

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
an der Martin – Luther – Universität Halle – Wittenberg
Direktor: Univ. – Prof. Dr. Dr. J. Schubert



**Zur Frage der Detailerkennung zahnärztlicher Röntgenaufnahmen
in Abhängigkeit von der Leuchtdichte zahnärztlicher
Bildbetrachtungsgeräte**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Zahnmedizin (Dr. med.dent.)

vorgelegt
der Medizinischen Fakultät
der Martin – Luther – Universität Halle – Wittenberg

von Stefan Kellner
geboren am 05.02.1973 in Halle/Saale

Gutachter: Prof. Dr. Dr. Päßler (Dresden)
Prof. Dr. Jonas (Freiburg i. Br.)
Prof. Dr. Dr. Spens (Halle/Saale)

Eröffnungsdatum des Promotionsverfahrens : 04.09.2001
Datum der öffentlichen Verteidigung : 18.03.2002

urn:nbn:de:gbv:3-000003363

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000003363>]

Referat und bibliographische Beschreibung

In den Normenreihen DIN 54116 sowie DIN 6856 Teil I und Teil II sind die Anforderungen an die Betrachtung und Befundung von Röntgenaufnahmen festgeschrieben.

Die für die allgemeine medizinische Röntgendiagnostik seit 1995 gültige DIN 6856 weist eine Reihe von Anforderungen auf, die der geltenden DIN 67505 sowie der Arbeit in der zahnärztlichen Praxis entgegenwirken.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welche Faktoren zu dieser Diskrepanz zur gültigen DIN 6856 führen konnten und in welcher Form diese Vorschrift in der Zahnmedizin ihre Anwendung finden kann.

Dazu wurden intraorale Zahnfilm- und Panoramaschichtaufnahmen zur Untersuchung verwendet.

Untersucht wurde die Detailerkennbarkeit in Korrelation zur Raumbeleuchtung, zur Leuchtdichte sowie zu zusätzlichen Randbedingungen, wie Objekteinblendung und Kontrastumfang der Röntgenbilder.

Die intraoralen Zahnfilm- und Panoramaschichtaufnahmen mit jeweils unterschiedlichem Kontrastumfang sind von unabhängigen Untersuchern auf die Detailerkennbarkeit an skalierten Röntgenbildbetrachtern überprüft worden.

Als Detail ist in beiden Filmgruppen die Parodontalspalte genutzt worden. Hierbei traten in der Erkennbarkeit bei niederen und hohen Leuchtdichten Maxima auf.

Zusätzlich ist der Mandibularkanal in den Panoramaschichtaufnahmen untersucht worden, hier stellte sich ein nahezu linearer Anstieg der Erkennbarkeit dar.

Es konnte einzig und allein in der Untersuchergruppe ein signifikanter Unterschied in der Detailerkennung festgestellt werden, das heißt, daß die größte Variabilität bei der Befundung beim Betrachter selbst liegt.

Auf Grund der Ergebnisse wurde vom Normungsausschuß Dental entschieden, daß die DIN 6856 Teil 1 und Teil 2 für die Belange der zahnärztlichen Röntgendiagnostik keine Anwendung finden kann.

Kellner, Stefan: „Zur Frage der Detailerkennung zahnärztlicher Röntgenaufnahmen in Abhängigkeit von der Leuchtdichte zahnärztlicher Bildbetrachtungsgeräte“. Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 60 Seiten, 2001

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Zielstellung	1
2. Theoretische Grundlagen	3
3. Methodik und Material	6
4. Ergebnisse	19
4.1. Untersuchungsergebnisse	19
4.2. Statistische Sicherung der Untersuchungsergebnisse	36
4.2.1. Methodik der statistischen Sicherung	36
4.2.2. Statistische Sicherung durch die Pillai – Spur	37
5. Diskussion	42
6. Schlußfolgerung	48
7. Zusammenfassung	51
8. Literaturverzeichnis	54
9. Thesen der Dissertation	58

Abkürzungen und Symbole

Abb.	Abbildung
ca.	cirka
DIN	Deutsches Institut für Normung
d.V.	der Verfasser
e.V.	eingetragener Verein
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Ktrast	Kontrast
Ldichte	Leuchtdichte
LOK	Lokalisation entspricht Detail
M	Mandibularkanal
max.	Maximum
min.	Minimum
OPG	Orthopantomographie entspricht Panoramenschichtaufnahme
o. Grenze	obere Grenze
P	Parodontalspalte
TÜV	Technischer Überwachungsverein
U	Untersucher
u. Grenze	untere Grenze
Unter.	Untersucher
V	Parodontalspalte im intraoralen Zahnenfilm

1. Einleitung und Zielstellung

Die Aussagekraft von Röntgendurchsichtsbildern für die Befundung und Diagnostik korreliert neben der Qualität des Röntgenbildes vor allem auch mit den Bedingungen, die bei der Betrachtung in der zahnärztlichen Praxis vorliegen.

Wird die Qualität der Röntgenaufnahmen in erster Linie durch Veränderungen am System Röntgengerät, des Auflösungsvermögens von Filmen und/oder von Film-Verstärkerfolien, der Filmverarbeitung sowie durch Benutzung verschiedener Kassetten-Folien-Film-Kombinationen beeinflußt, so ergeben sich für die Bildbetrachtungsbedingungen noch andere Einflüsse.

Die objektivierbaren Einflüsse auf die Bedingungen der Röntgendiftersichtsbildbetrachtung sind neben der Leuchtdichte, der Farbe des verwendeten Lichtes und der homogenen Ausleuchtung des Röntgenbildbetrachtungsgerätes auch die Einblendung auf die zu untersuchenden Strukturen. Nicht zu unterschätzen ist auch der Einfluß der Umgebungs- oder Raumbeleuchtung auf die Betrachtungsbedingungen.

Die subjektiven Einflüsse, die Auswirkungen auf die Bedingungen der Röntgenbildbetrachtung haben, sind neben dem Visus des Untersuchers auch seine fachliche Kompetenz sowie seine diagnostische Routine.

Konsequenterweise müssen die Betrachtungsbedingungen sowie die dafür genutzten Geräte, als auch jene die zur Übertragung von Bildinformationen dienen, Mindestanforderungen erfüllen.

In den Normenreihen DIN 54116 „Betrachtungsgeräte und -bedingungen für technische Röntgenbilder“ sowie DIN 6856 „Bildbetrachtungsgeräte und -bedingungen“ Teil 1: „Anforderungen bei der Betrachtung und Befundung von Durchsichtsbildern in der medizinischen Diagnostik“ und Teil 2: „Qualitätssichernde Maßnahmen, Prüfverfahren, Meßgeräte“ (1995) des „Deutschen Instituts für Normung e.V.“ sind diese Mindestanforderungen für die Bildbefundung und -diagnostik festgehalten und betreffen die Helligkeit, die homogene Ausleuchtung und die Leuchtdichte der

Betrachtungseinrichtung, die Licht- und Leuchtfarbe, die Verschmutzung, die Einblendbarkeit sowie die Alterung von Leuchtstoffröhren.

Zielstellung dieser Arbeit ist die Frage nach der Detailerkennbarkeit in zahnärztlichen Röntgenaufnahmen in Korrelation von Leuchtdichte an zahnärztlichen Bildbetrachtungsgeräten und Raumbeleuchtung. Außerdem sollte herausgefunden werden, ob bei zahnärztlichen Röntgendiffersichtsaufnahmen ein unterschiedlicher Kontrastumfang einen signifikanten Unterschied in der Detailerkennbarkeit hervorruft. Im Zusammenhang mit der Arbeit des Normenausschusses Dental im DIN – Deutsches Institut für Normung e.V. sollte in dieser Arbeit der Frage nachgegangen werden, ob die für die allgemeine medizinische Radiologie geltende Normvorschrift DIN 6856 Teil I und Teil II auch für die Belange der zahnärztlichen Röntgendiagnostik ihre Anwendung finden sollte.

2. Theoretische Grundlagen

Als Leitfaden für diese Arbeit nutzten wir die Vorschrift des Instituts für Normung mit der Überschrift „Bildbetrachtungsgeräte und -bedingungen“, welche unter dem Kürzel DIN 6856 (1995) geführt wird.

In der DIN 6856 Teil 1 und Teil 2 sind folgende Schwerpunkte von Bedeutung

- die Leuchtdichte,
- die Einblendung der Betrachtungsfläche,
- die Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung,
- die Farbe des Lichtes,
- die Verschmutzung des Betrachtungsapparates sowie
- die Alterung von Leuchtstoffröhren.

Die Einheit der Leuchtdichte wird definiert als Quotient aus der Lichtstärke in Candela (cd) und der in einer Richtung durchstrahlten Fläche (m^2).

An Bildbetrachtungsgeräten soll die Leuchtdichte zwischen 1.700 und 3.000 cd/ m^2 betragen, wobei der kleinere Wert als untere Grenze für nicht regelbare Betrachtungsgeräte gilt. Sind die Werte für die Leuchtdichte der Betrachtungsgeräte gleich der oberen Grenze oder höher, ist eine Regulierbarkeit auf mindestens 2.000 cd/ m^2 vorgeschrieben. Dies gilt für Durchsichtsbilder, die eine mittlere optische Dichte (D) von $1,3 \pm 0,2$ und einen Bildumfang von $0,3 < D < 2,9$ aufweisen. Des weiteren schreibt die DIN 6856 vor, daß der diagnostisch wichtige Teil des Bildes im Bereich zwischen 0,6 und 2,2 liegen soll.

Der Einsatz von Grelleuchten wird für die Erkennung kleinerer Kontraste in optischen Dichten größer 2,2 empfohlen. Bei diesen soll die Leuchtdichte 10.000 cd/ m^2 betragen. Liegt die Leuchtdichte an der Irisleuchte über 20.000 cd/ m^2 , muß auch hier eine Regulierbarkeit möglich sein, so daß die Leuchtdichte auf 10.000 cd/ m^2 abgesenkt werden kann.

Zusätzlich ist noch festzustellen, daß die Leuchtdichte hinter dem Röntgenbild im mittleren Bereich der Dichte ca. 100 cd/ m^2 betragen soll.

Die gleichmäßige Ausleuchtung des Bildbetrachtungsschirmes soll durch den Einsatz von Leuchtstoffröhren gleichen Typs und gleicher Betriebszeit erzielt werden. Es ist keine Homogenität der Ausleuchtung erreicht, wenn der Meßwert in der Mitte des Röntgenfilmbetrachtungsgerätes mehr als 30 % von denen am Rand differiert.

Die Farbe des zu verwendenden Lichtes soll eine Farbtemperatur von 4.500 bis 6.500 Kelvin (K) aufweisen und fällt damit in den Farbbereich weiß.

Das Bildbetrachtungsgerät sollte einblendbar sein, um die Blendung des Betrachters auszuschließen und damit die Empfindlichkeit zur Wahrnehmung der Kontrastunterschiede zu erhöhen.

Das Bildbetrachtungsgerät darf auf der Leuchtfäche keinerlei Artefakte aufweisen und muß eine reflexionsarme Front besitzen, um die Befundung nicht zu beeinträchtigen.

Mindestens jährlich muß das Betrachtungsgerät gereinigt werden, um eine Verschlechterung der Diagnostik durch Verschmutzung zu verhindern.

Geringe Verschmutzungen bewirken schon eine deutliche Verringerung der Helligkeit.

Während der gesamten Nutzungsdauer soll sich die Leuchtdichte nicht unterhalb der Mindestwerte bewegen, das heißt, daß die Alterung der Leuchtstoffröhren zu beachten ist. Allein der Abfall der Leuchtdichte in den ersten 2.000 Betriebsstunden wird mit über 10 % angegeben.

Des weiteren ist zu beachten, daß das Flimmern der Lampe nicht unter 100 Hz absinken darf, da sonst eine Ermüdung des Auges des Betrachters eintritt und somit sich als Folge eine Konzentrationsschwäche einstellt.

Laut der DIN 6856 soll die Beurteilung der Aufnahmen in einem Raum mit einer Beleuchtung von 50 lx durchgeführt und eine Dunkeladaptation von mindestens 10 Minuten eingehalten werden.

Hier stellt sich die Frage, ob diese Kriterien bei der Diagnostik und Befundung an Röntgendurchsichtsbildern für die zahnärztliche Praxis relevant sind, da die praktischen Erfahrungen, zum Beispiel die Routinebefundung am hellerleuchteten Arbeitsplatz dagegensprechen.

In diesem Bereich widerspricht die DIN 6856 (1995) geltenden Vorschriften, so insbesondere der DIN 67505 (1986) über die „Beleuchtung der zahnärztlichen Behandlungsräume und zahnärztlichen Laboratorien“.

Die Auswahl der Röntgenbildformate für die zu bearbeitende Zielstellung lehnt sich an die in der zahnärztlichen Praxis gängigen und am häufigsten verwendeten Formen von Röntgenaufnahmen an. Dies sind nach Meinung des Verfassers der Zahnfilm und die Panoramaschichtaufnahme als Übersichtsaufnahme, welche im Folgenden auch als OPG-Aufnahme bezeichnet wird.

In der Zahnheilkunde wird für die Zahnfilmaufnahmen ein Filmsystem verwendet, das sich aus einer vor Feuchtigkeit und Belichtung schützenden Kunststoffhülle, dem eigentlichen Filmnegativ und einer Bleifolie, zur Absorption der Streustrahlung aus der Zunge und anderen anatomischen Strukturen sowie zum Schutz des dahinter liegenden Gewebes vor unnötiger Strahlenbelastung, aufbaut.

Für die Erstellung einer Panoramaschichtaufnahme werden Film-Folien-Kassetten benutzt, wobei die Verstärkerfolien über Fluoreszenz zusätzlich Licht emitieren, um durch die daraus resultierende Verkürzung der Expositionszeit, die Strahlenbelastung für den Patienten so gering wie möglich zu halten. „*Die derzeit verwendeten Filmkassetten haben*“, nach Barth und Grasser (1985) „*die Funktion, die Verstärkerfolien zu fixieren, als Filmbehältnis zu dienen und dabei gleichzeitig die Belichtung des Röntgenfilms zu verhindern.*“

Für die Herstellung einer Panoramaschichtaufnahme stehen Kassetten aus Aluminium und Kassetten aus gepreßter Kohlefaser zur Verfügung. Für die von uns verwendeten OPG-Aufnahmen wurden Kassetten aus Aluminium verwendet.

3. Methodik und Material

Die Röntgenbilder für diese Untersuchung stammen aus dem Archiv des Zentrums für Zahn-, Mund - und Kieferheilkunde der Martin - Luther - Universität Halle - Wittenberg und wurden zum überwiegenden Teil im Jahr 1995 aufgenommen.

Die Röntgendurchsichtsbilder sind nach der Formel

$$C = S_1 - S_2 / S_1 + S_2$$

$$(S_1 = S_{\max}; S_2 = S_{\min}),$$

die inhaltlich aus dem Buch von Dietze/Köcher (1977) stammt, auf ihren Kontrastumfang K ($K = C$) untersucht worden, indem eine metalldichte Verschattung als S_{\min} . und eine, durch Luft bedingte Aufhellung, in der Übersichtsaufnahme das Trachealband, als S_{\max} . angesprochen wurden. An dieser Stelle muß man anmerken, daß die Schwärzung nicht mehr wie zu Zeiten der Erstellung des Buches von Dietze/Köcher (1977) mit S angegeben wird, sondern derzeit mit D bezeichnet wird und für optische Dichte steht. Zur Untersuchung des Kontrastes ist das „Densitometer Model 07-443 Density S/NC 158“ der Firma Victoreen zum Einsatz gekommen.

