 | 138 | 40,83 |
| | III | 2 | 1,79 | 1 | 0,44 | 3 | 0,89 |
| Total | 112 | 100 | 226 | 100 | 338 | 100 | |
| III | Angle-Klasse | . | . | 1 | 0,27 | 1 | 0,19 |
| | I | | | | | | |
| | II:1 | 1 | 0,6 | 1 | 0,27 | 2 | 0,37 |
| | III | 166 | 99,4 | 371 | 99,46 | 537 | 99,44 |
| | Total | 167 | 100 | 373 | 100 | 540 | 100 |

6.8 Grafische Darstellung Anzahl Fixationen im Gruppenvergleich



Abb. 6-13 Gruppenvergleich am Beispiel eines Fernröntgenseitenbildes der Angle-Klasse I



Abb. 6-14 Gruppenvergleich am Beispiel eines Fernröntgenseitenbildes der Angle-Klasse II:1

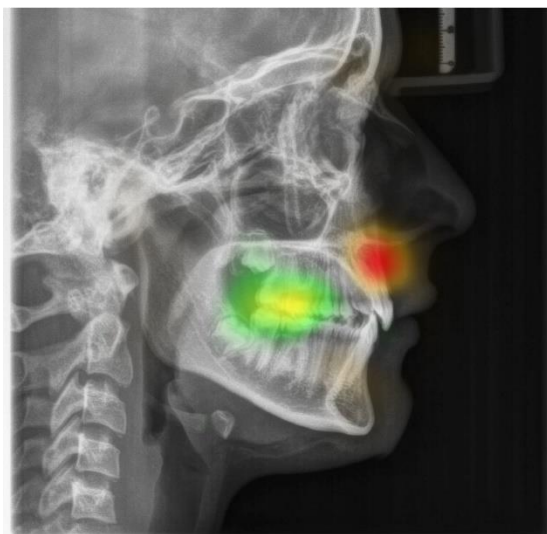


Abb. 6-15 Gruppenvergleich am Beispiel eines Fernröntgenseitenbildes der Angle-Klasse II:2



Abb. 6-16 Gruppenvergleich am Beispiel einer Fernröntgenseitenbildes der Angle-Klasse III

Die Abbildungen 6-13 bis 6-16 zeigen die Unterschiede bezüglich der Anzahl an Fixationen im Gruppenvergleich. Der orange-rote Bereich zeigt dabei das Blickverhalten der Experten, während der gelb-grüne Bereich den Fokus der Laien repräsentiert. Es ist erkennbar, dass die Laien sich vermehrt auf den Bereich der Seitenzähne konzentrierten. Im Gegensatz dazu ist zu sehen, dass die Experten ihr Augenmerk vermehrt auf den Bereich der Frontzähne, der Lippen, der Stirnhöhle und des Kieferwinkels richteten.

7 Diskussion

Bislang existieren keine Untersuchungen zur visuellen Wahrnehmung von Fernröntgenseitenbildern. Die vorliegende Studie diente dem Zweck, herauszufinden, ob es Unterschiede in der Perzeption von Fernröntgenseitenbildern zwischen Weiterbildungsassistenten der Kieferorthopädie (Experten) und Studierenden der Zahnmedizin (Laien) gibt. Es wurde untersucht, ob die Betrachtungsweise abhängig von der kieferorthopädischen Erfahrung ist und ob die Angle-Klasse einen Einfluss hat. Es galt herauszufinden, ob sich die Resultate in quantitative Messungen überführen und sich signifikante Ergebnisse bezüglich der Fragestellung feststellen ließen.

7.1 Kritische Würdigung der Methodik

7.1.1 Eyetracking als Untersuchungsmethode

Obwohl die Eyetracking-Technik in vielen Bereichen eingesetzt wird, unterliegt sie gewissen methodischen Limitationen. Bei der Durchführung ist die Anwesenheit eines Prüfarztes erforderlich. Dieser Umstand kann zu einer Verfälschung der Daten führen, wenn der Prüfarzt die Probanden im Vorfeld beeinflusst. Die Prüfarztin bemühte sich, vor der Durchführung so wenig Informationen wie möglich an die Probanden weiterzugeben und auf ein standardisiertes Verfahren zu achten.

Die technischen Vorgaben zur Nutzung der Technik wurden nach bestem Wissen und Gewissen beachtet. Nichtsdestotrotz sind verschiedene Messfehler aufgrund des komplexen methodischen und technischen Aufwands möglich. Eine denkbare Fehlerquelle ist die Phase der Blickpfadregistrierung. Es sind Diskrepanzen zwischen den gemessenen und den effektiven Blickpunkten möglich. Anwendungsbedingte Mängel entstehen beispielsweise durch die Beeinträchtigung des optischen Apparates. Einschlusskriterium für das Probandenkollektiv war aus diesem Grund eine normale oder korrigierte Sehkraft. Der Hersteller des eingesetzten Eyetrackers versichert, dass das Tragen von Brillen und Kontaktlinsen keine Einschränkung darstellt. Eine weitere Schwierigkeit sind unerwartete Kopfbewegungen des Probanden. Diese führen zu einer Unterbrechung der Datenerfassung und zu unvollständigen Messergebnissen, wenn sich der Proband außerhalb des Kamerawinkels befindet. Das Programm verfügt aus diesem Grund über optische Warnsignale, die zur Korrektur der Kopfposition auf-

fordern, was unter Anleitung der Prüffärztin erfolgte. Fehler können sich auch durch einen im Vergleich zur Kalibrierung veränderten Abstand zwischen Auge und Eyetracker ergeben. Die Probanden wurden angewiesen, ihre Sitzposition nicht zu verändern. Sie saßen auf einem nicht beweglichen Stuhl und mussten ihr Kinn auf der Kinnstütze positionieren. Die Messbedingungen konnten durch die eingeschränkte Bewegungsfreiheit zwar optimiert werden, jedoch wurde die Sitzposition teilweise als unangenehm empfunden. Aus diesem Grund und um die Konzentration der Probanden sicherzustellen, wurde nach der Hälfte der gezeigten Bilder eine Pause eingelegt. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Probanden nach der Pause eine leicht veränderte Sitzposition einnahmen.

7.1.2 Auswahl des Probandenguts

Das Ziel der Studie war es unter anderem, herauszufinden, inwiefern das Maß an kieferorthopädischer Erfahrung Einfluss auf den Blickpfad der Probanden hat. Als kieferorthopädisch erfahrene Gruppe wurden 20 Zahnärzte rekrutiert, die sich in der Weiterbildung zum Fachzahnarzt für Kieferorthopädie befanden. Zum Vergleich diente eine Gruppe aus 40 Studierenden der Zahnmedizin, die mindestens das dritte klinische Semester an der Universitätsmedizin Mainz abgeschlossen haben mussten. Der Grund hierfür war, dass die Studierenden über ein Mindestmaß an Wissen bezüglich Fernröntgenseitenbildern verfügen sollten, das im dritten klinischen Semester vermittelt wurde. Jedoch verfügten die Studierenden aufgrund persönlicher Interessen über ein unterschiedliches Maß an Kenntnissen über die Kieferorthopädie, weshalb in dieser Gruppe ein unterschiedlicher Wissensstand vorhanden war, der die Ergebnisse verzerrt haben könnte. Auch die Weiterbildungsassistenten für Kieferorthopädie befanden sich nicht alle auf dem gleichen Stand ihrer kieferorthopädischen Weiterbildung, jedoch befanden sie sich alle im letzten Abschnitt ihrer Fachzahnarztausbildung.

Bezüglich der Anzahl der Probanden wurde zwischen Studierenden und Weiterbildungsassistenten ein Verhältnis von zwei zu eins gewählt, da es schwierig geworden wäre, eine größere Anzahl an Weiterbildungsassistenten zu rekrutieren. Ebenso wurde in der Studie von Turgeon et al. vorgefahren, die den Einfluss von Training und Erfahrung auf die Fähigkeit zur Analyse von Panoramaschichtaufnahmen zwischen Studierenden und erfahrenen Radiologen verglichen. An der Studie nahmen 45 Probanden teil

(163). Andere Studien aus dem medizinischen Bereich, die sich auch mit dem Einfluss der Erfahrung auf die Betrachtungsweise von radiologischen Aufnahmen beschäftigten, hatten zwischen 6 und 65 Teilnehmern (1, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 166). Einzige Ausnahme bildet die Studie von Bahaziq et al., an der 136 Probanden teilnahmen (167). Die Anzahl von 60 Probanden in der vorliegenden Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit dem IMBEI festgelegt.

7.1.3 Auswahl und Vorbereitung des Bildmaterials

Es wurden möglichst neutrale Fernröntgenseitenbilder ausgewählt, um den Blick der Probanden nicht zu beeinflussen und die Daten nicht zu verfälschen. Ausgeschlossen wurden Bilder, auf denen allgemeine pathologische Befunde, Patienten mit Syndromen, metallische Artefakte oder Gebisse mit Lücken, prothetischen Versorgungen, Implantaten oder umfangreichen konservierenden Versorgungen zu sehen waren. Turgeon et al. zeigten ihren Probanden 20 Aufnahmen (163). In anderen Studien wurden zwischen 4 und 120, meistens jedoch zwischen 20 und 30 Aufnahmen präsentiert (1, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 166, 167). Bezüglich der gezeigten Fernröntgenseitenbilder wurde in unserer Untersuchung eine Anzahl von 40 in Zusammenarbeit mit dem IMBEI festgelegt.