Der Kontrastumfang eines fotografischen Materials reicht von der kleinsten optischen Dichte, die sich gerade über den Schleier (Grundschleier d.V.) erhebt, bis zur größten optischen Dichte, die vom Material gerade noch verarbeitet wird (Dietze/Köcher [1977]). Die größte optische Dichte liegt oft oberhalb der Auswertbarkeit. So suchten wir einen Bereich für den Kontrastumfang, der in der Literatur beschrieben wurde und dem Vorschlag der DIN 6856 (1995) nahe kommt.

Für Röntgenfilme können diese Grenzen, die für die verschiedenen Fabrikate

und für die einzelnen Filmsorten etwas schwanken, mit $S_1 = 3,0$ ($S_1=D_1$) und $S_2 = 0,2$ ($S_2=D_2$) angegeben werden (Dietze/Köcher[1977]).

Nach der oben vorgestellten Formel ergibt dies einen Kontrastumfang von 90%.

Um auch Röntgenbilder mit unterschiedlichem Kontrastumfang hinsichtlich der Detailerkennbarkeit zu vergleichen, legten wir uns auf die Bereiche mit 85 % und 78-79 % Kontrast bei Panoramaschichtaufnahmen und auf 87 % und 83 % Kontrast bei Zahnfilmaufnahmen fest.

Nachdem diese Überlegungen zugrunde gelegt wurden, ist aus 583 OPG-Aufnahmen die Auswahl auf 23 Panoramaschichtaufnahmen mit einem Kontrastumfang von 85 % und 30 Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79 % gefallen.

Die Schichtaufnahmen mit einem Kontrastumfang von 85 % haben als Mittelwert 23,86 Zähne, wobei der Unterkiefer durchschnittlich 13 Zähne und der Oberkiefer durchschnittlich 10,86 Zähne hat. Die Bezahlung hat im Oberkiefer mit 16 Zähnen den höchsten und mit 4 Zähnen den niedrigsten Wert. Im Unterkiefer schwankt die Zahanzahl zwischen 16 und 6.

Bei den Panoramaschichtaufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79% liegt der Mittelwert der vorhandenen Zähne bei 23,38. Der Oberkiefer hat hier durchschnittlich 10,62 Zähne und der Unterkiefer durchschnittlich 12,76 Zähne. Hier schwankten die Werte zwischen 0 und 16 Zähnen im Oberkiefer sowie 3 und 16 Zähnen im Unterkiefer.

Bei den insgesamt 335 untersuchten intraoralen Zahnfilmaufnahmen wurde die Auswahl auf 30 Aufnahmen mit 87 % Kontrastumfang sowie auf 30 Aufnahmen mit 83 % Kontrastumfang getroffen.

Im Untersuchungsmaterial der Zahnfilme interessierte nur der in der Röntgenanforderung aufgeführte Zahn, also jener, auf den der Zentralstrahl der Röntgeneinheit gerichtet war.

Die DIN 6856 Teil 1 schreibt eine Farbtemperatur von 4500 - 6500 Kelvin (°K) des Durchstrahllichtes vor.

Die Betrachtungen der Panoramaschichtaufnahmen sind am Bildbetrachtungsgerät „Planilux LJS 75x44 AP/EHR“ der Firma „Gerätebau

F. Schulte GmbH“ mit einer Lichttemperatur von ca. 6.200°K vorgenommen worden (Abb. 1).

Das Bildbetrachtungsgerät ist durch Jalousien, welche im Inneren montiert sind, variabel einblendbar (Abb. 3).

Bei der Betrachtung am oben aufgeführten Bildbetrachtungsgerät „Plani lux“ ist die Möglichkeit der Einblendung auf die Röntgenbildgröße genutzt worden.

Die Zahndiapositive sind an der Grelleuchte „Iris 70 Fl./EHR“ der Firma „Gerätebau F. Schulte GmbH“ mit einer Lichttemperatur von ca. 2.700°K untersucht worden (Abb. 2). Die Grelleuchte ist durch einen Focus einblendbar. Dieser ist bei der Untersuchung nicht zum Einsatz gekommen.

Das Ausmessen des Leuchtkastens erfolgt nach den Maßgaben der DIN 6856 Teil 2.

Der Leuchtkasten und die Grelleuchte wurden ausgemessen und skaliert mit dem Gerät „Marvolux digital“ des TÜV Halle. Dieses Gerät ermöglichte das Messen in der Einheit Candela/Quadratmeter (cd/m^2), so daß der Empfehlung der DIN 6856 Teil 2 entsprochen wurde und die Umrechnung von der Einheit lx (Lux) in die Einheit cd/m^2 entfiel.

Die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte ist ebenfalls nach der Vorgabe der DIN 6856 überprüft worden. Diese besagt, daß die äußeren Meßwerte nicht mehr als 30% vom Meßwert in der Mitte abweichen dürfen sowie die Meßwerte im inneren Ring bei einem Bildbetrachtungsgerät mit einer erhellen Fläche von mehr als 50 cm Kantenlänge nicht mehr als 15% abweichen dürfen (siehe Skizze).

Des weiteren besagt die DIN 6856, daß die Gleichmäßigkeit der Ausleuchtnug von Grelleuchten nicht überprüft werden muß.



Abb. 1

Bildbetrachtungsgerät Planilux im Befundungsraum der Universitätszahnklinik Halle



Abb. 2

Gießleuchte im Befundungsraum
der Universitätszahnklinik Halle



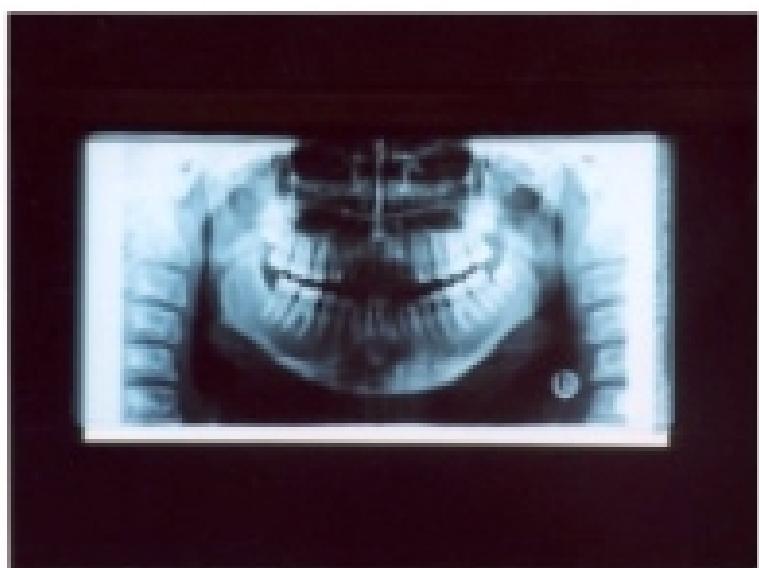
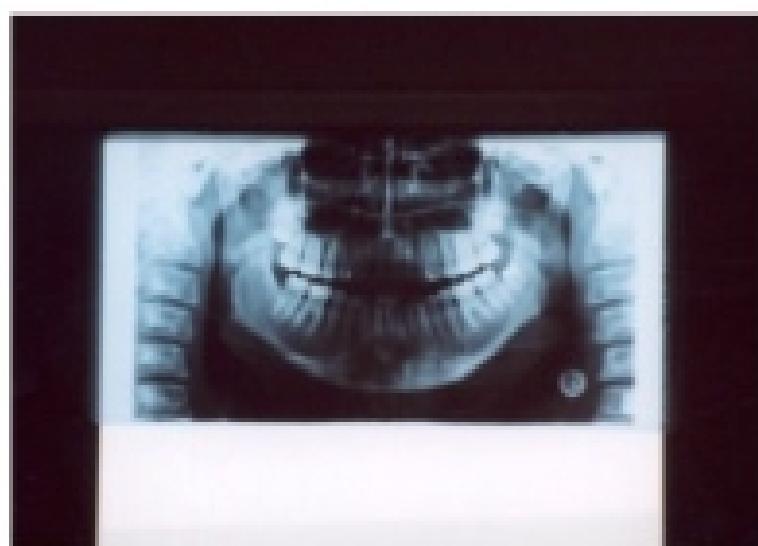
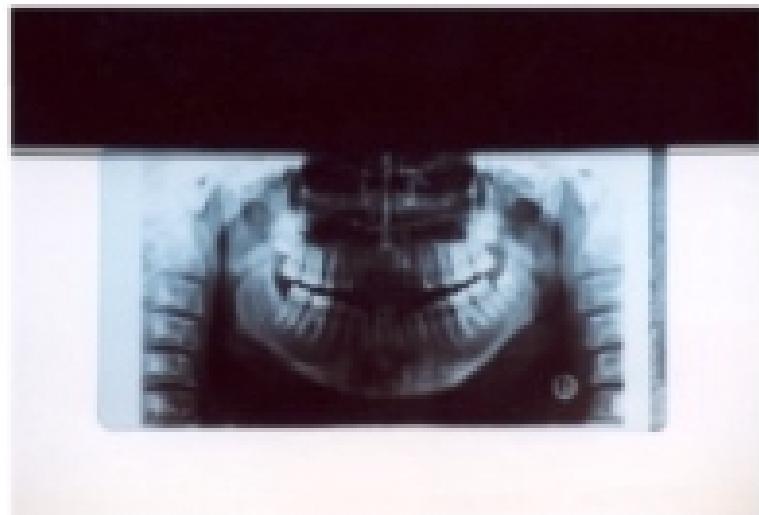
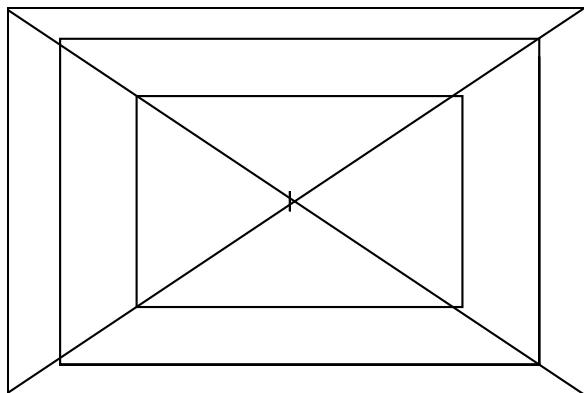


Abb. 3

Bildbetrachtungsgerät Planilux
in unterschiedlicher Einblendung



Die Kreuzungspunkte in der Skizze stellen die Meßpunkte zur Überprüfung der gleichmäßigen Ausleuchtung dar.

Da die unteren Bereiche der Leuchtdichte am Bildbetrachter nicht einstellbar (500, 1000 und 1690 cd/m^2) sind, sind von uns unbelichtete Röntgenfilme entwickelt worden. Diese sind von uns zur Unterlage genutzt worden. Die unbelichteten Röntgenfilme hatten einen Grauschleier von 0,23. In der Körnung entsprachen die unbelichteten Röntgenfilme den zu betrachtenden Röntgendurchsichtsbildern.

Die Untersuchung wurde im Befundungsraum der Röntgendiagnostik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt.

In diesem Raum wurde bei eingeschalteter Deckenbeleuchtung eine Umgebungsbeleuchtung von ca. 250 lx vor dem Röntgenbetrachter mit dem „Marvolux digital“ des „Technischer Überwachungsverein Niedersachsen/Sachsen-Anhalt“ mit Sitz in Halle/Saale ermittelt. Diese Umgebungsbeleuchtung entspricht zwar nicht den empfohlenen 50 lx der DIN 6856, da aber eine solche Forderung im zahnärztlichen Arbeitsablauf nicht erfüllbar ist, haben wir uns absichtlich für einen normal beleuchteten Raum, der auch den Bedingungen an Röntgenbildbetrachtern in der zahnärztlichen Praxis entsprechen kann, entschieden. Hierzu sei erwähnt, daß die Betrachtungsflächen an den zahnärztlichen Einheiten (Abb. 4 und 5) nicht unter diese Rahmenbedingung von 250 lx fallen, da diese Beleuchtung nicht der gewünschten beziehungsweise der geforderten Beleuchtung am zahnärztlichen Arbeitsplatz von 1.000 lx entspricht (Eltzschig et al[1991]).



Abb. 4 und folgend Abb. 5

Zahnärztliche Einheit
mit Röntgenbildbetrachter
bei unterschiedlicher Beleuchtung

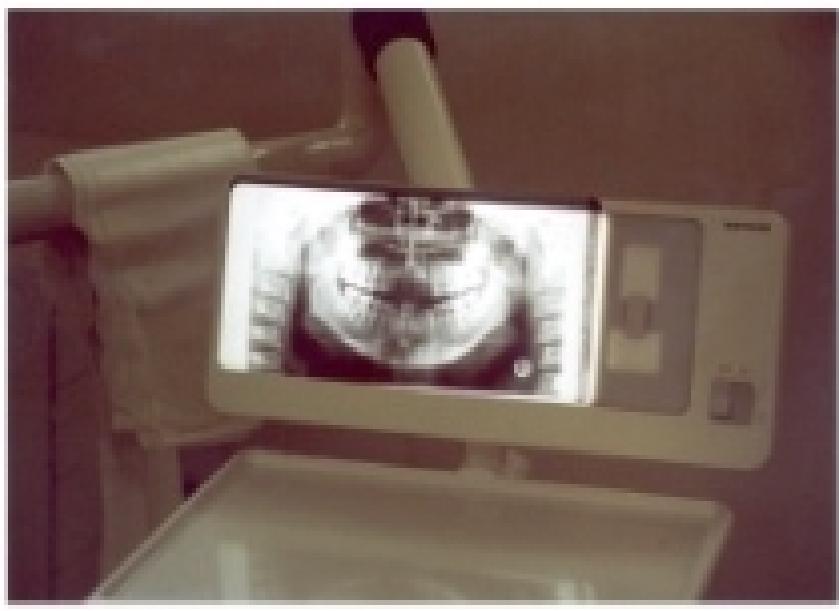


Abb. 5

Die Röntgenbilder sind von 9 Studenten der Zahnmedizin der Universität Halle/Saale beurteilt worden.

Diese Studenten hatten eine abgeschlossene Ausbildung über die Fachkunde im Strahlenschutz und in der Röntgendiagnostik und hatten zur Zeit der Untersuchung den gleichen Ausbildungsstand, sie verfügten ungefähr über die gleiche Routine in der Betrachtung von Röntgenbildern. Mit Bedacht hatten wir auf die annähernd fachliche Gleichwertigkeit der Untersucher Wert gelegt, um so die subjektiven Differenzen möglichst gering zu halten.

Bei der Untersuchung wurde unter Beachtung der Adaptation und Akkumulation, wie sie auch schon von Trendelenburg (1916) und anderen gefordert und beschrieben wurde, von den niedrigen zu den höheren Werten der Leuchtdichte gemessen.