Auf jedem Bild wurden 10 Areas of Interest ausgewählt, die für die Auswertung von Fernröntgenseitenbildern von Relevanz sind. Dabei wurden definierte skelettale und Weichteilbezugspunkte ausgewählt, anhand derer durch lineare Verbindungen und Winkelbestimmungen Messwerte gewonnen werden, die mit Durchschnittsnormen verglichen und differenzialdiagnostisch ausgewertet werden. Diese Punkte dienten der Autorin als Orientierung, in welchen Bereichen sie Fixationen von den Probanden erwarten würde. Aufgrund von Limitationen der verwendeten Technik durften die festgelegten AOIs nicht zu klein sein und dabei auch nicht zu dicht beieinander liegen, sodass die Autorin einige Areale jeweils sinnvoll zu einer AOI zusammenfasste. Zur Beurteilung der Weichteilmorphologie wurde der Bereich der Nase, der Lippen und des Weichteilkinns jeweils als AOI festgelegt. Um auch das skelettale Profil beurteilen zu können, wurde zusätzlich auch das knöcherner Kinn als AOI festgelegt. Für die Beurteilung der Achsenstellung der Inzisivi wurden diese als AOI festgelegt. Der Seitenzahnbereich liefert Informationen über die Okklusionsebene und die sagittale Position der Molaren und wurde deshalb zu einer AOI zusammengefasst. Sella und

Nasion dienen als Ausgangspunkt für die anteriore Schädelbasislinie und werden für die Messung des SNA-, SNB- und ANB-Winkels benötigt, sodass diese jeweils auch als AOI definiert wurden. Da manche Kieferorthopäden eine Beurteilung des skelettalen Alters anhand der Halswirbelkörper vornehmen, wurde auch dieser Bereich als AOI festgelegt. Zudem wurde der Vollständigkeit halber der Bereich um das Kiefergelenk als AOI definiert. Die Auswahl der AOIs erfolgt in den meisten Eye-tracking-Studien manuell und subjektiv. Es gibt diesbezüglich kaum Richtlinien. Infolgedessen existiert eine starke Variation bezüglich ihrer Lokalisation, Form und Größe. Die Vergleichbarkeit einzelner Studien wird hierdurch stark eingeschränkt. Große und vor allem gleich große AOIs führen zu einer Zunahme der Objektivität, jedoch werden die Ergebnisse umso präziser, je kleiner die AOIs gestaltet werden (168). Grundsätzlich stellt sich die Frage, wo genau die Grenzen für die einzelnen AOIs gezogen werden sollten. Da die vorliegende Studie die erste ihrer Art ist, konnte sich die Autorin bezüglich der Festlegung der AOIs nicht am Studiendesign anderer Arbeiten orientieren.

7.1.4 Ablauf

Jedes Fernröntgenseitenbild wurde für 30 Sekunden präsentiert und währenddessen der Blickpfad der Probanden registriert. Bezüglich der Zeit der Stimulipräsentation gibt es keine eindeutigen Regelungen. Bei einem Großteil der Eyetracking-Studien aus dem zahnmedizinischen Bereich, die sich zumeist mit der ästhetischen Perzeption der Zähne und des Gesichts beschäftigten, wurden die Stimuli 3 Sekunden (142, 149, 150, 153, 154), 4 Sekunden (143, 148, 158), 5 Sekunden (140, 144, 145, 146, 147, 157), 6 Sekunden (156, 161), 7 Sekunden (160) oder 10 Sekunden präsentiert (141, 152, 159). Die Studien, die sich mit der Betrachtung von röntgenologischem Bildmaterial beschäftigten, setzten ihren Probanden meistens kein Zeitlimit (1, 93, 94, 95, 96, 102, 162, 163, 167). Ohne eine zeitliche Begrenzung lassen sich jedoch bestimmte Parameter der Blickpfadanalyse wie Länge des Blickpfads, Gesamtzahl an Fixationen und die totale Fixierungszeit unter den Probanden nicht vergleichen, weshalb sich die Autorin für eine festgelegte Präsentationszeit der Stimuli entschied. Die Zeit wurde aufgrund von praktischen Versuchen auf 30 Sekunden festgelegt.

In zahlreichen Studien werden Fragebögen genutzt, um subjektive Einschätzungen von Probanden zu dokumentieren. Im Fall der vorliegenden Studie wurde auf den Ein-

satz von Fragebögen verzichtet und die Probanden nach jedem Bild gebeten, der Prüffärztin mündlich Befunde und Diagnosen mitzuteilen. Dies hatte den Hintergrund, dass den Probanden keine Informationen zu den Fernröntgenseitenbildern gegeben worden waren, um den Blick nicht auf bestimmte Areale zu lenken. Es war zwar auch von Interesse zu erfahren, ob die Probanden die Angle-Klasse richtig erkannten, jedoch war die Autorin vornehmlich an der Blickpfadanalyse interessiert. Die Frage nach der Angle-Klasse hätte eventuell die Betrachtungsweise der Probanden beeinflusst. Ziel war es, möglichst unverfälschte Daten zur Betrachtung von Fernröntgenseitenbildern zu erhalten.

7.2 Diskussion der Ergebnisse

Zum jetzigen Zeitpunkt existieren zwar Arbeiten, die sich mit der Betrachtung von medizinischem Bildmaterial beschäftigen, jedoch sind Fernröntgenseitenbilder kein Bestandteil dieser Untersuchungen. Auch die Aufgabenstellung für die Probanden ist oftmals nicht vergleichbar, da es zumeist um die Detektion, Wahrnehmung und Diagnostik pathologischer Areale geht und nicht um die Wahrnehmung im Allgemeinen. Aus diesem Grund ist es schwierig, zwischen der vorliegenden Arbeit und den bereits existierenden Untersuchungen einen direkten Vergleich zu ziehen.

7.2.1 Zeit der ersten Fixation

Die Experten fixierten schneller einen beliebigen Bereich auf den Fernröntgenseitenbildern als die Laien, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Kelly et al. stellten in ihrer Untersuchung dagegen einen signifikanten Unterschied zwischen Betrachtern unterschiedlicher Expertise bei der Suche nach einem Pneumothorax auf Thoraxaufnahmen fest. Je erfahrener die Probanden waren, desto schneller fixierten sie einen bestimmten Bereich (104). Ein Vergleich zu diesen Ergebnissen ist allerdings nicht aussagekräftig, da die Probanden in der Studie von Kelly et al. die Aufnahmen mit einer bestimmten Fragestellung, nämlich des Vorhandenseins eines Pneumothorax, betrachteten. Somit erfassten sie die Aufnahmen aufgrund ihrer Erfahrung möglicherweise anders als unerfahrene Betrachter.

Abhängig von der Angle-Klasse unterschied sich die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI signifikant ($p = 0,0032$), war jedoch unabhängig von der Erfahrung der Betrachter. Beide Gruppen brauchten in der Angle-Klasse I am längsten und in der Angle-Klasse III am kürzesten, um einen bestimmten Bereich zu fixieren. Der Zeitunterschied war zwischen allen Angle-Klassen im Vergleich mit Angle-Klasse III signifikant. Bei den Angle-Klassen I–II:2 zeigten sich dagegen geringere Unterschiede. Insbesondere bei Angle II:1 und Angle II:2 unterschied sich die Zeit bis zur ersten Fixation fast gar nicht. Grund für diese Sonderstellung der Angle-Klasse III war möglicherweise die bei allen Fernröntgenseitenbildern dieser Klasse vorhandene negative Frontzahnstufe, die durch ihre Prägnanz den Blick der Probanden eventuell relativ schnell auf sich zog. Umgekehrt waren in der Angle-Klasse I keine dysgnathen Auffälligkeiten erkennbar, was die Ursache dafür sein könnte, dass alle Probanden hier am längsten brauchten, um einen bestimmten Bereich zu fixieren. Was die Zeit bis zur ersten Fixation generell (AOI oder außerhalb AOI) betrifft, gab es keinen Hinweis auf Einflüsse von Angle-Klasse ($p = 0,9708$), Status ($p = 0,2544$) oder deren Wechselwirkung ($p = 0,9445$).

7.2.2 Ort der ersten Fixation

Bezogen auf den Ort der ersten Fixation in einer AOI erfolgte bei den Laien in 56,8 % der Fälle und bei den Experten in 38,5 % der Fälle die erste Fixation im Bereich der Seitenzähne. Die Frontzähne wurden in der Gruppe der Experten zu 37,5 % und in der Gruppe der Laien zu 26,9 % initial fokussiert. In Angle-Klasse I und III war der Frontzahnbereich derjenige, der allgemein von den Experten am häufigsten zu Beginn betrachtet wurde. In Angle-Klasse II:1 und II:2 blickten die meisten von ihnen jedoch auch zuerst auf die Seitenzähne.

Im Vergleich zwischen den Angle-Klassen ist besonders hervorzuheben, dass in der Angle-Klasse III in den wenigsten Fällen die Seitenzähne initial betrachtet wurden. Die Aufmerksamkeit verschob sich in der Gruppe der Experten in Richtung der Lippen und bei den Laien zu den Frontzähnen. Der größere Fokus der Laien auf die Seitenzähne lässt sich eventuell mit der fehlenden Erfahrung bezüglich der Analyse von Fernröntgenseitenbildern erklären. Die Laien sind aufgrund ihres Wissenstands, der ihnen bis dahin im Studium vermittelt worden ist, vermutlich verstärkt auf die Analyse der Zähne an sich fokussiert. Bezüglich des Ortes der ersten Fixation hatte die

negative Frontzahnstufe und die positive Lippentreppe in der Angle-Klasse III wahrscheinlich einen Einfluss auf die Betrachtungsweise der Probanden, da hier eine offensichtliche Deviation im Vergleich zum eugnathen Gebiss optisch deutlich wird. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine Studie, die sich mit der Betrachtung von Fernröntgenseitenbildern beschäftigt, weshalb sich die Ergebnisse auch nicht in Kontext zu anderen wissenschaftlichen Untersuchungen stellen lassen.

7.2.3 Länge des Blickpfads

Es gab signifikante Unterschiede im Hinblick auf die Blickpfadlänge zwischen Experten und Laien und zwischen den Angle-Klassen ($p < 0,0001$). Außerdem existierte eine signifikante Wechselwirkung ($p = 0,0051$). Das heißt, die Effekte der Angle-Klassen unterschieden sich zwischen den Gruppen. Die Blickpfadlängen der Experten waren im Durchschnitt um 1632,4 Pixel länger als die der Laien. Auch Assaf et al. fanden in ihrer Untersuchung zum Vorhandensein von femoroacetabulären Impingementen auf anteroposterioren Beckenübersichtsaufnahmen heraus, dass erfahrenerer Betrachter eine signifikant längere Blickstrecke auf den Aufnahmen zurücklegten (95). Turgeon et al., die sich mit dem Einfluss von Erfahrung und Training auf die Betrachtung von Panoramaschichtaufnahmen beschäftigten, konnten jedoch keinen grundsätzlichen Unterschied in der Blickpfadlänge feststellen. Sie fanden allerdings heraus, dass die erfahreneren Betrachter auf den Panoramaschichtaufnahmen, die keine pathologischen Areale enthielten, im Vergleich auch eine größere Strecke zurücklegten (163). Auch Botelho et al. stellten fest, dass die zurückgelegte Blickpfadlänge bei der Betrachtung von Panoramaschichtaufnahmen bei erfahrenen Zahnärzten auf Bildern ohne pathologische Auffälligkeiten länger war (166). Für die Experten der vorliegenden Studie lässt sich eine ähnliche Aussage treffen, da sie in der Angle-Klasse I den längsten Blickpfad zurücklegten. Ursächlich hierfür ist möglicherweise die routinierte Anwendung des Fernröntgenseitenbildes im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik und die damit verbundene unbewusste Suche nach pathologischen Befunden.