Die Adaptationszeit betrug, wie es auch in der DIN 6856 niedergeschrieben ist, circa 10 Minuten.

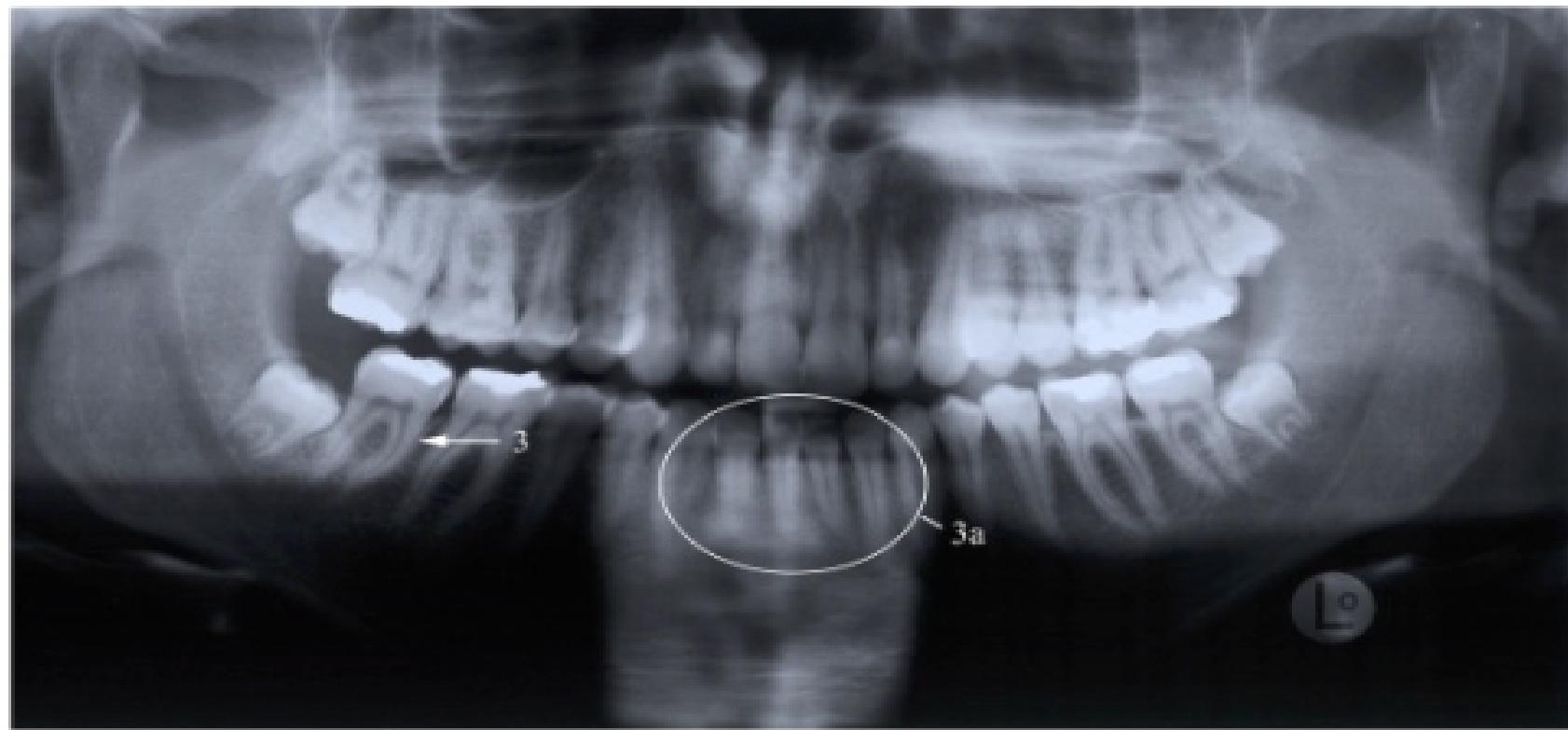
In den Panoramaschichtaufnahmen galt es, unabhängig voneinander die Parodontalspalte, in den nachfolgenden Röntgenbildern (Abb. 7 und 8) als Beispiel mit 3 und 4 bezeichnet, sowie die durchgezeichneten Mandibularkanäle als Detail zu erkennen. Als durchgezeichnet gilt ein Mandibularkanal, wenn sich die obere kortikale Begrenzung vom Foramen mandibulae, im Röntgenbild (Abb. 6) mit 1a bezeichnet, bis zum Bereich zwischen ersten und zweiten unteren Molaren, im Röntgenbild mit 1b bezeichnet, verläuft und die untere kortikale Begrenzung vom Foramen mandibulae, im Bild mit 2a bezeichnet, sich bis zum Foramen mentale, im Bild mit 2b gekennzeichnet, erstreckt.

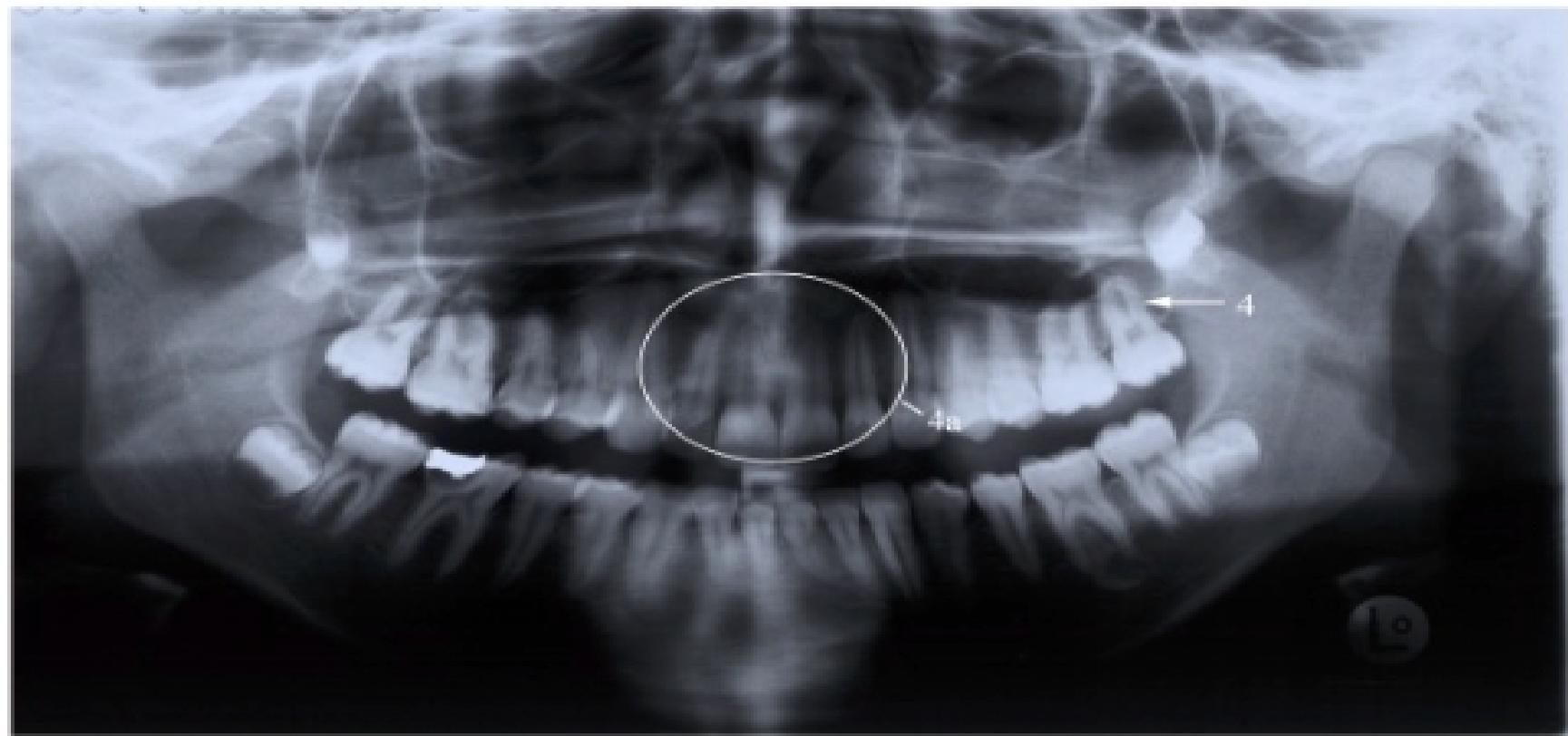
Für die Zahndiagnosen war nur die Durchzeichnung des Parodontalspalts am zu röntgenden Zahn von Bedeutung für die Detailerkennung.

Der Parodontalspalt oder auch Desmodontalspalt wird in der Literatur mit Werten zwischen 0,1-0,4 mm angegeben, wobei ein Spalt ohne pathologischen Befund eine Breite von circa 0,2 mm aufweist.

In Anlehnung an „Röntgendiagnostik mit der Panorama-Schicht-Aufnahme“ von J. Düker (1992) sind diese Details ausgewählt worden.







4. Ergebnisse

4.1. Untersuchungsergebnisse

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse stellen die prozentuale Erkennbarkeit der Details dar.

Die Leuchtdichte wird jeweils in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) angegeben.

Zur besseren Übersicht ist der Mittelwert der prozentualen Erkennbarkeit in den Diagrammen eingezeichnet.

Tabelle 1:

Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei OPG-Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 85% (Graphische Darstellung Abb.9)

Leuchtdichte	Parodontalspalt bei 85%	o. Grenze	u. Grenze
500	44,0%	64,3%	23,7%
1000	40,0%	60,2%	19,8%
1690	35,3%	54,8%	15,8%
2000	32,4%	51,5%	13,3%
2500	40,0%	60,2%	19,8%
3000	30,4%	49,2%	11,6%
3500	38,6%	58,5%	18,7%
4000	42,5%	62,7%	20,3%
4500	38,2%	58,1%	18,3%

o. Grenze... obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

u. Grenze... untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Abb.9 Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei OPG - Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 85%

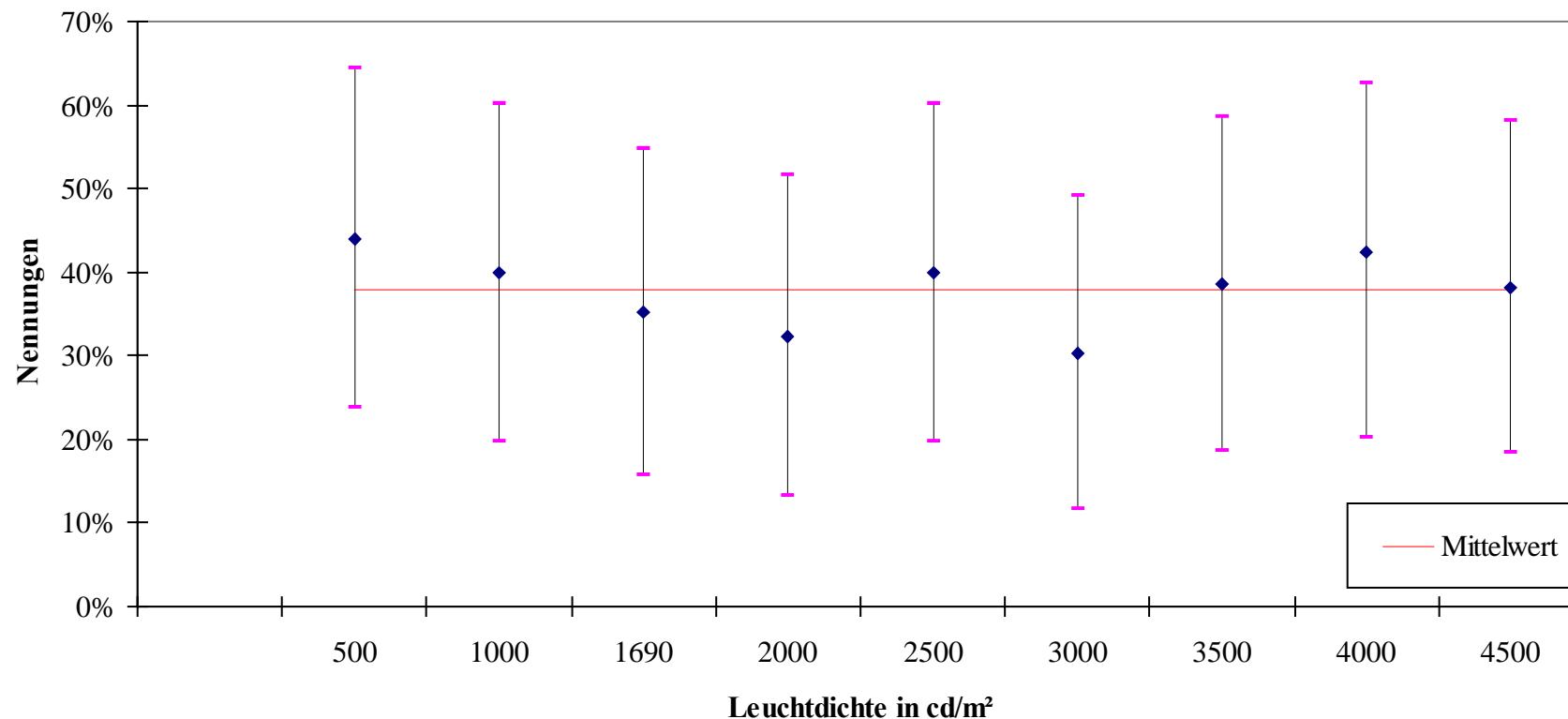


Tabelle 2:

Prozentuale Erkennbarkeit des Mandibularkanals bei OPG-Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 85% (Graphische Darstellung Abb. 10)

Leuchtdichte	Mandibularkanal bei 85%	o. Grenze	u. Grenze
500	44,0%	64,3%	23,7%
1000	45,4%	65,7%	25,1%
1690	48,8%	69,2%	28,4%
2000	47,8%	68,1%	27,4%
2500	49,8%	70,2%	29,4%
3000	49,3%	69,7%	28,9%
3500	49,8%	70,2%	29,4%
4000	52,7%	73,1%	32,3%
4500	47,3%	67,7%	26,9%

- o. Grenze... obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
- u. Grenze... untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Abb. 10 Prozentuale Erkennbarkeit des Mandibularkanals bei OPG - Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 85%

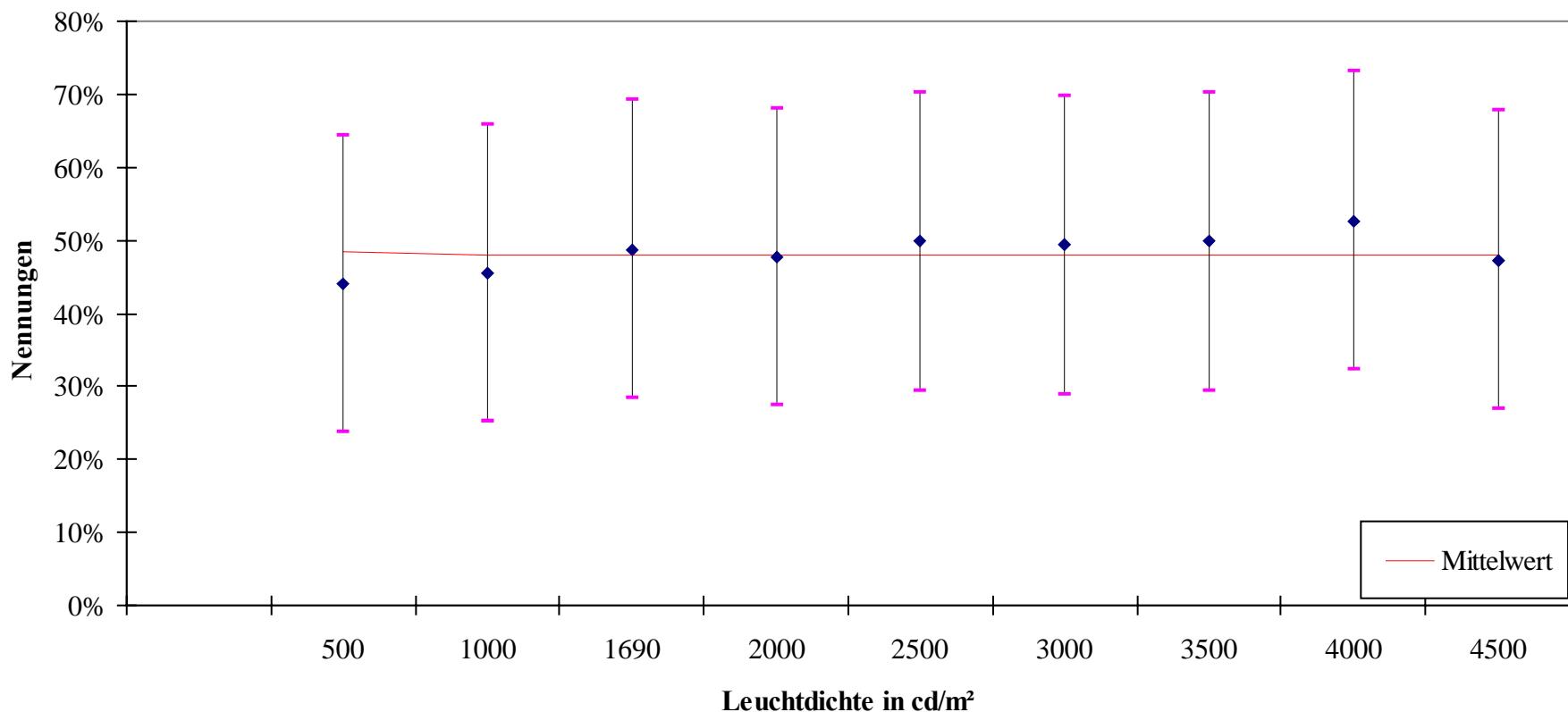


Tabelle 3:

Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei OPG-Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79% (Graphische Darstellung Abb. 11)

Leuchtdichte	Parodontalspalt bei 78-79%	o. Grenze	u. Grenze
500	43,3%	61,0%	25,6%
1000	38,5%	55,9%	21,1%
1690	33,7%	50,6%	16,8%
2000	35,2%	52,3%	18,1%
2500	37,4%	54,7%	20,1%
3000	43,0%	60,7%	25,3%
3500	50,0%	67,9%	32,1%
4000	49,6%	67,5%	31,7%
4500	48,9%	66,8%	31,0%

o. Grenze... obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
 u. Grenze... untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Abb. 11 Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei OPG - Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79%

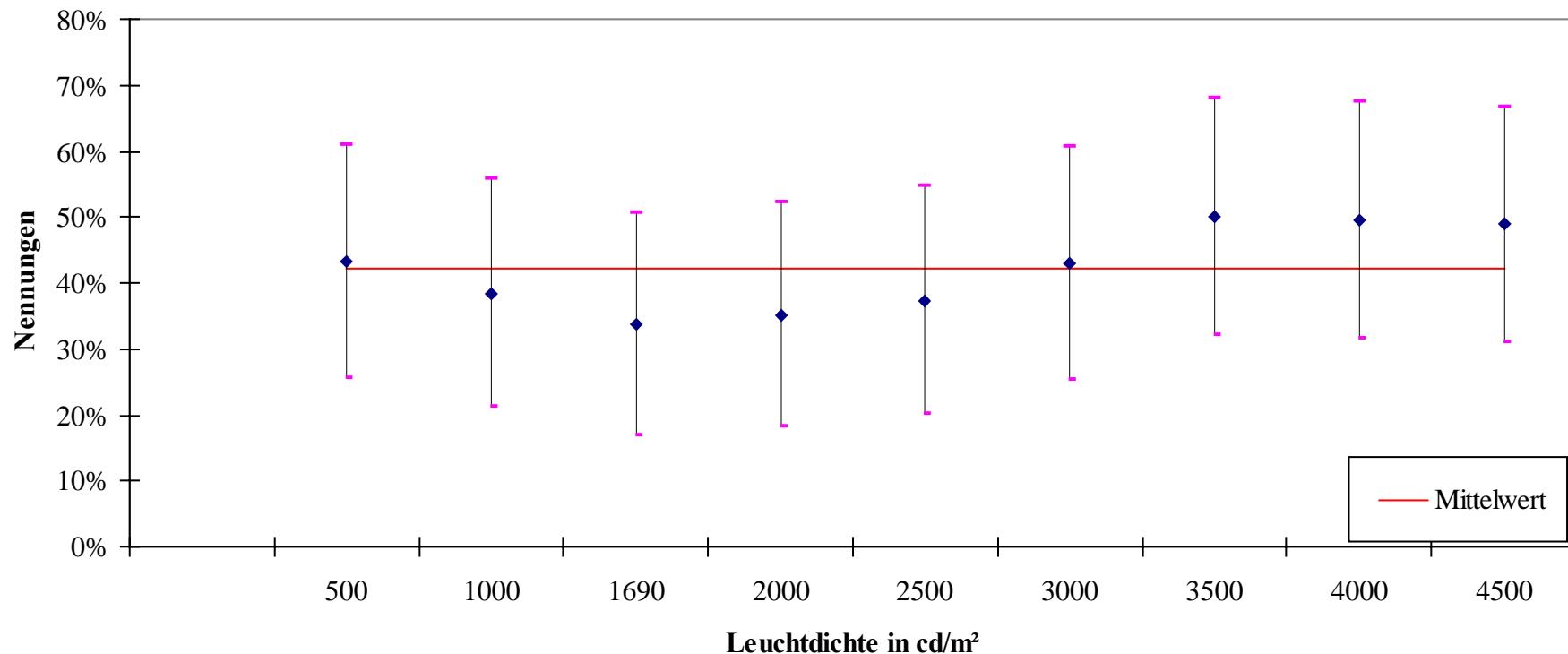


Tabelle 4:

Prozentuale Erkennbarkeit des Mandibularkanals bei OPG-Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79% (Graphische Darstellung Abb. 12)

Leuchtdichte	Mandibularkanal bei 78-79%	o. Grenze	u. Grenze
500	50,7%	68,6%	32,8%
1000	47,8%	65,6%	30,0%
1690	50,4%	68,3%	32,5%
2000	49,6%	67,5%	31,7%
2500	48,5%	66,4%	30,6%
3000	51,5%	69,4%	33,6%
3500	51,5%	69,4%	33,6%
4000	51,9%	69,8%	34%
4500	51,9%	69,8%	34%

- o. Grenze...** obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
- u. Grenze...** untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Abb. 12 Prozentuale Erkennbarkeit des Mandibularkanals bei OPG - Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79%

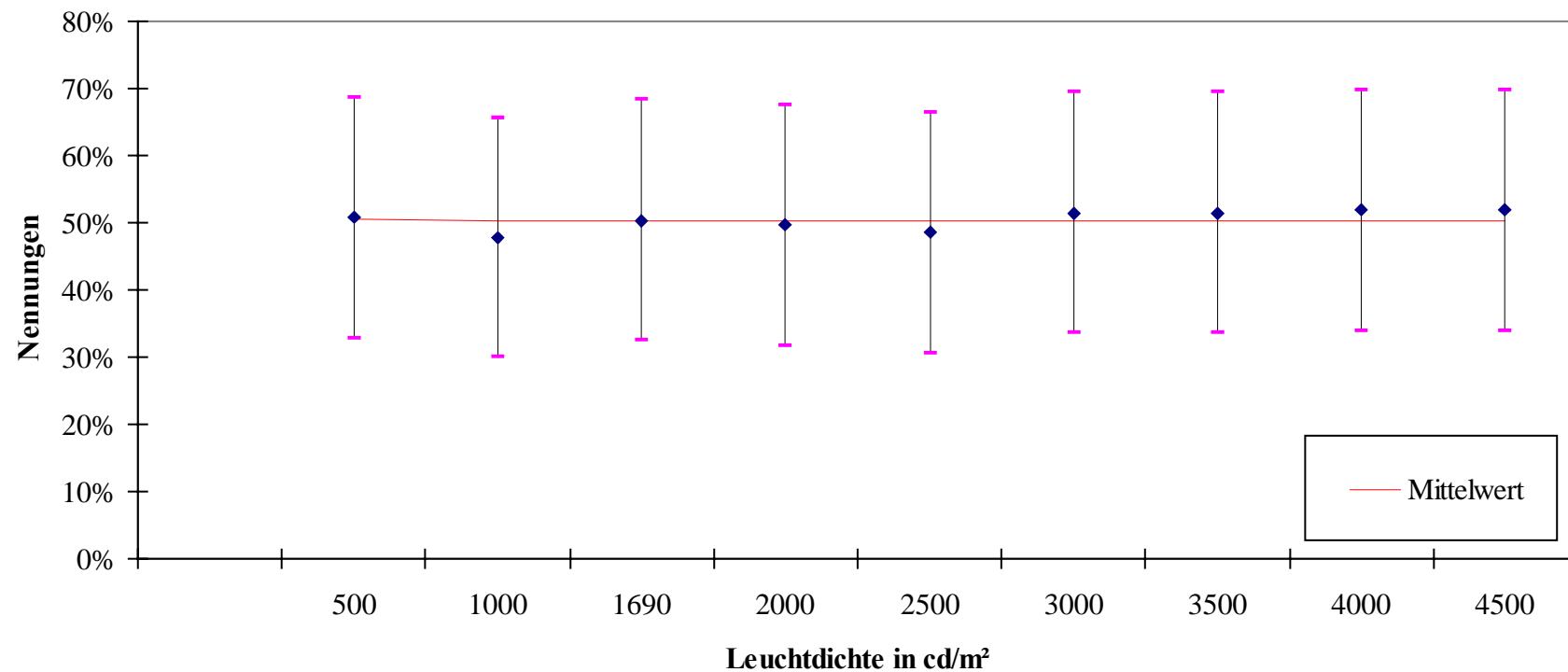


Tabelle 5:

**Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei intraoralen
Zahnröntgenaufnahmen mit einem Kontrastumfang von 87 %**
(Graphische Darstellung Abb. 13)

Leuchtdichte	Parodontalspalt bei 87%	o. Grenze	u. Grenze
500	46,8%	64,6%	29,0%
1000	42,9%	60,6%	25,2%
2500	50,4%	68,3%	32,5%
5000	53,2%	71,0%	35,4%
10000	59,5%	77,1%	41,9%
20000	60,7%	78,2%	43,2%
30000	53,6%	71,4%	35,8%

o. Grenze... obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
u. Grenze... untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei intraoralen Zahnröntgenaufnahmen mit einem Kontrastumfang von 87%