Turgeon et al. stellten jedoch auch fest, dass die Studierenden auf den Panoramachichtaufnahmen, die pathologischen Areale enthielten, im Vergleich einen längeren Blickpfad zurücklegten (163). Gleiches konnten Botelho et al. belegen (166). In der vorliegenden Arbeit konnte die verlängerte Blickpfadlänge, bezogen auf die Angle-

Klassen II:1–III, nicht bestätigt werden. Allerdings lassen sich die Studiendesigns in diesem Kontext auch nur bedingt miteinander vergleichen, da sich die Aufgabenstellung unterschied. Bei den Arbeiten von Turgeon et al. und Botelho et al. sollten die Probanden feststellen, ob pathologische Areale vorhanden waren oder nicht, und die Blickpfadregistrierung wurde gestoppt, sobald die Probanden mit der Analyse der Panoramaschichtaufnahme fertig waren. Aufgrund der Erfahrung der Experten entdeckten diese pathologischen Areale wahrscheinlich schneller und legten deshalb einen kürzeren Blickpfad zurück.

Die Laien legten die größte Strecke in der Angle-Klasse III zurück. Die Angle-Klasse III unterschied sich in ihrer Gruppe zudem signifikant von den anderen Angle-Klassen. Vermutlich empfanden die Laien die negative Frontzahnstufe in Angle-Klasse III am auffälligsten und wurden immer wieder auf diesen Bereich gelenkt.

7.2.4 Gesamtzahl an Fixationen

Was die Gesamtzahl an Fixationen in einem beliebigen Bereich betrifft, gab es zwischen den Experten und den Laien signifikante Unterschiede ($p = 0,0299$). Durchschnittlich erfolgten bei den Experten 94,7 und bei den Laien 90,6 Fixationen. Auch Giovinco et al., die den Einfluss an Erfahrung auf die Betrachtung von Fußröntgenaufnahmen mit einem Hallux valgus untersuchten, konnten eine höhere Anzahl an Fixationen bei erfahrenen Betrachtern feststellen, allerdings nicht in signifikantem Ausmaß (100). Jedoch konnten Turgeon et al., die sich mit dem Einfluss von Erfahrung und Training auf die Betrachtung von Panoramaschichtaufnahmen beschäftigten, im Allgemeinen keinen Unterschied bezüglich der Anzahl an Fixierungen zwischen Studierenden und Experten feststellen (163).

Diese Ergebnisse stehen im Kontrast mit anderen Studien, die sich mit dem Einfluss der Erfahrung auf die Betrachtung von röntgenologischem Bildmaterial beschäftigten. Die Autoren dieser Arbeiten stellten fest, dass die Anzahl an Fixationen mit zunehmender Erfahrung abnahm (1, 92, 95, 96). Zu dem gleichen Resultat kamen Studien aus der Histopathologie, die sich mit dem Einfluss der Erfahrung auf die Betrachtung von histologischem Bildmaterial beschäftigten (110, 111, 112). Allerdings lässt sich an dieser Stelle nur schwierig ein Vergleich zwischen der vorliegenden Arbeit und den erwähnten Studien ziehen, da es bei den anderen Untersuchungen immer um eine konkrete Fragestellung ging. Die Probanden sollten lediglich pathologische Areale erken-

nen und hatten meistens kein festgelegtes Zeitfenster für die Betrachtung. Aus den Ergebnissen der erwähnten Studien lässt sich vermuten, dass erfahrene Betrachter effizienter sind, da sie pathologische Areale mit weniger Fixierungen fanden. Hätte man die Probanden in der vorliegenden Studie nach der Angle-Klasse gefragt, hätte man eventuell ähnliche Ergebnisse erwarten können. Sie erhielten jedoch lediglich die Instruktion, die Fernröntgenseitenbilder zu betrachten und der Prüferin Befunde und Diagnosen mitzuteilen. Die Analyse eines Fernröntgenseitenbildes erfolgt mithilfe einer Vielzahl an Punkten, Strecken und Winkeln, die ein Weiterbildungsassistent/in im Rahmen seiner/ ihrer Fachzahnarztausbildung erlernt. Es ist anzunehmen, dass die Experten folglich mehr Bereiche als die Laien fixierten.

Die meisten Fixationen erfolgten bei den Experten in Angle-Klasse I. Röntgenologische Studien aus dem zahnmedizinischen Bereich, die sich mit dem Einfluss von Erfahrung auf die Betrachtung von CT-Aufnahmen der Kiefer oder Panoramaschichtaufnahmen beschäftigten, kamen zu einem im weitesten Sinne vergleichbaren Ergebnis. Sie fanden heraus, dass erfahrene Betrachter auf Bildern ohne auffällige Areale mehr Fixierungen machten als auf solchen mit pathologischen Bereichen (162, 163, 166). In der vorliegenden Studie wurde jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Angle-Klassen in der Gruppe der Experten festgestellt. Allerdings konnte, wie bereits erwähnt, eine Dominanz an Fixationen in der Angle-Klasse I festgestellt werden, was den Rückschluss zulässt, dass der Experte gezielt nach dentalen und skelettalen Abweichungen sucht. Dies folgt der Tatsache, dass die Anfertigung eines Fernröntgenseitenbildes in der kieferorthopädischen Anfangs- und Zwischendiagnostik erfolgt, wenn der Patient in der Regel noch durch eine skelettale und dentale Gebissanomalie auffällt.

Die größte Anzahl an Fixationen erfolgte bei den Laien in Angle-Klasse III. Die Anzahl an Fixationen nahm bei den Laien von Angle-Klasse I bis III zu. Bei den Experten war die Anzahl in Angle-Klasse II:1, II:2 und III annähernd gleich. Zwischen der Angle-Klasse und dem Status bestanden signifikante Wechselwirkungen ($p = 0,0308$). Auch hier lässt sich wieder die Vermutung äußern, dass die Laien von den Besonderheiten der Angle-Klassen II:1–III, wie zum Beispiel der Stellung der Frontzähne, beeinflusst wurden und ihr Blick häufiger in diese Bereiche gelenkt wurde.

7.2.5 Gesamtzahl an Fixationen in den AOIs

Durchschnittlich erfolgten bei den Experten auf jedem betrachteten Fernröntgenseitenbild in allen AOI 72,3 Fixationen. Bei den Laien waren es 74,3 Fixationen. Über alle Angle-Klassen hinweg erfolgten in der Gruppe der Laien mehr Fixationen, jedoch nicht in einem signifikanten Ausmaß. Signifikante Unterschiede gab es jedoch zwischen den Angle-Klassen ($p < 0,0001$). Die meisten Fixationen erfolgten bei den Experten in Angle-Klasse III und bei den Laien in Angle-Klasse II:2. Die Anzahl an Fixationen nahm bei den Experten von Angle-Klasse I bis III zu. In Angle-Klasse I erfolgten in beiden Gruppen die wenigsten Fixationen. Diese Ergebnisse ließen sich mit keinen anderen Studien vergleichen, da keine ähnlichen Untersuchungen existieren.

7.2.6 Totale Fixierungszeit in den AOIs

Die Gesamtlänge der Fixierungszeit in den AOIs war abhängig von der Erfahrung der Betrachter, der Angle-Klasse und deren Wechselwirkung. Durchschnittlich fixierten die Laien die AOIs 17,8 Sekunden und die Experten 15,8 Sekunden, was einen signifikanten Unterschied darstellte ($p = 0,0078$). Die Fixierungszeit war bei den Laien in allen Angle-Klassen länger. Diese Ergebnisse legen den Verdacht nahe, dass Experten aufgrund ihrer Erfahrung schneller bestimmte Strukturen erkennen und deshalb zügiger zur nächsten Fixation wechseln.

Zum gleichen Ergebnis kamen andere Autoren, die sich mit dem Einfluss der Erfahrung auf die Betrachtung von röntgenologischen oder histologischen Aufnahmen beschäftigten (95, 102, 104, 110, 111, 112). Die längste Zeit verbrachten die Probanden beider Gruppen in den AOIs der Angle-Klasse II:2. In Angle-Klasse I blickten die Experten am kürzesten in die AOIs, während die Laien in Angle-Klasse III die AOIs am kürzesten betrachteten. In beiden Gruppen nahm die Zeit von Angle-Klasse I bis II:2 zu und verkürzte sich in Angle-Klasse III wieder. Diese Ergebnisse ließen sich mit keinen anderen Studien vergleichen, da keine ähnlichen Untersuchungen existieren.

7.2.7 Befunde und Diagnosen

Allgemein äußerten sich 49,8 % der Experten und 53,1 % der Laien zur Angle-Klasse. Die Experten diagnostizierten diese zu 79,1 % und die Laien zu 76 % korrekt. Da die

Laien vergleichsweise wenig praktische Erfahrung mit der kephalometrischen Analyse haben, jedoch mit den Merkmalen der Angle-Klassifikation vertraut sind, äußerten sie sich eventuell häufiger zur Angle-Klasse.

Die Klassifizierung der Angle-Klasse III fiel den meisten Probanden, vermutlich aufgrund der negativen Frontzahnstufe, leicht und 89,5% machten zu dieser Angle-Klasse Angaben. Dabei lagen 99 % der Probanden richtig.

Die Diagnostik der Angle-Klasse II:1 fiel den Laien schwerer. Sie lagen zwar zu 70,5 % richtig, diagnostizierten jedoch in 27,8 % der Fälle fälschlicherweise die Angle-Klasse I. Die Experten machten zu 91,9 % die richtige Angabe. Bei den präsentierten Fernröntgenseitenbildern der Angle-Klasse II:1 gab es jeweils Bilder mit einer normal stehenden und einer protrudiert stehenden Front. Aufgrund der mangelnden Erfahrung hielten die Laien vermutlich besonders die Fernröntgenseitenbilder mit der normal stehenden Front für Angle-Klasse I. Im klinischen kieferorthopädischen Praxisalltag sind Patienten mit einer Angle-Klasse II:1 prozentual am stärksten vertreten, was vermuten lässt, dass sich auch hier die klinische Erfahrung der Experten widerspiegelt.

Bei den Fernröntgenseitenbildern der Angle-Klasse II:2 hatten beide Gruppen Schwierigkeiten. Es äußerten sich 28 % der Experten, die zu 50 % richtig lagen, und 20,5 % der Laien, die zu 36,3 % recht hatten. Die Laien diagnostizierten in 24,8 % und die Experten in 38,4 % der Fälle fälschlicherweise die Angle-Klasse II:1. Des Weiteren diagnostizierten 38,5 % der Laien und 9,8 % der Experten irrtümlich die Angle-Klasse I. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Achsenstellung der Frontzähne mit einer ausschließlich visuellen Diagnostik, ohne die Kenntnis des Wertes zum Beispiel für den OK-I-NL-Winkels, der bei der Auswahl der Fernröntgenseitenbilder zur Hilfe genommen wurde, schwierig zu beurteilen ist. Wie schon erwähnt, ist auch hier vermutlich die mangelnde Erfahrung der Laien für die fälschliche Einordnung in die Angle-Klasse I verantwortlich.