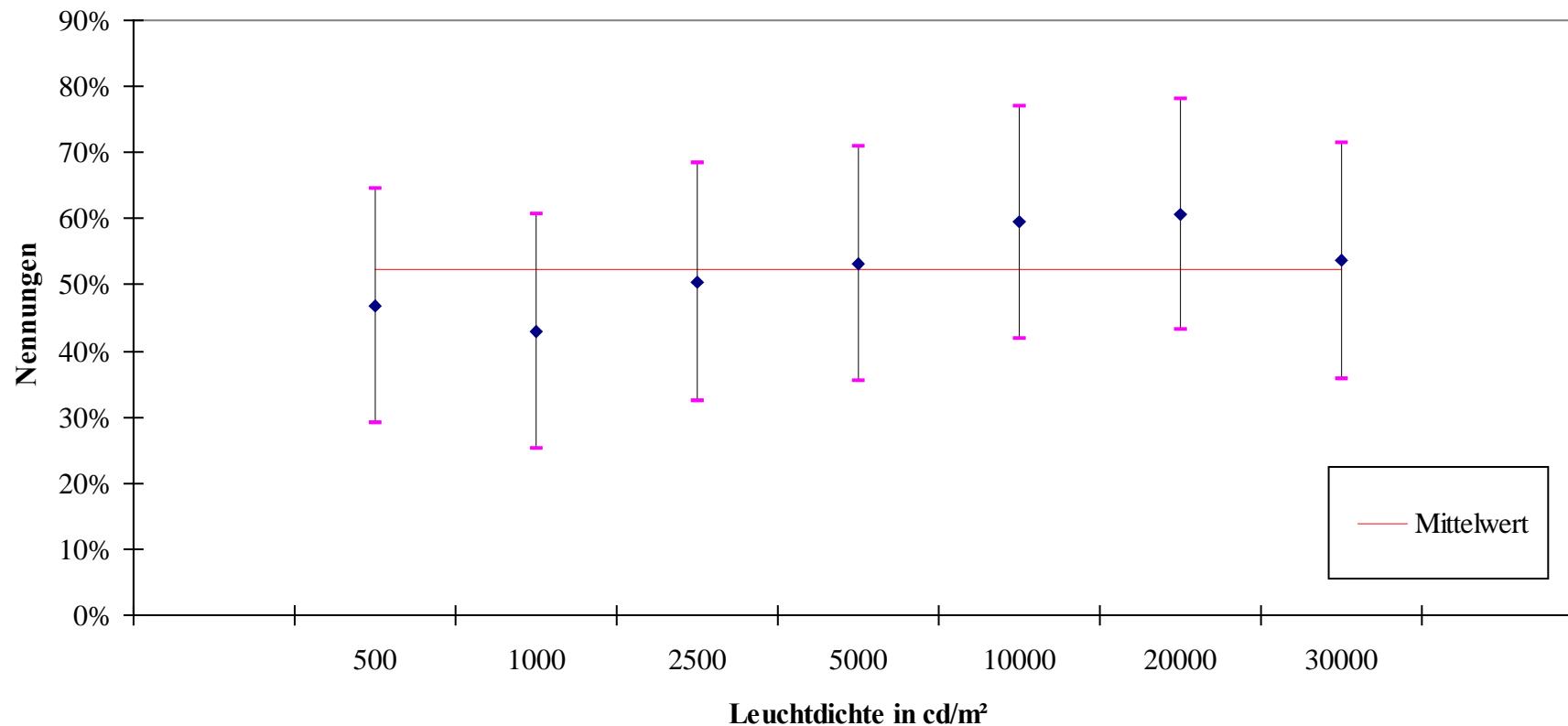


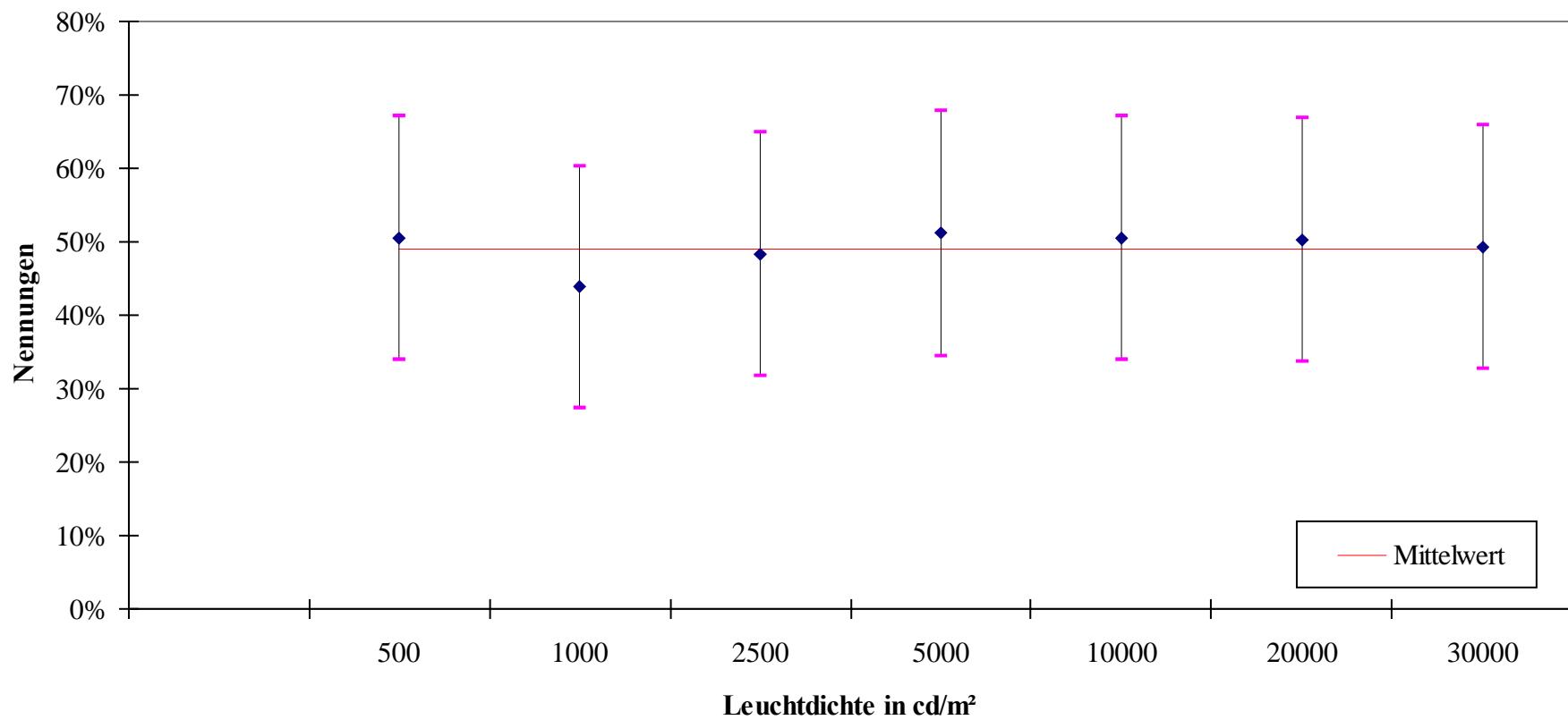
Tabelle 6:

**Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei intraoralen
Zahnröntgenaufnahmen mit einem Kontrastumfang von 83 %
(Graphische Darstellung Abb. 14)**

Leuchtdichte	Parodontalspalt bei 83%	o. Grenze	u. Grenze
500	50,5%	67,1%	33,9%
1000	43,8%	60,2%	27,4%
2500	48,3%	64,9%	31,7%
5000	51,1%	67,7%	34,5%
10000	50,5%	67,1%	33,9%
20000	50,2%	66,8%	33,6%
30000	49,2%	65,8%	32,6%

o. Grenze ... obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
 u. Grenze... untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

**Prozentuale Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei intraoralen Zahnröntgenaufnahmen mit einem
Kontrastumfang von 83%**



Bei Betrachtung der Diagramme zur Untersuchung der Parodontalspalte in den Panoramaschichtaufnahmen fällt die geringe Anzahl der Nennungen in Prozent auf. Diese ist darauf zurückzuführen, daß die Frontzähne in den OPG-Aufnahmen nicht immer scharf dargestellt sind, so daß keine Korrelation zwischen der Zahnzahl und der Erkennung besteht.

Die obere und untere Grenze geben den Bereich des 95% igen Konfidenzintervall's an.

Das 95 %ige Konfidenzintervall wurde nach der Formel:

$$G_{o/u} = f \pm 1,96 * \sqrt{[f * (1 - f) / n]}$$

G_{o/u}... obere/untere Grenze;

f... Prozentzahl als Teil vom Ganzen;

n... Anzahl der Röntgenbilder

berechnet.

Festzustellen ist, daß die prozentuale Detailerkennbarkeit entgegen den Erwartungen nicht in Form einer Geraden ansteigt.

Die Kurven zeigen Maxima bei den niederen und den höheren Bereichen der Leuchtdichte. Im Bereich der mittleren und höchsten Leuchtdichten ist ein Abfall der Kurve zu erkennen.

Infolge dieses Kurvenverlaufs, besonders im mittleren Bereich der Leuchtdichte, der physiologisch schwer erklärbar ist, und der Ergebnislosigkeit der umfangreichen Fehlersuche, ist eine Nachuntersuchung der Panoramaschichtaufnahmen im Raum der Röntgendiagnostik der Universität Halle-Wittenberg durchgeführt worden. Die Nachuntersuchung umfaßte das gleiche Röntgenbildmaterial, wie dies in den ersten Untersuchungen. Die Zahl der Betrachter wurde auf zwei reduziert.

Die gewachsene Erfahrung und Routine der Betrachter beim Untersuchen von Röntgendiffersichtsbildern, ließ zwar die Erkennung und damit die Nennungen in Prozent steigen, jedoch sehen die Kurvenverläufe in den beiden Studien ähnlich denen der vorhergehenden Untersuchung aus. Auch hier ist ein Einbruch der prozentualen Erkennbarkeit in den mittleren Bereichen der Leuchtdichte zu verzeichnen.

Auch bei der Nachuntersuchung stellen die Untersuchungsergebnisse die prozentuale Erkennbarkeit der Details dar.

Die Leuchtdichte wird in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) angegeben.

Zur besseren Übersicht ist der Mittelwert der prozentualen Erkennbarkeit in den Diagrammen eingezeichnet.

Tabelle 7:

Nachuntersuchung der prozentualen Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei OPG-Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78 - 79 % (Graphische Darstellung Abb. 15)

Leuchtdichte	Parodontalspalt bei 78-79%	o. Grenze	u. Grenze
500	70,7%	87,3%	54,1%
1000	62,1%	79,8%	44,4%
1690	60,3%	78,1%	42,5%
2000	62,1%	79,8%	44,4%
2500	70,7%	87,3%	54,1%
3000	75,9%	91,4%	60,2%
3500	69,0%	85,8%	52,2%
4000	72,4%	88,7%	56,1%
4500	70,7%	87,3%	54,1%

o. Grenze...
u. Grenze...

obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Nachuntersuchung der prozentualen Erkennbarkeit der Parodontalspalte bei OPG - Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von 78-79%

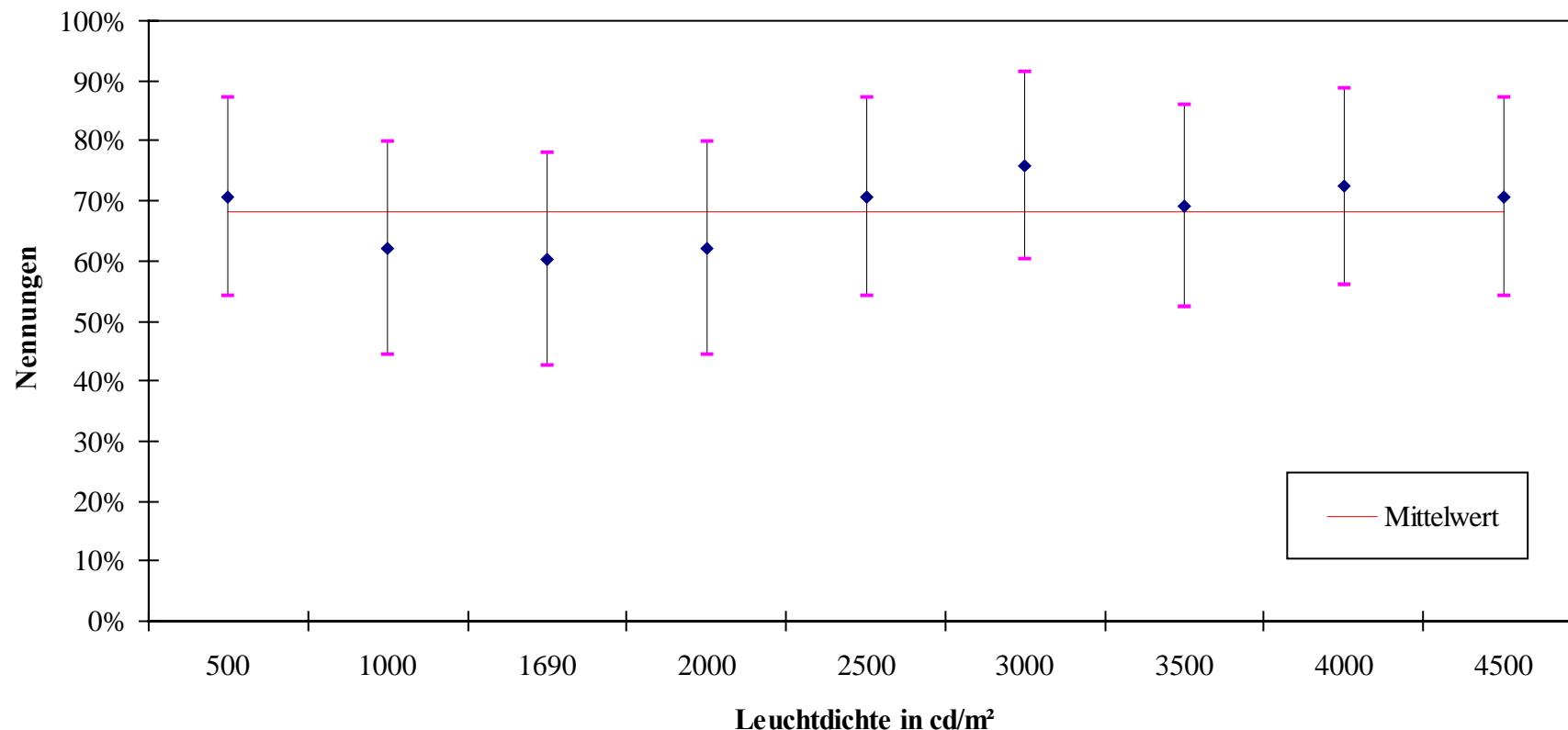
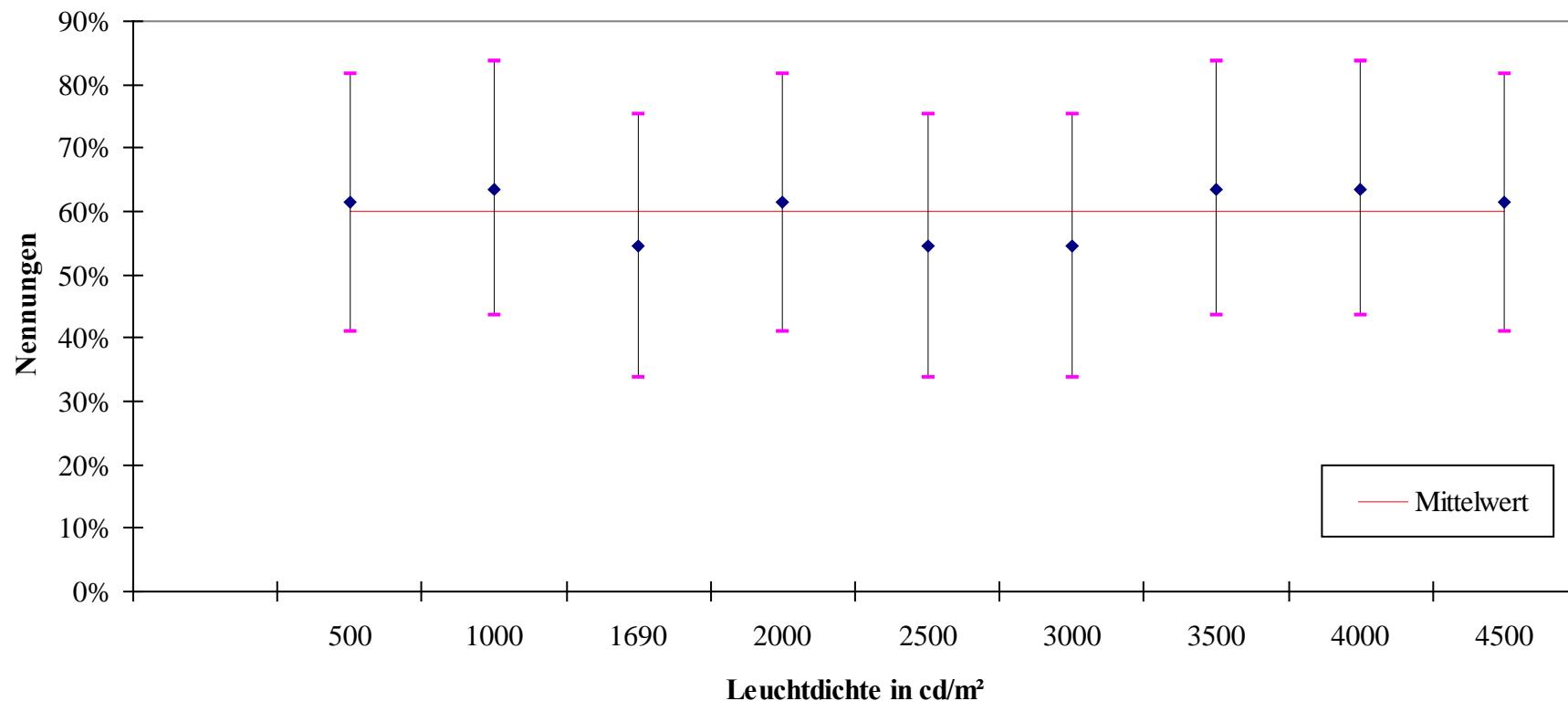


Tabelle 8:
Nachuntersuchung der prozentualen Erkennbarkeit der
Parodontalspalte bei OPG-Aufnahmen mit einem Kontrastumfang von
85 % (Graphische Darstellung Abb. 16)

Leuchtdichte	Parodontalspalt bei 85%	o. Grenze	u. Grenze
500	61,4%	81,7%	41,1%
1000	63,6%	83,7%	43,5%
1690	54,6%	75,4%	33,8%
2000	61,4%	81,7%	41,1%
2500	54,6%	75,4%	33,8%
3000	54,6%	75,4%	33,8%
3500	63,6%	83,7%	43,5%
4000	63,6%	83,7%	43,5%
4500	61,4%	81,7%	41,1%

o. Grenze... obere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls
 u. Grenze... untere Grenze des 95 %igen Konfidenzintervalls

Nachuntersuchung der prozentualen Erkennbarkeit der Parodontalspalte an OPG - Aufnahmen mit einem Kontrast von 85%



4.2. Statistische Sicherung der Untersuchungsergebnisse

4.2.1. Methodik der statistischen Sicherung

Neben der Darstellung der prozentualen Detailerkennung im Konfidenzintervall wurden die Untersuchungsergebnisse noch verschiedenen anderen statistischen Tests zugeführt.

Die einzelnen Parameter wurden durch folgende Tests (Hartung/Elpelt [1992]), geprüft:

- die Pillai - Spur,
- den Wilks - Lambda Test,
- die Hotelling - Spur sowie
- die größte charakteristische Wurzel nach Roy.

All diese Tests sind multivariabel und mehrfaktoriell.

Sie untersuchen die Abhängigkeit der Parameter untereinander und zeigen so den größten Variabilitätsfaktor auf (Hartung/Elpelt [1992]; Bohley[1996]).

Als Beispiel für alle vier genannten Tests soll die Pillai - Spur herausgestellt werden.

Durch diesen Test soll dargestellt werden, ob sich die Erkennbarkeit in den OPG-Aufnahmen in Abhängigkeit vom Untersucher, von der Leuchtdichte, vom Kontrast des Röntgenbildes und von den Details (Lokalisation oder LOK) signifikant ändert. Der Test ist in diesem Fall vierfaktoriell.

Bei den intraoralen Zahnfilmen sollte ebenfalls dargestellt werden, ob es eine signifikante Änderung der Erkennbarkeit in Abhängigkeit vom Untersucher, vom Kontrast der Röntgenaufnahmen und der Leuchtdichte gibt. Hier ist der Test dreifaktoriell.

Eine hohe Signifikanz stellt sich dar, wenn die Signifikanz p kleiner als 0,001 ist.

4.2.2. Statistische Sicherung durch die Pillai - Spur

Allgemeines Lineares Modell

1. Allgemeines Lineares Modell der OPG-Aufnahmen

Tabelle 9:
Zusammenstellung Variablen

Untersucher	LOK	Abhängige Variable
1	1	U1M
	2	U1P
2	1	U2M
	2	U2P
3	1	U3M
	2	U3P
4	1	U4M
	2	U4P
5	1	U5M
	2	U5P
6	1	U6M
	2	U6M
7	1	U7M
	2	U7P
8	1	U8M
	2	U8P
9	1	U9M
	2	U9P

P... Parodontalspalt
M... Mandibularkanal
U... Untersucher
LOK... Lokalisation entspricht Detail

Tabelle 10:
Zusammenstellung der Faktoren

		Wertelabel	N
Kontrast	1	78-79%	270
	2	85%	207
Leuchtdichte	500		53
	1000		53
	1690		53
	2000		53
	2500		53
	3000		53
	3500		53
	4000		53
	4500		53

N... Anzahl

Tabelle 11:

Multivariater Test

Effekt		Fehler df	Signifikanz
Unter.	Pillai-Spur	452,000	0,000
Unter.*Kontrast	Pillai-Spur	452,000	0,000
Unter.*Ldichte	Pillai-Spur	3672,000	0,497
Unter.*Kontrast*Ldichte	Pillai-Spur	3672,000	0,456
LOK	Pillai-Spur	459,000	0,000
LOK*Kontrast	Pillai-Spur	459,000	0,552
LOK*Ldichte	Pillai-Spur	459,000	0,660
LOK*Kontrast*Ldichte	Pillai-Spur	459,000	0,944

Ldichte... Leuchtdichte

Ktrast... Kontrast

LOK... Lokalisation entspricht Detail

Unter. Untersucher

Tabelle 12:

Tests der Zwischensubjekteffekte

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme von Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Intercept	1700,466	1	1700,466	1757,724	0,000
Kontrast	0,824	1	0,824	0,852	0,356
Ldichte	6,847	8	0,856	0,885	0,529
Ktrast*Ldichte	1,394	8	0,174	0,18	0,994
Fehler	444,048	459	0,967		

Ldichte... Leuchtdichte

Ktrast... Kontrast

2. Allgemeines Lineares Modell der intraoralen Zahnenfilmaufnahmen

Tabelle 13:
Zusammenstellung der Variablen

Untersucher	abhängige Variable
1	V4
2	V5
3	V6
4	V7
5	V8
6	V9
7	V10
8	V11
9	V12

V... Parodontalspalte im intraoralen Zahnenfilm

Tabelle 14:
Zusammenstellung der Faktoren

		N
Kontrast	83%	210
	87%	210
Ldichte	500	60
	1000	60
	2500	60
	5000	60
	10000	60
	20000	60
	30000	60

N... Anzahl

Tabelle 15:
Multivariater Test

Effekt		Fehler df	Signifikanz
Unter.	Pillai-Spur	399,000	0,000
Unter.*Kontrast	Pillai-Spur	399,000	0,000
Unter.*Ldichte	Pillai-Spur	2424,000	0,651
Unter.*Kontrast*Ldichte	Pillai-Spur	2424,000	0,046

Ldichte... Leuchtdichte
 Ktrast... Kontrast
 Unter... Untersucher

Tabelle 16:
Tests der Zwischensubjekteffekte
Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme von Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Intercept	760,957	1	760,957	1348,989	0,000
Kontrast	0,238	1	0,238	0,422	0,516
Ldichte	3,488	6	0,581	1,031	0,405
Ktrast*Ldichte	1,406	6	0,234	0,416	0,869
Fehler	229,022	406	0,564		

Ldichte... Leuchtdichte
 Ktrast... Kontrast

Wie man aus den vorangegangenen Darstellungen entnehmen kann, stellt die Untersuchervariabilität den stärksten Variabilitätsfaktor dar.
 Daraus folgt, daß der einzige signifikante Unterschied ($p < 0,001$) in der Erkennbarkeit von Details in Röntgendiffersichtsbildern in unserer Untersuchung zwischen den einzelnen Betrachtern der Röntgenaufnahmen liegt.

5. Diskussion

Die Untersuchungen in den unterschiedlichen Kontrastbereichen zeigen keine signifikanten Unterschiede auf.

Bei der Erkennbarkeit des Details des Parodontalspalts ähneln sich die Untersuchungsgruppen der OPG- Aufnahmen und der Zahnfilme.

Sowohl die Untersuchung an den Panoramaschichtaufnahmen als auch die Untersuchung an den Zahnfilmen gleichen sich in der Form, daß die Erkennbarkeit in zwei Bereichen Maxima aufweist. Dies sind bei den Zahnfilmen an der Grelleuchte bei beiden Kontrastumfängen die Bereiche um 500 cd/m^2 und die Bereiche um $5.000 \text{ bis } 20.000 \text{ cd/m}^2$.

Bei den OPG-Aufnahmen bewegen sich die Bereiche der Maxima bei 500 cd/m^2 und um 4.000 cd/m^2 .

Die Tatsache, daß, wie die Erfahrung zeigt, in einer normal beleuchteten zahnärztlichen Praxis Feinststrukturen am Zahnsystem im Röntgendiffersichtsbild, wie zum Beispiel der Parodontalspalt, erkennbar und diagnostizierbar sind, stellt sich den Forderungen aus der DIN 6856 entgegen. Dies und die erhaltenen Kurvenverläufe als Zeichen der Erkennbarkeit sind über die Literatur schwer zu erklären. Es finden sich in jüngeren Publikationen im Bereich der Physiologie kaum Anhaltspunkte. Bei der Erkennbarkeit der Parodontalspalte in Prozent weisen die Schichtaufnahmen und die intraoralen Zahnfilmaufnahmen Unterschiede auf.

Die Parodontalspalte des einzelnen Zahnes wurde häufiger erkannt, als die Gesamtheit der Parodontalspalten in der Schichtaufnahme. Wenn man sich die Röntgenbilder vor Augen führt, so fällt einem die unterschiedlich ausgeprägte Strukturzeichnung der Parodontalspalte im Seitenzahngebiet (Abb. 7 und 8: im Röntgenbild mit 3 und 4 beschriftet) und im Frontzahngebiet (Abb. 7 und 8: im Röntgenbild mit 3a und 4a beschriftet) auf. Dieses Phänomen betrifft sowohl den Oberkiefer (Abb. 8: im Röntgenbild 4 und 4a) als auch den Unterkiefer (Abb. 7: im Röntgenbild 3 und 3a). Geschuldet ist dieses Phänomen zum einen, da es sich um eine Schichtaufnahme handelt, der Durchstrahlung massiven, bildfernen

Gewebes, in der Abbildung der Frontzähne betrifft dies die Wirbelsäule, als auch der Herausbewegung abzubildender Partien aus dem Brennpunkt des Zentralstrahls, durch Fehleinstellungen bei Nichtbeachtung der individuellen Begebenheiten des Patienten durch das Personal und/oder Unruhe des Patienten im Rahmen der Exposition (Pasler [1995]).

Bei der Erkennung der Durchzeichnung des Mandibularkanals in den Schichtaufnahmen ist eine solche Maximaverteilung nicht zu beobachten.

Es ist hier von einem mehr oder weniger gleichmäßigen Anstieg der Erkennbarkeit auszugehen, jedoch gibt es Zeichen der Stagnation bzw. des Abfalls bei hohen und höchsten Leuchtdichten (ab 4.500 cd/m²).

In den Bereichen der hohen und höchsten Leuchtdichten ist dem Problem der Überstrahlung und damit der Überforderung des menschlichen Auges Rechnung zu tragen.

Die Einblendung wird als erforderlich angesehen, da so der Blendeffekt verringert wird (Abb. 3).

Die Konzentrationsfähigkeit des Betrachters wird einer starken Belastung unterzogen, wenn das Betrachtungsgerät nicht auf die Größe des zu untersuchenden Röntgenbildes eingestellt wird, da so eine Blendung des Auges erfolgt, wie sie Trendelenburg et al (1961) sowie zitierte Autoren beschrieben.

In der Betrachtung von Röntgenbildern ist der optische Macheffekt, der auch als Grenzkontrast oder Mach – Band beschrieben wird (Schmidt/Tews [1993]), sicherlich für die Erkennung von Details, die eine größere Variation an Grauspektren beinhalten und bei den es sich in der Zahnheilkunde um sehr kleine Objekte handelt, die eingebendet betrachtet werden, von Bedeutung.

Während der Mandibularkanal (Abb. 7) sowohl durch seine räumliche Ausdehnung als auch durch seine kortikale Eingrenzung auch für den ungeübteren Betrachter leicht zu erkennen ist, gibt es bei der Erkennung des durchgezeichneten Parodontalspalts (Abb. 7 und 8) einige Schwierigkeiten, allein bedingt durch die Feinheit der Struktur.

Bei der Betrachtung des Parodontalspalts ist der oben angeführte Effekt von Bedeutung.

Der optische Macheffekt beinhaltet die „stärkere“, beziehungsweise deutlichere Darstellung der Grenze zwischen optisch unterschiedlich dichten Medien. Das bedeutet, daß an der Grenze das optisch dichtere Medium dunkler und das optisch dünnere Medium heller wirkt.

Bei der Abbildung des Parodontalspalts zeigt sich grenzüberschreitend folgendes Bild:

- eine Verschattung, bedingt durch die Zahnwurzel,
- eine Aufhellung, bedingt durch den Spalt selbst sowie
- eine Verschattung durch die kortikale Begrenzung der Alveole gefolgt
- von einem mehr oder weniger diffusen Grauton durch die Spongiosazeichnung.

Physiologisch gesehen haben wir es bei der Betrachtung mit mehreren optischen Grenzen zu tun.

Die Wanderung erfolgt in der gleichen Reihenfolge:

- optisch dünn gefolgt von
- optisch dicht, dann
- optisch dünn sowie
- optisch dichter.

Wird nun bei der Betrachtung die Leuchtdichte verändert, so läßt sich auch eine Veränderung an und innerhalb dieser Grenzen feststellen, das heißt, die optischen Differenzen der Bereiche verändern sich für den Betrachter.

Während bei geringeren Leuchtdichten ein stärkerer Hell-Dunkelunterschied erkennbar ist, evaluiert sich dieser mit der Steigerung der Leuchtdichte bis zu dem Bereich, in dem die dünnern Medien so stark durchstrahlt werden, daß sich die Differenz zwischen Hell und Dunkel für den Betrachter wieder erhöht.

Wird die Durchleuchtung des Bildes so groß, daß es zu einer Überstrahlung der helleren Bereiche kommt, gleicht sich der Hell- Dunkelunterschied durch den eintretenden Blendeffekt für den Betrachter wieder aus und Feinststrukturen werden nicht mehr erkannt.

Einen ersten Fingerzeig zur Detailerkennbarkeit des Auges (Unterschieds-

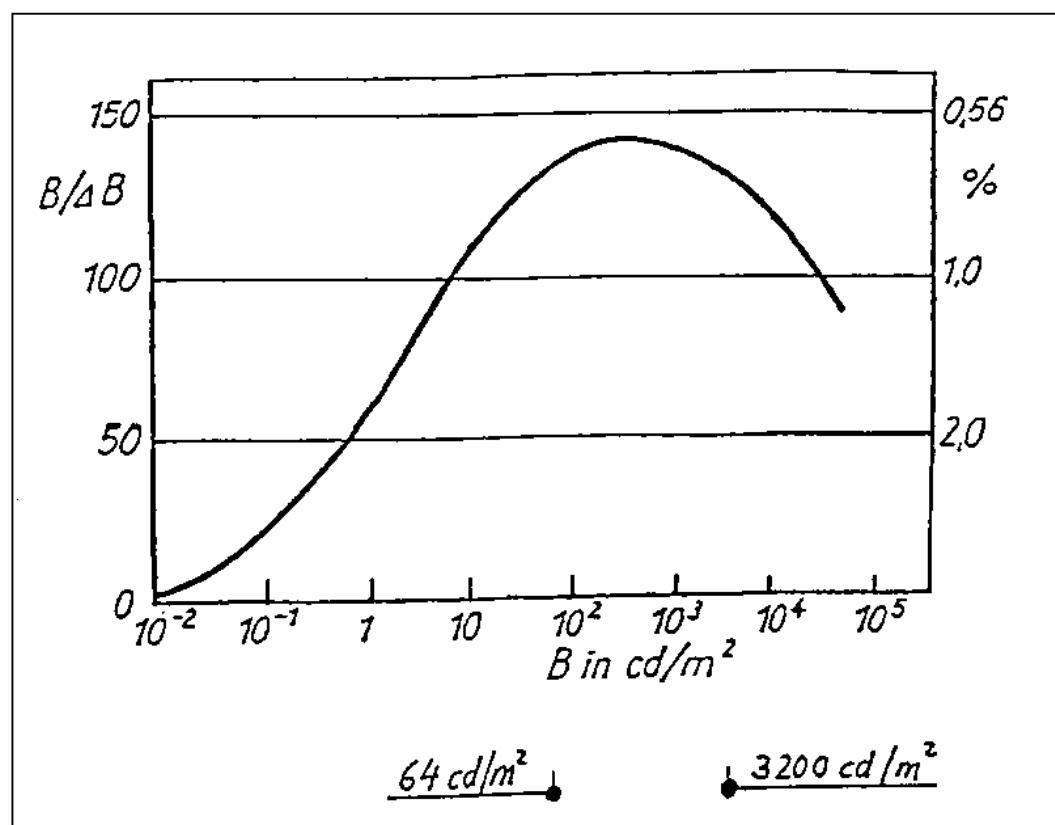
empfindlichkeit) findet man in der Veröffentlichung von König und Brodhun aus dem Jahre 1888, welcher letztmalig in den sechziger Jahren von Trendelenburg et al (1961), Schober (1964) und Dalicho (1967) erwähnt wurde, sonst aber weitestgehend in Vergessenheit geraten ist.