Da die Probanden keinerlei Informationen darüber erhielten, an welchen Befunden und Diagnosen die Prüffärztin interessiert war, äußerten sich nicht alle Probanden zur Angle-Klasse. Es wurden einige Diagnosen und Befunde geäußert, die die Autorin aufgrund der Vielzahl an Daten und der fehlenden Relevanz für die Fragestellung nicht auswertete. Für zukünftige Studien, die ihren Schwerpunkt auf der Untersuchung der allgemeinen Betrachtungsweise legen, jedoch zusätzlich an der Diagnose der Angle-

Klasse interessiert sind, würde die Autorin empfehlen, die Fernröntgenseitenbilder nach der Blickpfadregistrierung ein zweites Mal ohne eine Datenaufzeichnung zu präsentieren und direkt nach der Angle-Klasse zu fragen. So bekäme man eine konkrete Antwort auf die gewünschte Fragestellung, ohne den Blickpfad zu beeinflussen, und würde die Dauer der Versuchsdurchführung für die Probanden deutlich verkürzen. Falls der Schwerpunkt zukünftiger Studien auf der Diagnostik der Angle-Klasse liegen soll, empfiehlt die Autorin die Datenaufzeichnung unter Kenntnis der Fragestellung durchzuführen.

8 Ausblick

Allgemein existieren im zahnmedizinischen Bereich bislang wenige Untersuchungen, die das Eyetracking-Verfahren eingesetzt haben. Diese zielten vor allem auf die ästhetische Perzeption der Zähne und des Gesichts ab. In Ergänzung bzw. Weiterführung dieser als Pilotstudie angelegten Arbeit ist eine Vielzahl von weiteren Anwendungsmöglichkeiten der Eyetracking-Technik denkbar. Vor allem in der Lehre ist großes Potenzial vorhanden. Die Zahnmedizin ist sehr visuell geprägt. Zahnärzte nutzen unter anderem visuelle Informationen für ihre Diagnosen, wie beispielsweise in der Kariesdiagnostik. Folglich spielen neben theoretischen Aspekten vor allem Routine und Erfahrung des Behandlers eine entscheidende Rolle.

Die Evaluation der Unterschiede zwischen Experten und Laien bei der Betrachtung und Analyse von visuellem Bildmaterial mithilfe der Eye-Tracking-Technik liefert hilfreiche Erkenntnisse für die Erstellung von Konzepten zum optimierten Erlernen der röntgenologischen und klinischen Diagnostik. Zudem können eventuell auftretende Schwierigkeiten, zum Beispiel bei der Röntgenbefundung, durch die Analyse der Blickpfade besser verstanden und Schwachstellen bei der visuellen Analyse sichtbar gemacht werden. Auch diese Informationen können gezielt genutzt werden, um sie in didaktische Konzepte zur effizienten und strukturierten Bilderfassung umzusetzen. Insbesondere bei der Befundung und dem Erkennen pathologischer Strukturen ist neben der Vollständigkeit auch ein zeitlich optimiertes Blickverhalten wünschenswert. Beides kann durch die Eye-Tracking-Technik visualisiert und überprüft werden. Mithilfe statistischer Datenverarbeitung kann der Lernprozess zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen und verglichen werden.

Auch in der Kieferorthopädie ist es denkbar, im Rahmen von Trainingskonzepten den Weiterbildungsassistenten in ihrer Ausbildung Blickpfadsequenzen von erfahrenen Kieferorthopäden zu zeigen und gleichzeitig zu erläutern, welche Bereiche für bestimmte Fragestellungen sowohl bei der röntgenologischen als auch in der klinischen Fotoanalyse relevant sind. Im Verlauf der Ausbildung kann der Lernprozess via Datenanalyse reevaluiert und verglichen werden. Dabei ist es möglich direktes Feedback zu geben. Dieses kann während des Betrachtungsprozesses durch konkrete Anweisungen erfolgen oder im Anschluss durch die farbliche Markierung von nicht erfassten Bereichen und die Datenauswertung.

Darüber hinaus könnte die Eye-Tracking-Technik zum Erlernen der virtuellen Modellanalyse und Fallplanung genutzt werden. Die Umstellung von der analogen auf die 3-D gestützte Diagnostik hat bereits begonnen, befindet sich derzeit jedoch noch im Anfangsstadium, nicht zuletzt durch mögliche Schwierigkeiten in der Anwendung. An dieser Stelle könnten, mithilfe der Eye-Tracking-Technik durchgeführte Usability-Tests helfen, um Kieferorthopäden in der Anwendung der digitalen Software zu schulen und diese dementsprechend in ihrer Handhabung zu optimieren. Neben der virtuellen Fallplanung sollte hier auch über die digitale Konstruktion kieferorthopädischer Apparaturen nachgedacht werden.

Im Hinblick auf die vorliegende Studie muss betont werden, dass mit der Eye-Tracking-Technik das Potenzial vorliegt, Lernprozesse im medizinischen Bereich, im speziellen auch der Kieferorthopädie zu optimieren. Mit dem untersuchten Verfahren stehen auch der Kieferorthopädie vielfältige Möglichkeiten offen, um in Zeiten der Digitalisierung empirisches Können in gesichertes, reproduzierbares Wissen umzuwandeln.

9 Zusammenfassung

Einleitung und Ziel: Die objektive Analyse von Blickbewegungen durch die Eye-tracking-Technik ist populär und hat unzählige wissenschaftliche Anwendungsgebiete. Auch in der Medizin steigt die Anzahl der Nutzer stetig. Diese verwenden sie beispielsweise häufig im Fachbereich der Radiologie zur Erforschung der Blickpfadanalyse, um Fehler bei der Röntgenbefundung zu minimieren und Erkenntnisse für Lehr- und Trainingszwecke zu gewinnen. Im zahnmedizinischen Bereich existieren dazu bis dato lediglich sechs Publikationen, die sich jedoch nicht mit der Wahrnehmung von Fernröntgenseitenbildern beschäftigten. In der Zahnmedizin liegt der Fokus der Eye-tracking-Studien auf der ästhetischen Perzeption der Zähne und des Gesichts. Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb herauszufinden, ob und inwiefern sich quantitative Unterschiede zwischen Probanden unterschiedlicher Expertise bei der Betrachtung von Fernröntgenseitenbildern der Angle-Klasse I–III ergeben.

Probanden, Materialien und Methoden: 40 Fernröntgenseitenbilder, von denen jeweils 10 der Angle-Klasse I, II:1, II:2 und III entsprachen, wurden 60 Probanden präsentiert. Darunter waren 40 Studierende der Zahnmedizin (Laien) und 20 Weiterbildungsassistenten der Kieferorthopädie (Experten). Auf dem Bildmaterial wurden im Vorfeld bestimmte Bereiche (Areas of Interest, AOIs) festgelegt. Den Studienteilnehmern wurden die einzelnen Aufnahmen in randomisierter Reihenfolge für jeweils 30 Sekunden gezeigt. Währenddessen erfolgte eine topografische und chronologische Aufzeichnung des Blickpfads durch einen Eyetracker. Es wurde die Zeit bis zur ersten Fixation, der Ort der initialen Fixation, die Länge des Blickpfads, die Gesamtzahl an Fixationen und die Gesamtlänge der Fixationen in den AOIs registriert.

Ergebnisse: Die Experten fixierten im Vergleich zu den Laien schneller einen beliebigen Bereich. Die Zeit bis zur ersten Fixation in einer AOI unterschied sich abhängig von der Angle-Klasse signifikant ($p = 0,0032$), war jedoch unabhängig von der Erfahrung der Betrachter. Beide Gruppen benötigten in der Angle-Klasse I am längsten und in der Angle-Klasse III am kürzesten, um einen Bereich zu fixieren. Bezüglich des Ortes der ersten Fixation konzentrierten sich die Laien vermehrt auf die Seitenzähne, während sich die Experten stärker auf die Frontzähne fokussierten. In Angle-Klasse III verschob sich der Fokus der Laien zu den Frontzähnen und der Fokus der Experten zu den Lippen. Hinsichtlich der Blickpfadlänge gab es signifikante Unterschiede zwi-

schen den Gruppen ($p < 0,0001$). Die Blickpfadlängen der Experten waren im Durchschnitt um 1632,4 Pixel länger und in Angle-Klasse I am längsten. Die Laien legten die größte Strecke in der Angle-Klasse III zurück. Im Hinblick auf die Gesamtzahl an Fixationen in einem beliebigen Bereich gab es zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede ($p = 0,0299$). Durchschnittlich erfolgten bei den Experten 94,7 und bei den Laien 90,6 Fixationen. Die meisten fanden bei den Experten in Angle-Klasse I und bei den Laien in Angle-Klasse III statt. Im Durchschnitt erfolgten bei den Experten in den AOIs 72,3 und bei den Laien 74,3 Fixationen. Die meisten traten bei den Experten in Angle-Klasse III und bei den Laien in Angle-Klasse II:2 auf. Die Gesamtlänge der Fixierungszeit in den AOIs war abhängig von der Erfahrung, der Angle-Klasse und deren Wechselwirkung. Durchschnittlich fixierten die Laien die AOIs 17,8 Sekunden und die Experten 15,8 Sekunden, was einen signifikanten Unterschied darstellte ($p = 0,0078$). Die längste Zeit verbrachten die Probanden beider Gruppen in den AOIs der Angle-Klasse II:2. In Angle-Klasse I blickten die Experten am kürzesten auf die AOIs, während die Laien in Angle-Klasse III die AOIs am kürzesten fixierten.

Fazit: Als Pilotstudie angelegt, ist die vorliegende Arbeit noch gewissen Limitationen unterworfen. Dennoch belegen die Ergebnisse, dass es, abhängig von der Erfahrung der Betrachter und der Angle-Klasse, Unterschiede in der Perzeption gibt. Es wurde gezeigt, dass Eyetracker diesbezüglich einen objektiven Ansatz ermöglichen und Unterschiede quantifizieren können. Bezüglich des Ortes der ersten Fixation legten die Experten ihren Fokus auf die Frontzähne, während er bei den Laien auf den Seitenzähnen lag. Im Vergleich zu den Laien waren die Blickpfadlängen der Experten länger, die Anzahl an Fixationen höher und die Gesamtlänge der Fixierungszeit in den AOIs kürzer. Diese Aussagen trafen bei den Experten auch für die Angle-Klasse I und bei den Laien für die Angle-Klasse III jeweils im Vergleich mit den anderen Angle-Klassen zu. Je auffälliger die Angle-Klasse war, desto mehr zog sie die Aufmerksamkeit der Laien auf sich, und je unauffälliger die Angle-Klasse war, desto mehr zog sie die Aufmerksamkeit der Experten auf sich.