König und Brodhun (1888) untersuchten, jedoch nicht unter den physiologischen Bedingungen des gewöhnlichen Sehens, da sie ein 1 mm² großes Diaphragma dem Auge vorschalteten und ein schwarzes Umfeld verwendeten.

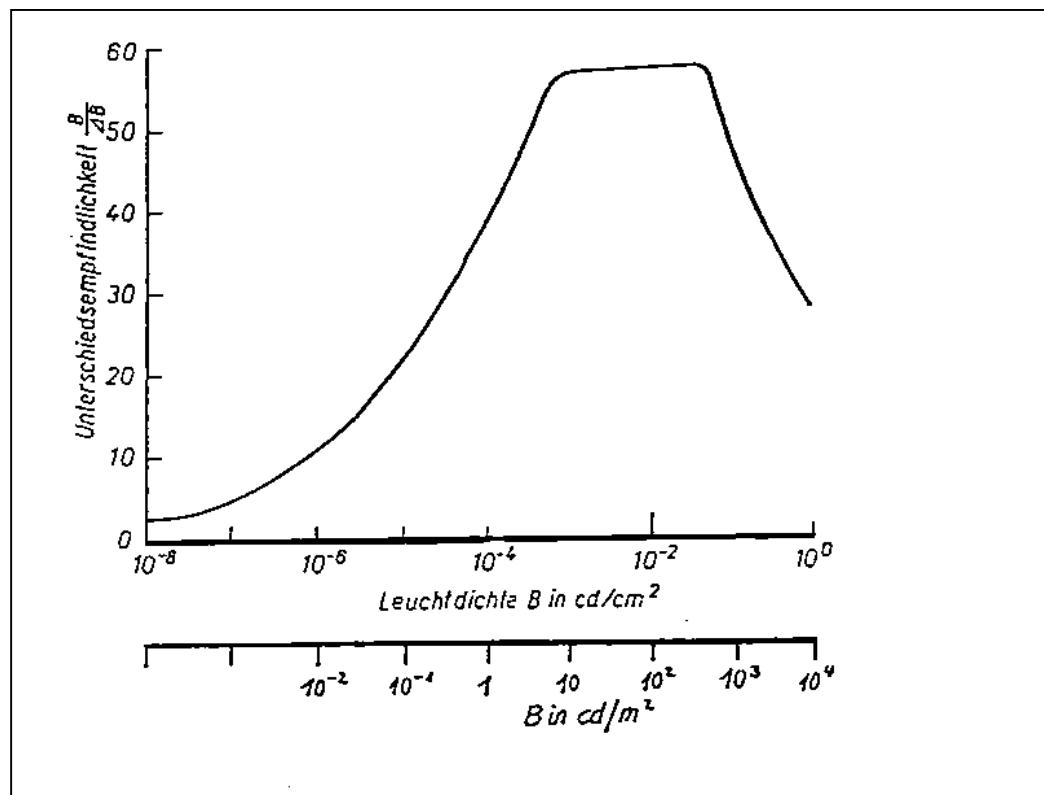
Interessant ist hierbei, daß die graphische Darstellung der Abhängigkeit der Unterschiedsempfindlichkeit von der Leuchtdichte bzw. von der Gesichtsfeldleuchtdichte von Schober (1964) und Dalicho (1967), nach den Ergebnissen aus dem Jahre 1888 der oben aufgeführten Autoren König und Brodhun, den Kurvenverläufen unserer Untersuchungsergebnisse ähneln (Abb. 17).

Für die obere Darstellung auf der folgenden Seite zeichnet Dalicho (1967) und für die untere Darstellung Schober (1964) verantwortlich.

Abb. 17 Unterschiedsempfindlichkeit $B/\Delta B$ als Funktion der Gesichtsfeld-Leuchtdichte B



Darstellung: Schober



Darstellung: Dalicho

Zur Überprüfung unserer Ergebnisse und um Fehler auszuschalten, führten wir gut ein Jahr später die oben aufgeführte Nachuntersuchung durch.

Die dort erhaltenen Kurvenverläufe bei der Erkennung des Parodontalspaltes in den Panoramaschichtaufnahmen sind in guter Übereinstimmung mit denen aus der eigentlichen Untersuchung zu bringen. Auch hier zeigen sich deutliche Maxima in den vorher schon genannten Bereichen.

In der Nachuntersuchung ist auffällig, daß hier eine deutliche Verbesserung der Detailerkennbarkeit vorliegt.

Diese Verbesserung ist vor allem auf die inzwischen erlangte Routine und größer gewordene Erfahrung der Untersucher bei der Betrachtung und Diagnostik von Röntgendiffersichtsbildern zurückzuführen.

Hier sei noch einmal auf die stärkste Variabilität durch die Untersucher, wie sie in der Pillai - Spur, stellvertretend für die drei anderen angeführten Tests gleicher Qualität, gefunden wurde, hingewiesen.

Diese Variabilität beinhaltet nicht nur die einzelnen Untersucher, sondern hängt zwangsläufig auch von der Routine und Erfahrung der einzelnen Betrachter von Röntgendiffersichtsbildern sowie sicherlich auch von neueren Medien der Röntgendiagnostik ab.

Das heißt, daß die Erkennung ein Ausdruck der subjektiven Betrachtung ist.

6.Schlußfolgerung

Unsere Untersuchung zur Abhängigkeit der Detailerkennbarkeit von der Leuchtdichte zeigt, genauso wie die Praxis bestätigt, daß auch unter Bedingungen die nicht der DIN 6856 entsprechen, Feinstrukturen im zahnärztlichen Röntgenbild erkennbar und diagnostizierbar sind.

Wie die Untersuchungsergebnisse gezeigt haben, ist eine Diagnostik, sicherlich etwas überraschend, auch in den unteren Bereichen der Leuchtdichte, nämlich schon bei 500 und 1.000 cd/m², möglich. Insofern können wir mit der DIN 6856 in diesem Bereich nicht mitgehen, da die Anforderungen an die Leuchtkästen, eine Mindestleuchtdichte von 1.700 cd/m² besser 2.000 cd/m² zu besitzen, keinerlei Verbesserung für die Betrachtung der Röntgendurchsichtsbilder beinhaltet, eher noch ein Abfall in der Erkennbarkeit in diesem Bereich zu verzeichnen ist.

Anlehnd an eine Methodenstudie von Eltzschig et al (1991), die an der Medizinischen Akademie Dresden durchgeführt wurde, ist die Möglichkeit einer Betrachtung der zahnärztlichen Aufnahmen in Räumlichkeiten, die eine Verdunklung auf 50 lx besitzen, sehr unwahrscheinlich. Der Behandlungsraum sollte nach dieser Studie eine Allgemeinbeleuchtung von ca. 600 lx, die Arbeitsplatzbeleuchtung ca. 1.000 lx und die Arbeitsfeldbeleuchtung sollte größer als 8.000 lx sein. Wenn man nun noch bedenkt, daß der Zahnarzt eine Operationsleuchte, wie sie von einigen Herstellern (z.B. KaVo) angeboten wird, mit einer Leuchtstärke von über 25.000 lx nutzt, sind die Bedingungen der DIN 6856 nicht erfüllbar (Abb. 4 und 5).

In dem Zusammenhang sollte man an die Störung des Arbeitsablaufes, wie er in der Praxis vorhanden ist, denken, wenn man versucht, die Bedingungen der Raumbeleuchtung, aber auch der Adaptationszeit aus der DIN 6856 in den Praxisalltag zu überführen.

Unter den aufgeführten Punkten, gestützt durch die Ergebnisse unserer Untersuchung, ist es von Vorteil, daß die überzogenen Forderungen aus der DIN 6856 Teil 1 und Teil 2 nicht in die zahnmedizinische Röntgendiagnostik übertragen wurden.

Unter den aufgeführten Schwierigkeiten, die sich unter den Bedingungen der DIN 6856 Teil 1 und Teil 2 innerhalb des Praxismanagements ergeben, sollte aber nicht vergessen werden, die vorhandenen Möglichkeiten bei der Befundung auszuschöpfen.

So ist zu überlegen, ob nicht folgende zwei Gedankengänge aufgegriffen werden sollten.

Erstens ist es anzustreben, generell Betrachtungseinrichtungen zu nutzen. Zweitens diese Betrachtungskästen wenigstens in Bereiche des Behandlungsraumes zu verlegen, die nicht der vollen Arbeitsfeld- und auch nicht der direkten Arbeitsplatzbeleuchtung ausgesetzt sind. Unter der Einwirkung der Allgemeinbeleuchtung sind, wie die Praxis lehrt, an Röntgenbildbetrachtern gute Ergebnisse in der Diagnostik zu erreichen. Der Blendeffekt wird hier zwar nicht ausgeschlossen, aber im Vergleich zu den Beleuchtungen im Arbeitsfeld und am Arbeitsplatz stark minimiert. Nach diesen Gesichtspunkten ist natürlich zu überlegen, inwiefern die Röntgenbildbetrachter an den Schwebetischen für die reine Befundung und Diagnostik zu verwenden sind. Diese Bildbetrachter sollten eher für die Information und Aufklärung des Patienten durch den Zahnarzt genutzt werden und ihm, dem Behandler, zur Übersicht bei seiner Tätigkeit dienen (Abb. 4 und 5).

Einige Punkte der DIN 6856 Teil 1 und Teil 2 sind uns während der Untersuchungen zu dieser Arbeit aufgefallen, die in der Röntgendiagnostik der Zahnmedizin Einzug halten sollten.

So ist, nicht nur nach Meinung des Verfassers, die Möglichkeit zur Objekteinblendung als sinnvoll anzusehen (Abb. 2 und 3). Schon in früheren Publikationen gingen Trendelenburg et al (1961) sowie Tschermak (1903) auf die Abnahme des Kontrastempfindens des Betrachters bei Zunahme der Beleuchtung der Umgebung und des Umfeldes ein. Trendelenburg et al (1961) schrieb hierzu: „*Steigert man die Beleuchtung über das zulässige Maß, so nimmt die Sehschärfe wieder ab. Das Auge wird vorübergehend*

‘geblendet’. Eine andere Art von Blending kann aber auch schon bei im übrigen durchaus zulässigen Beleuchtungsstärken eintreten und die Sehschärfe stark herabsetzen, nämlich wenn nicht nur die beleuchteten Gegenstände oder Sehproben auf der Netzhaut abgebildet werden, sondern, sei es auch ganz seitlich, eine Lichtquelle.“

Sinnvoll erscheint uns weiterhin, daß ein Wartungs- und Reinigungsintervall eingeführt wird. So ist es am einfachsten Artefakte und Verschmutzungen zu beseitigen, um damit einer Verschlechterung der Diagnostik und Befundung, wie sie oben schon erwähnt wurde, nicht ausgeliefert zu sein. Auch die Überlegungen zum Leuchtröhrenwechsel innerhalb des Röntgenbildbetrachtungskastens erscheinen positiv, da nur so eine gleichmäßige Ausleuchtung erreicht werden kann.
Die Überanstrengung des Auges und die daraus resultierende Ermüdung desselben durch eine flackernde Lichtquelle ist wohl unbestritten.

In unseren Untersuchungen stellten wir fest, daß eine Veränderung der Leuchtdichte am Bildbetrachter unterschiedliche Bereiche des Röntgendurchsichtsbildes für den einzelnen Betrachter kontrastreicher und damit besser erkennbar werden ließ. Ein Röntgenbildbetrachtungsgerät, welches die Regulierbarkeit der Leuchtdichte ermöglicht, wäre nach Meinung des Verfassers empfehlenswert.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die Röntgendiagnostik sehr stark von subjektiven Einflüssen abhängt. Diese „*Individuelle Einflüsse auf die Bewertung röntgen-defektographischer Aufnahmen*“ wurde von Eisenburger und Tschernitschek (1996) untersucht. Neben den physischen Voraussetzungen des Untersuchers sind auch Tagesform, Tageszeit und Ermüdungsgrad von Bedeutung. Ganz entscheidend für die Befundung und Diagnostik sind natürlich ohne Frage der Ausbildungsstand, die Erfahrung und die Routine des Untersuchenden.

7. Zusammenfassung

Neben der Bildqualität korreliert die diagnostische Aussagekraft von Röntgendurchsichtsbildern hauptsächlich mit den Betrachtungsbedingungen. In den Normenreihen DIN 54116 sowie DIN 6856 Teil 1 und Teil 2 sind die Anforderungen an die Betrachtung und Befundung von Röntgenaufnahmen festgeschrieben.

Nach der Grundlage der DIN 6856, die für die allgemeine medizinische Röntgendiagnostik seit dem Jahre 1995 gültig ist, sollen die Röntgenbetrachter neben einer gleichmäßigen Ausleuchtung und der Möglichkeit einer Objekteinblendung, eine Spannbreite der Leuchtdichte von 1.700 cd/m^2 , als Mindestanforderung, bis 3.000 cd/m^2 aufweisen. Die Raumbeleuchtung soll 50 lx bei der Auswertung der Röntgenbilder nicht überschreiten.

Diese Bedingungen sind für die Arbeit in einer zahnärztlichen Praxis nicht relevant, da eine Befundung von Röntgenaufnahmen durch den Zahnarzt während der Behandlung des Patienten am Arbeitsplatz erfolgen muß. Über die DIN 67505 „Beleuchtung der zahnärztlichen Behandlungsräume und zahnärztlichen Laboratorien“ werden außerdem wesentlich höhere Werte für die Raumbeleuchtung vorgeschrieben.

Andererseits hat die Praxis bewiesen, daß der Zahnarzt unter den vorgegebenen Bedingungen durchaus in der Lage ist, während der Behandlung eine adäquate Befundung von Röntgendurchsichtsbildern durchzuführen.

In der vorliegenden Arbeit sollte daher im Auftrage des Normungsausschusses Dental Arbeitsausschuß Röntgendiagnostik, im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. untersucht werden, welche Faktoren zu dieser Diskrepanz zur gültigen DIN 6856 führen konnten und in welcher Form diese Vorschrift oder ob sie überhaupt in der Zahnmedizin ihre Anwendung finden kann.

Dazu wurde eine Auswahl von Röntgenaufnahmen untersucht, die in der zahnärztlichen Praxis den am häufigsten vorkommenden Röntgenbildformaten entspricht, nämlich der intraorale Zahnfilm und die Panorammaschichtaufnahme (OPG).