Schließlich sind weiterführende Studien nötig, um die visuelle Analyse und die kognitive Verarbeitung intensiver zu erforschen. Wiederum können die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen vielversprechend in der Lehre und darüber hinaus in einer Art Training von Studierenden der Zahnmedizin und Weiterbildungsassistenten der Kieferorthopädie eingesetzt werden.

10 Literaturverzeichnis

1. Kundel HL, La Follette PS, Jr. Visual search patterns and experience with radiological images. *Radiology*. 1972;103(3):523-528.
2. Robinson PJ. Radiology's Achilles' heel: error and variation in the interpretation of the Rontgen image. *The British journal of radiology*. 1997;70(839):1085-1098.
3. Pasler FA, Visser H. Taschenatlas der zahnärztlichen Radiologie. Stuttgart: Georg Thieme; 2003.
4. Pasler FA. Zahnärztliche Radiologie [E-Book]. Stuttgart: Georg Thieme; 2008.
5. Hofrath H. Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. *Fortschritte der Orthodontik in Theorie und Praxis*. 1931;1(2):232-258.
6. Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia: the introduction of cephalometric radiography. *The Angle orthodontist*. 1931;1(2):45-66.
7. Schopf P. Schädel- und Gebißentwicklung, Prophylaxe, kieferorthopädische Diagnostik, herausnehmbare Behandlungsgeräte. Curriculum Kieferorthopädie / Peter Schopf. 4., überarb. und erw. Aufl. ed. Berlin u.a.2008.
8. Klink-Heckmann U, Bredy E. Kieferorthopädie : mit 8 Tabellen. Studienbücher Zahnheilkunde. 3., überarb. und erw. Aufl. ed. Leipzig u.a.1990.
9. Rakosi T, Jonas I. Kieferorthopädie - Diagnostik. Farbatlant der Zahnmedizin / Hrsg: K H Rateitschak 1. Dr. ed. Stuttgart u.a.1989.
10. Kahl-Nieke B. Einführung in die Kieferorthopädie : Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie. 3., überarb. Aufl. ed. Köln2010.
11. Angle EH. Classification of Malocclusion. *The Dental cosmos*. 1899;41(3).
12. Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth. Angle's System. Seventh edition, greatly enlarged and entirely rewritten, with sixhundred and forty-one illustrations. . Philadelphia: The S.S. white dental manufacturing company; 1907.
13. Tang EL, Wei SH. Recording and measuring malocclusion: a review of the literature. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1993;103(4):344-351.
14. Jacobson A. The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *American journal of orthodontics*. 1975;67(2):125-138.
15. Hussels W, Nanda RS. Analysis of factors affecting angle ANB. *American journal of orthodontics*. 1984;85(5):411-423.
16. Jarvinen S. An analysis of the variation of the ANB angle: a statistical appraisal. *American journal of orthodontics*. 1985;87(2):144-146.
17. Oktay H. A comparison of ANB, WITS, AF-BF, and APDI measurements. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1991;99(2):122-128.
18. Rotberg S, Fried N, Kane J, Shapiro E. Predicting the "Wits" appraisal from the ANB angle. *American journal of orthodontics*. 1980;77(6):636-642.
19. Downs WB. Variations in facial relationships; their significance in treatment and prognosis. *American journal of orthodontics*. 1948;34(10):812-840.
20. Riedel RA. Esthetics and its relation to orthodontic therapy. *The Angle orthodontist*. 1950;20(3):168-178.

21. Riedel RA. The relation of maxillary structures to cranium in malocclusion and in normal occlusion. *The Angle orthodontist*. 1952;22(3):142-145.
22. Steiner CC. Cephalometrics in clinical practice. *The Angle orthodontist*. 1959;29(1):8-29.
23. Steiner CC. The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment: report of a case. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1960;46(10):721-735.
24. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *American journal of orthodontics*. 1953;39(10):729-755.
25. Beatty EJ. A modified technique for evaluating apical base relationships. *American journal of orthodontics*. 1975;68(3):303-315.
26. Bishara SE, Fahl JA, Peterson LC. Longitudinal changes in the ANB angle and Wits appraisal: clinical implications. *American journal of orthodontics*. 1983;84(2):133-139.
27. Jarvinen S. A comparison of two angular and two linear measurements used to establish sagittal apical base relationship. *European journal of orthodontics*. 1981;3(2):131-134.
28. Taylor CM. Changes in the relationship of nasion, point A, and point B and the effect upon ANB. *American journal of orthodontics*. 1969;56(2):143-163.
29. Ferrazzini G. Critical evaluation of the ANB angle. *American journal of orthodontics*. 1976;69(6):620-626.
30. Jarvinen S. Floating norms for the ANB angle as guidance for clinical considerations. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1986;90(5):383-387.
31. Chang HP. Assessment of anteroposterior jaw relationship. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1987;92(2):117-122.
32. Binder RE. The geometry of cephalometrics. *Journal of clinical orthodontics : JCO*. 1979;13(4):258-263.
33. Jacobson A. Application of the "Wits" appraisal. *American journal of orthodontics*. 1976;70(2):179-189.
34. Freeman RS. Adjusting A-N-B angles to reflect the effect of maxillary position. *The Angle orthodontist*. 1981;51(2):162-171.
35. Brown M. Eight methods of analysing a cephalogram to establish anteroposterior skeletal discrepancy. *British journal of orthodontics*. 1981;8(3):139-146.
36. Richardson M. Measurement of dental base relationship. *European journal of orthodontics*. 1982;4(4):251-256.
37. Sadat-Khonsari R, Dathe H, Knosel M, Hahn W, Kubein-Meesenburg D, Bauss O. Geometric influence of the sagittal and vertical apical base relationship on the ANB angle. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopädie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie*. 2009;70(2):152-158.
38. Kirchner J, Williams S. A comparison of five different methods for describing sagittal jaw relationship. *British journal of orthodontics*. 1993;20(1):13-17.
39. Hamdan AM, Rock WP. Cephalometric norms in an Arabic population. *Journal of orthodontics*. 2001;28(4):297-300.
40. Aldrees AM. Pattern of skeletal and dental malocclusions in Saudi orthodontic patients. *Saudi medical journal*. 2012;33(3):315-320.

41. Nanda RS. Growth changes in skeletal-facial profile and their significance in orthodontic diagnosis. *American journal of orthodontics*. 1971;59(5):501-513.
42. Chung CH, Mongiovi VD. Craniofacial growth in untreated skeletal Class I subjects with low, average, and high MP-SN angles: a longitudinal study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2003;124(6):670-678.
43. Walker GF, Kowalski CJ. The distribution of the ANB angle in "normal" individuals. *The Angle orthodontist*. 1971;41(4):332-335.
44. Jamison JE, Bishara SE, Peterson LC, DeKock WH, Kremenak CR. Longitudinal changes in the maxilla and the maxillary-mandibular relationship between 8 and 17 years of age. *American journal of orthodontics*. 1982;82(3):217-230.
45. Baik CY, Ververidou M. A new approach of assessing sagittal discrepancies: the Beta angle. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2004;126(1):100-105.
46. Robertson NR, Pearson CJ. The 'Wits' appraisal of a sample of the South Wales population. *British journal of orthodontics*. 1980;7(4):183-184.
47. Haynes S, Chau MN. The reproducibility and repeatability of the Wits analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1995;107(6):640-647.
48. Rushton R, Cohen AM, Linney AD. The relationship and reproducibility of angle ANB and the Wits appraisal. *British journal of orthodontics*. 1991;18(3):225-231.
49. Sherman SL, Woods M, Nanda RS, Currier GF. The longitudinal effects of growth on the Wits appraisal. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1988;93(5):429-436.
50. Roth R. The 'Wits' appraisal - its skeletal and dento-alveolar background. *European journal of orthodontics*. 1982;4(1):21-28.
51. Williams S, Leighton BC, Nielsen JH. Linear evaluation of the development of sagittal jaw relationship. *American journal of orthodontics*. 1985;88(3):235-241.
52. Del Santo M, Jr. Influence of occlusal plane inclination on ANB and Wits assessments of anteroposterior jaw relationships. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2006;129(5):641-648.
53. Joshi M, Wu LP, Maharjan S, Regmi MR. Sagittal lip positions in different skeletal malocclusions: a cephalometric analysis. *Progress in orthodontics*. 2015;16:8.
54. Celikoglu M, Kamak H. Patterns of third-molar agenesis in an orthodontic patient population with different skeletal malocclusions. *The Angle orthodontist*. 2012;82(1):165-169.
55. Nakawaki T, Yamaguchi T, Tomita D, Hikita Y, Adel M, Katayama K, et al. Evaluation of mandibular volume classified by vertical skeletal dimensions with cone-beam computed tomography. *The Angle orthodontist*. 2016;86(6):949-954.

56. Auconi P, Caldarelli G, Scala A, Ierardo G, Polimeni A. A network approach to orthodontic diagnosis. *Orthodontics & craniofacial research*. 2011;14(4):189-197.
57. Nanda RS, Merrill RM. Cephalometric assessment of sagittal relationship between maxilla and mandible. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 1994;105(4):328-344.
58. Hurmerinta K, Rahkamo A, Haavikko K. Comparison between cephalometric classification methods for sagittal jaw relationships. *European journal of oral sciences*. 1997;105(3):221-227.
59. Iwasaki H, Ishikawa H, Chowdhury L, Nakamura S, Iida J. Properties of the ANB angle and the Wits appraisal in the skeletal estimation of Angle's Class III patients. *European journal of orthodontics*. 2002;24(5):477-483.
60. Jacobson A. Update on the Wits appraisal. *The Angle orthodontist*. 1988;58(3):205-219.
61. Holmqvist K, Nyström M, Andersson R, Dewhurst R, Jarodzka H, van de Weijer J. *Eye Tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. New York, NY: Oxford University Press; 2011.
62. Noton D, Stark L. Eye movements and visual perception. *Scientific American*. 1971;224(6):34-43.
63. Young LR, Sheena D. Survey of eye movement recording methods. *Behavior research methods & instrumentation*. 1975;7(5):397-429.
64. Martinez-Conde S, Macknik SL, Hubel DH. The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature reviews neuroscience*. 2004;5(3):229.
65. Joos M, Rötting M, Velichkovsky BM. Die Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden, innovative Anwendungen. *Handbuch der Psycholinguistik*. 2003;1.
66. Huey EB. Preliminary experiments in the physiology and psychology of reading. *American Journal of Psychology*. 1898;9:575-586.
67. Dodge R, Cline TS. The angular velocity of eye movements. *Psychological Review*. 1901;8:145-157.
68. Wade NJ, Tatler B. *The moving tablet of the eye : the origins of modern eye movement research*. New York, NY: Oxford University Press; 2005 [cited wade2005moving. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198566175.001.0001>].
69. Yarbus AL. *Eye movements and vision*. New York, NY: Springer; 1967.
70. Gneo M, Schmid M, Conforto S, D'Alessio T. A free geometry model-independent neural eye-gaze tracking system. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2012;9:82.
71. Yang G-Z, Dempere-Marco L, Hu X-P, Rowe A. Visual search: psychophysical models and practical applications. *Image and vision computing*. 2002;20(4):291-305.
72. Lisberger SG. Postsaccadic enhancement of initiation of smooth pursuit eye movements in monkeys. *Journal of Neurophysiology*. 1998;79(4):1918-1930.
73. Bhatt S, Agrali A, McCarthy K, Suri R, Ayaz H. *Web Usability Testing With Concurrent fNIRS and Eye Tracking*. *Neuroergonomics: Elsevier*; 2019. p. 181-186.
74. Schriver AT, Morrow DG, Wickens CD, Talleur DA. Expertise differences in attentional strategies related to pilot decision making. *Human factors*. 2008;50(6):864-878.

75. Kinney L, O'Hare D. Responding to an Unexpected In-Flight Event: Physiological Arousal, Information Processing, and Performance. *Human factors*. 2019;18720819854830.
76. Scialfa CT, McPhee L, Ho G, editors. The effects of a simulated cellular phone conversation on search for traffic signs in an elderly sample. *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*; 2000: ACM.
77. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Siedlecka J, Kosobudzki M, Dania M, Szymczak W, et al. Analysis of bus drivers reaction to simulated traffic collision situations-eye-tracking studies. 2019.
78. Tock D, Craw I. Tracking and measuring drivers' eyes. *Image and Vision Computing*. 1996;14(8):541-547.
79. Makrushin A, Dittmann IJ, Jassim S. Visual recognition systems in a car passenger compartment with the focus on facial driver identification: *Universitätsbibliothek*; 2014.
80. Bissoli A, Lavino-Junior D, Sime M, Encarnação L, Bastos-Filho T. A Human–Machine Interface Based on Eye Tracking for Controlling and Monitoring a Smart Home Using the Internet of Things. *Sensors*. 2019;19(4):859.
81. Meena YK, Cecotti H, Wong-Lin K, Prasad G. Design and evaluation of a time adaptive multimodal virtual keyboard. *Journal on Multimodal User Interfaces*. 2019:1-19.
82. Wang J, Antonenko P, Celepkolu M, Jimenez Y, Fieldman E, Fieldman A. Exploring Relationships Between Eye Tracking and Traditional Usability Testing Data. *International Journal of Human–Computer Interaction*. 2019;35(6):483-494.
83. Kundel HL, Nodine CF, Carmody D. Visual scanning, pattern recognition and decision-making in pulmonary nodule detection. *Investigative radiology*. 1978;13(3):175-181.
84. Beard DV, Johnston RE, Toki O, Wilcox C. A study of radiologists viewing multiple computed tomography examinations using an eyetracking device. *Journal of digital imaging*. 1990;3(4):230-237.
85. Timberg P, Lang K, Nystrom M, Holmqvist K, Wagner P, Fornvik D, et al. Investigation of viewing procedures for interpretation of breast tomosynthesis image volumes: a detection-task study with eye tracking. *European radiology*. 2013;23(4):997-1005.
86. Alamudun F, Yoon HJ, Hudson KB, Morin-Ducote G, Hammond T, Tourassi GD. Fractal analysis of visual search activity for mass detection during mammographic screening. *Medical physics*. 2017;44(3):832-846.
87. Matsumoto H, Terao Y, Yugeta A, Fukuda H, Emoto M, Furubayashi T, et al. Where do neurologists look when viewing brain CT images? An eye-tracking study involving stroke cases. *PloS one*. 2011;6(12):e28928.
88. Phillips P, Boone D, Mallett S, Taylor SA, Altman DG, Manning D, et al. Method for tracking eye gaze during interpretation of endoluminal 3D CT colonography: technical description and proposed metrics for analysis. *Radiology*. 2013;267(3):924-931.
89. Helbren E, Halligan S, Phillips P, Boone D, Fanshawe TR, Taylor SA, et al. Towards a framework for analysis of eye-tracking studies in the three dimensional environment: a study of visual search by experienced readers of endoluminal CT colonography. *The British journal of radiology*. 2014;87(1037):20130614.

90. Degnan AJ, Ghobadi EH, Hardy P, Krupinski E, Scali EP, Stratchko L, et al. Perceptual and Interpretive Error in Diagnostic Radiology-Causes and Potential Solutions. *Academic radiology*. 2019;26(6):833-845.
91. Venjakob AC, Marnitz T, Phillips P, Mello-Thoms CR. Image Size Influences Visual Search and Perception of Hemorrhages When Reading Cranial CT: An Eye-Tracking Study. *Human factors*. 2016;58(3):441-451.
92. Manning D, Ethell S, Donovan T, Crawford T. How do radiologists do it? The influence of experience and training on searching for chest nodules. *Radiography*. 2006;12(2):134-142.
93. Krupinski EA. Visual scanning patterns of radiologists searching mammograms. *Academic radiology*. 1996;3(2):137-144.
94. Gandomkar Z, Tay K, Brennan PC, Mello-Thoms C. Recurrence quantification analysis of radiologists' scanpaths when interpreting mammograms. *Medical physics*. 2018;45(7):3052-3062.
95. Assaf D, Amar E, Marwan N, Neuman Y, Salai M, Rath E. Dynamic Patterns of Expertise: The Case of Orthopedic Medical Diagnosis. *PLoS one*. 2016;11(7):e0158820.
96. Hanley J, Warren D, Glass N, Tranel D, Karam M, Buckwalter J. Visual Interpretation of Plain Radiographs in Orthopaedics Using Eye-Tracking Technology. *The Iowa orthopaedic journal*. 2017;37:225-231.
97. Crowe EM, Gilchrist ID, Kent C. New approaches to the analysis of eye movement behaviour across expertise while viewing brain MRIs. *Cognitive research: principles and implications*. 2018;3(1):12.
98. Mallett S, Phillips P, Fanshawe TR, Helbren E, Boone D, Gale A, et al. Tracking eye gaze during interpretation of endoluminal three-dimensional CT colonography: visual perception of experienced and inexperienced readers. *Radiology*. 2014;273(3):783-792.
99. Bertram R, Kaakinen J, Bensch F, Helle L, Lantto E, Niemi P, et al. Eye Movements of Radiologists Reflect Expertise in CT Study Interpretation: A Potential Tool to Measure Resident Development. *Radiology*. 2016;281(3):805-815.
100. Giovinco NA, Sutton SM, Miller JD, Rankin TM, Gonzalez GW, Najafi B, et al. A passing glance? Differences in eye tracking and gaze patterns between trainees and experts reading plain film bunion radiographs. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2015;54(3):382-391.
101. Kok EM, Jarodzka H, de Bruin AB, BinAmir HA, Robben SG, van Merriënboer JJ. Systematic viewing in radiology: seeing more, missing less? *Advances in health sciences education : theory and practice*. 2016;21(1):189-205.
102. Kammerer S, Schülke C, Leclair MD, Schwindt W, Velasco Gonzalez A, Zoubi T, et al. Impact of Working Experience on Image Perception and Image Evaluation Approaches in Stroke Imaging: Results of an Eye-Tracking Study. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin*. 2019;191(9):836-844.
103. Brams S, Ziv G, Hooge ITC, Levin O, De Brouwere T, Verschakelen J, et al. Focal lung pathology detection in radiology: Is there an effect of experience on visual search behavior? *Attention, perception & psychophysics*. 2020;82(6):2837-2850.
104. Kelly BS, Rainford LA, Darcy SP, Kavanagh EC, Toomey RJ. The Development of Expertise in Radiology: In Chest Radiograph Interpretation, "Expert" Search

- Pattern May Predate "Expert" Levels of Diagnostic Accuracy for Pneumothorax Identification. *Radiology*. 2016;280(1):252-260.
105. Nakashima R, Kobayashi K, Maeda E, Yoshikawa T, Yokosawa K. Visual search of experts in medical image reading: the effect of training, target prevalence, and expert knowledge. *Frontiers in psychology*. 2013;4:166.
 106. Littlefair S, Brennan P, Reed W, Mello-Thoms C. Does Expectation of Abnormality Affect the Search Pattern of Radiologists When Looking for Pulmonary Nodules? *Journal of digital imaging*. 2017;30(1):55-62.
 107. Hanna TN, Zygmunt ME, Peterson R, Theriot D, Shekhani H, Johnson JO, et al. The Effects of Fatigue From Overnight Shifts on Radiology Search Patterns and Diagnostic Performance. *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2018;15(12):1709-1716.
 108. Waite S, Kolla S, Jeudy J, Legasto A, Macknik SL, Martinez-Conde S, et al. Tired in the Reading Room: The Influence of Fatigue in Radiology. *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2017;14(2):191-197.
 109. Brunye TT, Mercan E, Weaver DL, Elmore JG. Accuracy is in the eyes of the pathologist: The visual interpretive process and diagnostic accuracy with digital whole slide images. *Journal of biomedical informatics*. 2017;66:171-179.
 110. Brunye TT, Carney PA, Allison KH, Shapiro LG, Weaver DL, Elmore JG. Eye movements as an index of pathologist visual expertise: a pilot study. *PloS one*. 2014;9(8):e103447.
 111. Mukherjee M, Donnelly A, Rose B, Warren DE, Lyden E, Chantziantoniou N, et al. Eye tracking in cytotechnology education: "visualizing" students becoming experts. *Journal of the American Society of Cytopathology*. 2019.
 112. Krupinski EA, Tillack AA, Richter L, Henderson JT, Bhattacharyya AK, Scott KM, et al. Eye-movement study and human performance using telepathology virtual slides: implications for medical education and differences with experience. *Human pathology*. 2006;37(12):1543-1556.
 113. van Geel K, Kok EM, Dijkstra J, Robben SG, van Merriënboer JJ. Teaching Systematic Viewing to Final-Year Medical Students Improves Systematicity but Not Coverage or Detection of Radiologic Abnormalities. *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2017;14(2):235-241.
 114. McLaughlin L, Woznitza N, Cairns A, McFadden SL, Bond R, Hughes CM, et al. Digital training platform for interpreting radiographic images of the chest. *Radiography (London, England : 1995)*. 2018;24(2):159-164.
 115. Lami M, Singh H, Dilley JH, Ashraf H, Edmondson M, Orihuela-Espina F, et al. Gaze patterns hold key to unlocking successful search strategies and increasing polyp detection rate in colonoscopy. *Endoscopy*. 2018;50(7):701-707.
 116. He W, Bryns S, Kroeker K, Basu A, Birch D, Zheng B. Eye gaze of endoscopists during simulated colonoscopy. *Journal of robotic surgery*. 2019.
 117. Brunye TT, Nallamothu BK, Elmore JG. Eye-tracking for assessing medical image interpretation: A pilot feasibility study comparing novice vs expert cardiologists. *Perspectives on medical education*. 2019;8(2):65-73.
 118. Rangrej SB, Sivaswamy J, Srivastava P. Scan, dwell, decide: Strategies for detecting abnormalities in diabetic retinopathy. *PloS one*. 2018;13(11):e0207086.
 119. Hermens F, Flin R, Ahmed I. Eye movements in surgery: A literature review. 2013.

120. Khan RS, Tien G, Atkins MS, Zheng B, Panton ON, Meneghetti AT. Analysis of eye gaze: do novice surgeons look at the same location as expert surgeons during a laparoscopic operation? *Surgical endoscopy*. 2012;26(12):3536-3540.
121. Tien T, Pucher PH, Sodergren MH, Sriskandarajah K, Yang GZ, Darzi A. Eye tracking for skills assessment and training: a systematic review. *The Journal of surgical research*. 2014;191(1):169-178.
122. Richstone L, Schwartz MJ, Seideman C, Cadeddu J, Marshall S, Kavoussi LR. Eye metrics as an objective assessment of surgical skill. *Annals of surgery*. 2010;252(1):177-182.
123. Borg LK, Harrison TK, Kou A, Mariano ER, Udani AD, Kim TE, et al. Preliminary Experience Using Eye-Tracking Technology to Differentiate Novice and Expert Image Interpretation for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2018;37(2):329-336.
124. Browning M, Cooper S, Cant R, Sparkes L, Bogossian F, Williams B, et al. The use and limits of eye-tracking in high-fidelity clinical scenarios: A pilot study. *International emergency nursing*. 2016;25:43-47.
125. O'Meara P, Munro G, Williams B, Cooper S, Bogossian F, Ross L, et al. Developing situation awareness amongst nursing and paramedicine students utilizing eye tracking technology and video debriefing techniques: a proof of concept paper. *International emergency nursing*. 2015;23(2):94-99.
126. Sibbald M, de Bruin AB, Yu E, van Merrienboer JJ. Why verifying diagnostic decisions with a checklist can help: insights from eye tracking. *Advances in health sciences education : theory and practice*. 2015;20(4):1053-1060.
127. Szulewski A, Howes D. Combining first-person video and gaze-tracking in medical simulation: a technical feasibility study. *TheScientificWorldJournal*. 2014;2014:975752.
128. Law BHY, Cheung PY, Wagner M, van Os S, Zheng B, Schmolzer G. Analysis of neonatal resuscitation using eye tracking: a pilot study. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition*. 2018;103(1):F82-f84.
129. McNaughten B, Hart C, Gallagher S, Junk C, Coulter P, Thompson A, et al. Clinicians' gaze behaviour in simulated paediatric emergencies. *Archives of disease in childhood*. 2018;103(12):1146-1149.
130. Schulz CM, Schneider E, Kohlbecher S, Hapfelmeier A, Heuser F, Wagner KJ, et al. The influence of anaesthetists' experience on workload, performance and visual attention during simulated critical incidents. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2014;28(5):475-480.
131. Wells TT, Clerkin EM, Ellis AJ, Beevers CG. Effect of antidepressant medication use on emotional information processing in major depression. *The American journal of psychiatry*. 2014;171(2):195-200.
132. Reilly JL, Lencer R, Bishop JR, Keedy S, Sweeney JA. Pharmacological treatment effects on eye movement control. *Brain and cognition*. 2008;68(3):415-435.
133. Fant RV, Heishman SJ, Bunker EB, Pickworth WB. Acute and residual effects of marijuana in humans. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 1998;60(4):777-784.
134. Mrochen M, Eldine MS, Kaemmerer M, Seiler T, Hütz W. Improvement in photorefractive corneal laser surgery results using an active eye-tracking system. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2001;27(7):1000-1006.

135. Mall S, Brennan PC, Mello-Thoms C. Modeling visual search behavior of breast radiologists using a deep convolution neural network. *Journal of medical imaging (Bellingham, Wash)*. 2018;5(3):035502.
136. Mall S, Brennan PC, Mello-Thoms C. Can a Machine Learn from Radiologists' Visual Search Behaviour and Their Interpretation of Mammograms-a Deep-Learning Study. *Journal of digital imaging*. 2019;32(5):746-760.
137. Tourassi G, Voisin S, Paquit V, Krupinski E. Investigating the link between radiologists' gaze, diagnostic decision, and image content. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*. 2013;20(6):1067-1075.
138. Wen G, Aizenman A, Drew T, Wolfe JM, Haygood TM, Markey MK. Computational assessment of visual search strategies in volumetric medical images. *Journal of medical imaging (Bellingham, Wash)*. 2016;3(1):015501.
139. McLaughlin L, Bond R, Hughes C, McConnell J, McFadden S. Computing eye gaze metrics for the automatic assessment of radiographer performance during X-ray image interpretation. *International journal of medical informatics*. 2017;105:11-21.
140. Meyer-Marcotty P, Gerdes AB, Stellzig-Eisenhauer A, Alpers GW. Visual face perception of adults with unilateral cleft lip and palate in comparison to controls-an eye-tracking study. *The Cleft palate-craniofacial journal : official publication of the American Cleft Palate-Craniofacial Association*. 2011;48(2):210-216.
141. Boonipat T, Brazile TL, Darwish OA, Montana P, Fleming KK, Stotland MA. Measuring visual attention to faces with cleft deformity. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*. 2019;72(6):982-989.
142. Warne CN, Hallac RR, Kane AA, Derderian CA, Seaward JR. Eye Tracking as a Proxy for Perceptual Evaluation of Repaired Cleft Lip. *The Journal of craniofacial surgery*. 2019;30(2):395-399.
143. Dindaroglu F, Dogan S, Amado S, Dogan E. Visual perception of faces with unilateral and bilateral cleft lip and palate: An Eye-Tracking Study. *Orthodontics & craniofacial research*. 2017;20(1):44-54.
144. Fuchs MS. Die visuelle Wahrnehmung von erwachsenen Patienten mit einer ausgeprägten Dysgnathie im Vergleich zu Erwachsenen ohne dysgnathe Anomalie: Eine Eye-Tracking Studie. 2011.
145. Quast A, Waschkau J, Sapschak J, Daratsianos N, Jordan K, Fromberger P, et al. Facial perception of infants with cleft lip and palate with/without the NAM appliance. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopädie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie*. 2018;79(6):380-388.
146. Meyer-Marcotty P, Gerdes AB, Reuther T, Stellzig-Eisenhauer A, Alpers GW. Persons with cleft lip and palate are looked at differently. *Journal of dental research*. 2010;89(4):400-404.
147. Meyer-Marcotty P, Alpers GW, Gerdes AB, Stellzig-Eisenhauer A. How others perceive orthognathic patients: an eye-tracking study. *World journal of orthodontics*. 2010;11(2):153-159.
148. Huang P, Cai B, Zhou C, Wang W, Wang X, Gao D, et al. Contribution of the mandible position to the facial profile perception of a female facial profile: An eye-tracking study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2019;156(5):641-652.
149. Richards MR, Fields HW, Jr., Beck FM, Firestone AR, Walther DB, Rosenstiel S, et al. Contribution of malocclusion and female facial attractiveness to smile

- esthetics evaluated by eye tracking. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2015;147(4):472-482.
150. Baker RS, Fields HW, Jr., Beck FM, Firestone AR, Rosenstiel SF. Objective assessment of the contribution of dental esthetics and facial attractiveness in men via eye tracking. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2018;153(4):523-533.
151. Leandro de Oliveira W, Saga AY, Ignacio SA, Rodrigues Justino EJ, Tanaka OM. Comparative study between different groups of esthetic component of the Index of Orthodontic Treatment Need and eye tracking. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2019;156(1):67-74.
152. Wang X, Cai B, Cao Y, Zhou C, Yang L, Liu R, et al. Objective method for evaluating orthodontic treatment from the lay perspective: An eye-tracking study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2016;150(4):601-610.
153. Johnson EK, Fields HW, Jr., Beck FM, Firestone AR, Rosenstiel SF. Role of facial attractiveness in patients with slight-to-borderline treatment need according to the Aesthetic Component of the Index of Orthodontic Treatment Need as judged by eye tracking. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2017;151(2):297-310.
154. Miyoshi CS, Rached RN, Meira TM, Allahham A, Saga AY, Tanaka OM. The Eye-Tracking Study of the Impact of the Gingival Margin Height of Maxillary Lateral Incisors. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2020;40(2):261-270.
155. Tanaka O, Vitral RWF, Miyoshi CS, Meira TM, Camargo ES, Pithon MM. Laypeople's and dental students' perceptions of a diastema between central and lateral incisors: Evaluation using scanpaths and colour-coded maps. *Orthodontics & craniofacial research*. 2020.
156. Hickman L, Firestone AR, Beck FM, Speer S. Eye fixations when viewing faces. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2010;141(1):40-46.
157. Kim SH, Hwang S, Hong YJ, Kim JJ, Kim KH, Chung CJ. Visual attention during the evaluation of facial attractiveness is influenced by facial angles and smile. *The Angle orthodontist*. 2018;88(3):329-337.
158. Dindaroglu F, Dogan S, Yalcin A, Turkan N, Yuvruk E. How are faces with increased and decreased lower facial height perceived visually? *International journal of computerized dentistry*. 2017;20(4):393-407.
159. Huynh PP, Ishii M, Juarez M, Liao D, Darrach HM, Fung N, et al. Normal Gaze Patterns of the Face in Lateral View. *Facial plastic surgery & aesthetic medicine*. 2020;22(2):80-85.
160. Forsch M, Krull L, Hechtner M, Rahimi R, Wriedt S, Wehrbein H, et al. Perception of esthetic orthodontic appliances: An eye tracking and cross-sectional study. *The Angle orthodontist*. 2019.

161. Thai JK, Araujo E, McCray J, Schneider PP, Kim KB. Esthetic perception of clear aligner therapy attachments using eye-tracking technology. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2020;158(3):400-409.
162. Suwa K, Furukawa A, Matsumoto T, Yosue T. Analyzing the eye movement of dentists during their reading of CT images. *Odontology*. 2001;89(1):54-61.
163. Turgeon DP, Lam EW. Influence of Experience and Training on Dental Students' Examination Performance Regarding Panoramic Images. *Journal of dental education*. 2016;80(2):156-164.
164. Hermanson BP, Burgdorf GC, Hatton JF, Speegle DM, Woodmansey KF. Visual Fixation and Scan Patterns of Dentists Viewing Dental Periapical Radiographs: An Eye Tracking Pilot Study. *Journal of endodontics*. 2018;44(5):722-727.
165. Burgdorf G. *Periapical Image Scanning Between Levels of Expertise: An Eye-Tracking Study*: Saint Louis University; 2017.
166. Botelho MG, Ekambaram M, Bhuyan SY, Yeung AWK, Tanaka R, Bornstein MM, et al. A comparison of visual identification of dental radiographic and nonradiographic images using eye tracking technology. *Clinical and experimental dental research*. 2020;6(1):59-68.
167. Bahaziq A, Jadu FM, Jan AM, Baghdady M, Feteih RM. A Comparative Study of the Examination Pattern of Panoramic Radiographs Using Eye-tracking Software. *The journal of contemporary dental practice*. 2019;20(12):1436-1441.
168. Hessels RS, Kemner C, van den Boomen C, Hooge IT. The area-of-interest problem in eyetracking research: A noise-robust solution for face and sparse stimuli. *Behavior research methods*. 2016;48(4):1694-1712.

11 Anhang

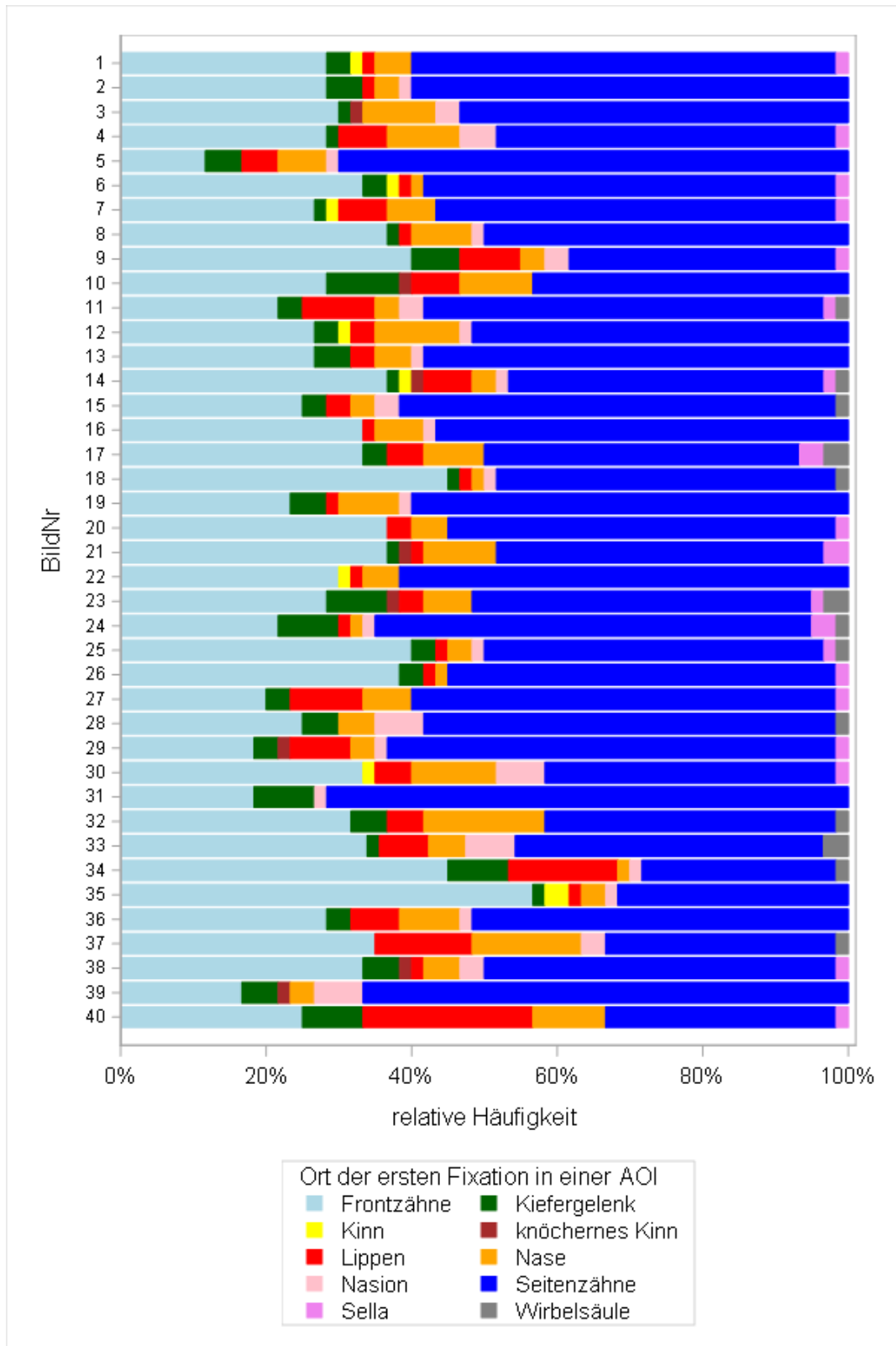


Abb. 11-1 Ort der ersten Fixation in einer AOI für alle Probanden. Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

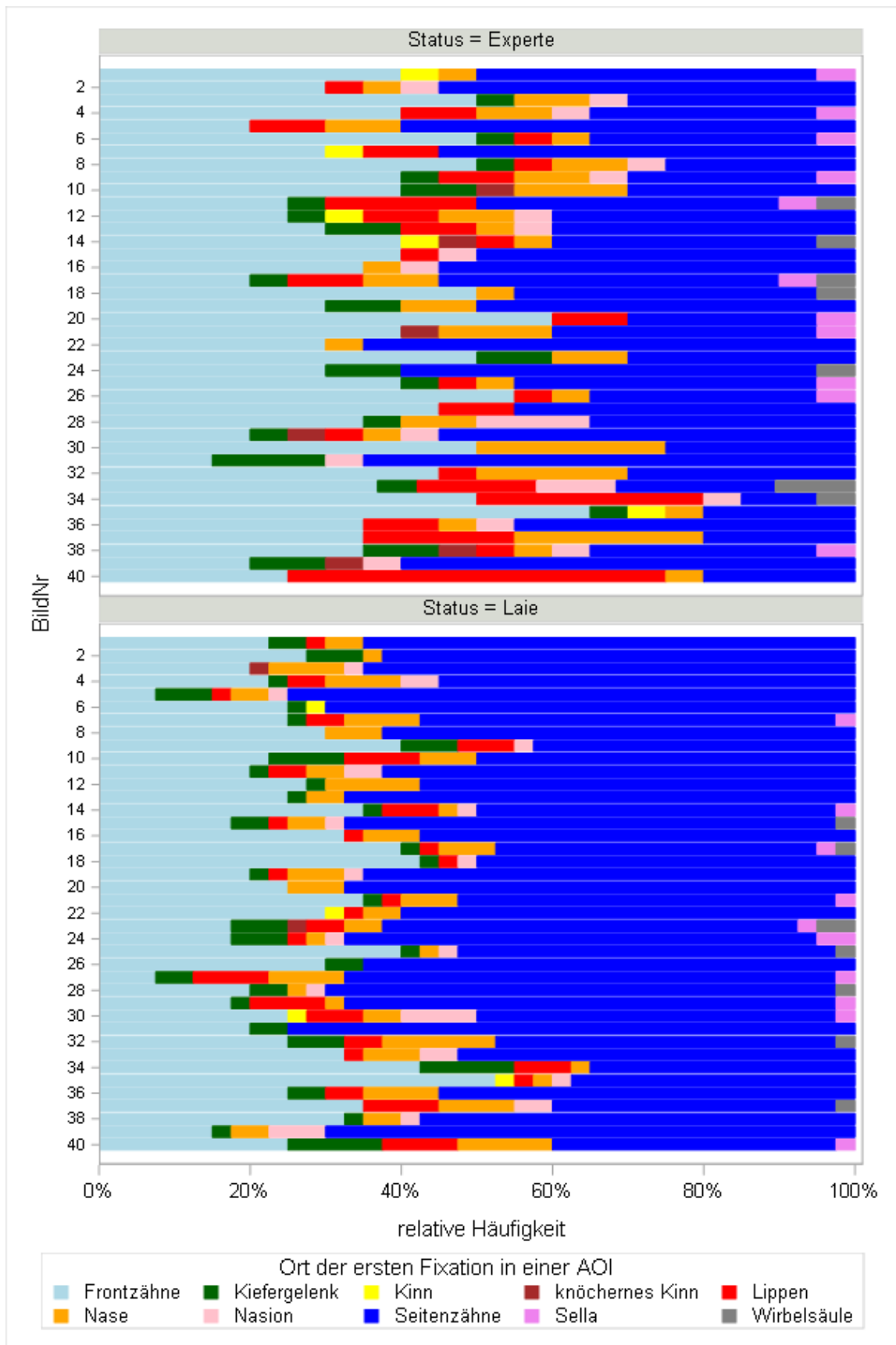


Abb. 11-2 Ort der ersten Fixation in einer AOI. Vergleich zwischen Experten und Laien. Bildnummer 1–10 stehen für Angle-Klasse I, 11–20 für Angle-Klasse II:1, 21–30 für Angle-Klasse II:2 und 31–40 für Angle-Klasse III

12 Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau PD Dr. med. dent. Christina Erbe für die Überlassung des Dissertationsthemas, die engagierte, freundliche Betreuung und umfassende Unterstützung während dieser Arbeit.

Frau Dr. rer. nat. Irene Schmidtman vom IMBEI danke ich sehr für die statistische Beratung, die Ratschläge und die Bereitschaft, sich in die Materie einzuarbeiten.

Bedanken möchte ich mich auch bei Dr. med. dent. Wiebke Sewald für die Hilfe bei der Suche nach geeignetem Bildmaterial.

Ich danke zudem der Poliklinik für Kieferorthopädie für das Bereitstellen des Forschungsraumes und für das Überlassen der Forschungsmaterialien.

Frau PD Dr. med. dent. Ehlers danke ich für die Bereitschaft als Zweitgutachterin zu fungieren.

Mein ganz persönlicher Dank gilt meiner wundervollen Familie für ihre immerwährende Unterstützung und Liebe.

Mit viel Verständnis, Geduld und Hilfsbereitschaft hat mich mein Mann durch die Zeit des Studiums und während dieser Arbeit begleitet. Ich bedanke mich von Herzen für diese Fürsorge.

Mainz, 2021

Minje Frederking