Untersucht wurden die Detailerkennbarkeit in Korrelation zur Raumbeleuchtung, Leuchtdichte und zu zusätzlichen Randbedingungen, wie Objekteinblendung und Kontrastumfang.

Hierzu sind zwei Gruppen von Panorammaschichtaufnahmen mit jeweils unterschiedlichem Kontrastumfang von 9 unabhängigen Untersuchern auf die Erkennbarkeit der Parodontalspalte an allen vorhandenen Zähnen sowie auf die Durchzeichnung der Mandibularkanäle überprüft worden. Die Untersuchung fand an einem eingeblendeten und skalierten Leuchtkasten statt. Bei der Untersuchung wurden weitestgehend die Kriterien, wie sie in der DIN 6856 vorgeschrieben sind, eingehalten.

Im Ergebnis stellte sich bei der Erkennbarkeit des Mandibularkanals ein nahezu linearer Anstieg mit größer werdender Leuchtdichte dar, unabhängig vom Kontrastumfang der OPG-Aufnahmen.

Bei der Erkennbarkeit der Parodontalspalte traten bei niederen und hohen Leuchtdichten Maxima auf, auch hier waren die Verläufe bei beiden Kontrastumfängen der OPG-Aufnahmen ähnlich.

Bei beiden Details ist eine Verschlechterung der Erkennbarkeit bei höchsten Leuchtdichten (größer 4.000 cd/m^2), geschuldet der Überstrahlung der Bildobjekte, zu verzeichnen.

Das zweite Röntgenbildformat, der intraorale Zahnfilm, ist von 9 unabhängigen Untersuchern in zwei Kontrastgruppen auf die Erkennbarkeit der Parodontalspalte am sich im Zentralstrahl befindlichen Zahn untersucht worden. Die Befundung ist an einer Grelleuchte mit Irisblende durchgeführt worden.

Auch hier zeigte sich im Ergebnis eine Verteilung der Erkennbarkeit der Parodontalspalte unabhängig vom Kontrastumfang in einem Maximum bei niederer Leuchtdichte und einem Maximum bei höherer Leuchtdichte.

Bei beiden Kontrastgruppen des intraoralen Zahnmfilms ist eine Verschlechterung der Erkennung bei höchsten Leuchtdichten (größer

20.000 cd/m²), maßgeblich der Überstrahlung der Details geschuldet, festzustellen.

Es konnte kein signifikanter Unterschied der Erkennbarkeit der Details zwischen den Kontrastumfängen sowohl bei den Panoramaschichtaufnahmen als auch bei den intraoralen Zahnfilmaufnahmen festgestellt werden.

Die einzigen signifikanten Unterschiede sind innerhalb der Untersuchergruppe aufgetreten, das heißt, daß die größte Variabilität bei der Befundung beim Betrachter selber liegt.

Auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurde vom Normungsausschuß Dental entschieden, daß die DIN 6856 Teil I und Teil II für die Belange der zahnärztlichen Röntgendiagnostik keine Anwendung finden kann.

8. Literaturverzeichnis

- (1) H.-H. Barth, H. Grasser; „Bildkontrast bei verschiedenen Kassetten - Folien - Film - Kombinationen“; Dtsch. Zahnärztliche Zeitschrift 40, 1230 - 1234, (1985)
- (2) C. Blendl, M. Kierdorf; „Die mittlere optische Dichte in Röntgenbildern: Meßmethodik, Ergebnisse und Einflußgrößen“; Aktuelle Radiologie, 196-198, 2(1992), Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York
- (3) C. Blendl, M. Kierdorf, R. Bollen, K.-H. Freytag; „Signal - Rausch - Verhältnis bzw. Anzahl wahrnehmbarer Graustufen im Röntgenbild“; Teil I, 220-225, Teil II, 286-291, Aktuelle Radiologie, 3(1993), Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York
- (4) Peter Bohley; „Statistik: einführendes Lehrbuch für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften“, 6.Auflage, R. Oldenbourg Verlag München Wien, (1996)
- (5) H. Braetsch; „Leuchtstofflampen - Baugrößen zylindrischer Röhren, Lichtverteilung über Länge“ KaVo Innovationsgesellschaft m.b.H., (1997)
- (6) G.-A. Brandt; „Bedeutung der optischen Dichte für die Röntgenbildbetrachtungsbedingungen“; Aktuelle Radiologie, 75 – 78, 4(1994), Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York
- (7) W. A. Dalicho, „Wahrnehmung und Darstellbarkeit von Details aus dem Röntgenbild“, Thieme Verlag Leipzig (1967)
- (8) Rolf Dietze, Erwin Köcher; „Physik und Praxis der Röntgenaufnahmetechnik“; S. 337-384, Gustav Fischer Verlag, Jena (1977)

- (9) DIN 6856 „Bildbetrachtungsgeräte und –bedingungen“, Teil 1
(10/1995)/Teil 2 (04/1995), Beuth Verlag, Berlin (1995)
- (10) DIN 67505 „Beleuchtung der zahnärztlichen Behandlungsräume und zahnärztlichen Laboratorien“, Beuth Verlag, Berlin (1986)
- (11) DIN 54116 „Betrachtungsgeräte und –bedingungen für technische Röntgenbilder“, Beuth Verlag, Berlin
- (12) Jürgen Düker; „Röntgendiagnostik mit der Panoramenschichtaufnahme“; Hüttig-Verlag, Heidelberg (1992)
- (13) M. Eisenburger, H. Tschernitschek; „Individuelle Einflüsse auf die Bewertung röntgendefektographischer Aufnahmen“; Quintessenz 47, 949 – 958, 7(1996), Quintessenz Verlags – GmbH, Berlin
- (14) Maria Eltzschig, Bernd Reitemeier; „Zur Beleuchtung des zahnärztlichen Arbeitsplatzes - Eine Methodenstudie“; Quintessenz 42, 1465 - 1471, 9(1991), Quintessenz Verlags – GmbH, Berlin
- (15) H. Haferkorn; „Lexikon der Optik“; Verlag Werner Dausin, Hanau (1988)
- (16) G. Hagemann; „Bemerkungen zur Frage der Bestimmung der mittleren optischen Dichte in Röntgenbildern“; Aktuelle Radiologie, 298 - 300, 4(1994), Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York
- (17) Joachim Hartung, Bärbel Elpelt; „Multivariate Statistik – Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik“; S. 172 ff, 4. durchgesehene Auflage, R. Oldenbourg Verlag München Wien (1992)
- (18) H. Helmholtz; „Handbuch der physiologischen Optik“; S. 315 f, 1. Auflage Leipzig (1867)

- (19) O. Knessel; „Verarbeitung der Versuchsdaten“ aus „Laboratoriumstechnik für Biochemiker“, Herausgeber: B. Keil, Z. Sormová, 353 – 360, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K. – G., Leipzig (1965)
- (20) A. König, E. Brodhun; „Experimentelle Untersuchungen über die psychische Fundamentformel in Bezug auf den Gesichtssinn“; Sitzungsbericht der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin“; 917 – 931, 8(1888)
- (21) H. Laurens; „Über die räumliche Unterscheidungsfähigkeit beim Dämmerungssehen“; Zeitschrift für Sinnesphysiologie, 233 - 239, 48, (1914)
- (22) R. Monje; „Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Darbietungszeit“; Bericht über die Zusammenkunft der Deutschen Ophtalmologischen Gesellschaft in Heidelberg, 270 ff., (1949)
- (23) F. A. Pasler; „Zahnärztliche Radiologie“; 178 ff. und 226 –237, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart (1995)
- (24) Protokoll BZÄK 5/1994 33. Sitzung des Länderausschusses Röntgenverordnung 18./19.04.1994
- (25) R. F. Schmidt, G. Thews; „Physiologie des Menschen“, 249 - 290, 25. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg (1993)
- (26) H. Schober; „Das Sehen“ Band II, Fachbuchverlag Leipzig (1964)
- (27) E. Spens, T. Karsch; „Detailerkennbarkeit konventioneller zahnärztlicher Röntgenaufnahmen unter Praxisbedingungen“; ZWR, 445 – 450, 9(2000)

- (28) F. Tonner, H. H. Weber; „Die Grundlagen der Deutung der Sehschärfe“; Pflügers Arch. für die gesamte Physiologie Bd. 247, 145 – 148, (1943)
- (29) F. Tonner; „Die Messung der Empfindungsfläche und Sehschärfe unter variablen Bedingungen im gleichen Versuch“; Pflügers Arch. für die gesamte Physiologie Bd. 247, 149 – 159, (1943)
- (30) F. Tonner; „Die Größe der Empfindungsfläche eines Lichtpunktes und der Zapfenraster“; Pflügers Arch. für die gesamte Physiologie Bd. 247, 168 – 182, (1943)
- (31) F. Tonner; „Die Sehschärfe“; Pflügers Arch. für die gesamte Physiologie Bd. 247, 183 – 193, (1943)
- (32) W. Trendelenburg; „Die Adaptationsbrille, ein Hilfsmittel für Röntgendurchleuchtungen“; Münchener Med. Wochenschrift Nr. 7, Feldärztliche Beilage Nr. 7, 15. Februar 1916
- (33) W. Trendelenburg; „Die Adaptationsbrille, ein Hilfsmittel für Röntgendurchleuchtungen“; Fortschritte der Röntgenstrahlen, 30 – 32, 25, 1916
- (34) W. Trendelenburg; „Zur Adaptationsbrille“; Fortschritte der Röntgenstrahlen, 87 – 90, 33, 1925
- (35) W. Trendelenburg; „Der Gesichtssinn – Grundzüge der physiologischen Optik“; 249 ff, 2.Auflage, Springer Verlag Berlin Göttingen Heidelberg (1961)
- (36) A. Tschermak; „Über Kontrast und Irradiation“; Ergebnisse der Physiologie; Herausgeber: Asher, Spiro; 726 ff, II. Jahrgang, J. F. Bergmann Verlag Wiesbaden (1903)

9. Thesen zur Dissertation

1. Die diagnostische Aussage von Röntgenaufnahmen korreliert neben der Bildqualität hauptsächlich mit den Betrachtungsbedingungen.
2. In der allgemeinen medizinischen Radiologie sind die Anforderungen für die Betrachtung und Befundung von Röntgendurchsichtsbildern in den Normenreihen DIN 54116 sowie DIN 6856 Teil I (Oktober 1995) und Teil II (April 1995) festgelegt. Sie sind damit verbindlich für die Abnahme- und Sachverständigenprüfung von Röntgenanlagen.
3. Demnach sollen handelsübliche Filmbetrachter, neben einer homogenen Ausleuchtung der Betrachtungsfläche und der Möglichkeit einer Objekteinblendung, eine Leuchtdichte zwischen 1.700 und 3.000 cd/m² (Candela pro Quadratmeter) aufweisen. Für höhere Leuchtdichten wird zusätzlich die Möglichkeit einer Absenkung über Regler gefordert. Das heißt, bei einer mittleren optischen Dichte von $D = 1,0 - 1,5$ soll dem Betrachter hinter dem Röntgenfilm noch eine Helligkeit von ungefähr 200 - 100 cd/m² zur Verfügung stehen.
Die Farbtemperatur der Leuchtstoffröhren soll zwischen 4.500 und 6.500 K (Kelvin) liegen.
4. Die DIN 6856 fordert außerdem eine maximale Raumbeleuchtung von 50 lx (Lux), gemessen an der Bildbetrachtungsfläche und eine ausreichend lange Dunkeladaptation der Augen des Betrachters (ca. 10 - 15 Minuten).
5. In einer zahnärztlichen Praxis ist die Raumbeleuchtung am Arbeitsplatz durch die DIN 67505 (1967) vorgegeben, die einer Absenkung der Raumbeleuchtung auf den vorgegebenen Wert von 50 lx während der Patientenbehandlung entgegensteht.

6. Die praktische Erfahrung zeigt, daß der Zahnarzt unter Praxisbedingungen jedoch ohne eine Dunkeladaptation durchaus in der Lage ist, Röntgenaufnahmen des Zahnsystems adäquat zu befunden.

7. Die vorliegende Dissertation wurde im Auftrag des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuß Dental, Arbeitskreis Röntgendiagnostik erstellt.

Es sollte überprüft werden, ob unter normalen zahnärztlichen Praxisbedingungen tatsächlich eine optimale Detailerkennbarkeit feinster Strukturen am Zahnsystem möglich ist und ob bei niedrigeren Leuchtdichten noch den Forderungen der DIN 6856 entsprochen wird.

8. Die Untersuchung erfolgte in der Röntgenabteilung des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Medizinischen Fakultät der Martin - Luther - Universität Halle - Wittenberg, da hier die regelbaren Bildbetrachtungsgeräte „Planilux LJS 75x44 AP/EHR“ und „IRIS FL/EHR“ installiert sind.

Nach der densitometrischen Bestimmung des Kontrastumfanges und deren Zuordnung in Gruppen, wurden Panorammaschicht- und intraorale Zahnröntgenaufnahmen bei einer Raumbeleuchtung von 250 lx untersucht. Die Skalierung der Betrachtungsgeräte erfolgte mit dem Meßgerät „Marvolux digital“.

Die Sichtung der Aufnahmen wurde von neun Betrachtern mit nahezu gleicher Qualifikation und Routine durchgeführt.

Bewertet wurde in einer vorgegebenen Region die Erkennbarkeit des Parodontalspaltes und bei den Panorammaschichtaufnahmen zusätzlich der Verlauf des Mandibularkanals.

In einer zweiten Stichprobe wurde diese Untersuchung zum Vergleich subjektiver Faktoren durch zwei Betrachter ein Jahr später wiederholt.

9. Die Untersuchungsergebnisse belegen, daß bereits bei einer Leuchtdichte von 500 cd/m^2 eine sehr gute Detailerkennbarkeit des Parodontalspaltes vorliegt.

Entgegen den Forderungen der DIN 6856 sind die Ergebnisse bei Leuchtdichten zwischen 1.000 und 2.500 cd/m² deutlich schlechter. Über 2.500 cd/m² steigt die Detailerkennbarkeit fast linear an, um bei sehr hohen Leuchtdichten zwischen 4.500 und 20.000 cd/m² durch den Blendeffekt wieder abzusinken. Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Kontrastumfang konnten nicht nachgewiesen werden.

10. Eine Erklärung dieses physiologischen Phänomens ist zunächst in der neueren Literatur nicht zu finden. Aber bereits im Jahre 1888 publizierten König und Brodhun vergleichbare Ergebnisse zum Kontrastverhalten des menschlichen Auges bei kleinen Hell- und Dunkelfeldern. Die bessere Detailerkennbarkeit an Dunkel-Hellgrenzen bei kleinen Bildausschnitten ist in der radiologischen Diagnostik als optischer Macheffekt, Grenzkontrast oder Mach – Band (Schmidt/Tews [1993]) bekannt . Da es sich bei Zahnaufnahmen mit Objekteinblendung um sehr kleine Bildausschnitte handelt, könnten die Untersuchungsergebnisse dahingehend interpretiert werden. Die Ergebnisse weisen jedoch auch aus, daß, wie bei vielen ähnlich angelegten Studien, die Subjektivität der Untersucher den signifikant größten Unsicherheitsfaktor darstellt.

11. Auf Grund der dem Normungsausschuß Dental bereits im Jahr 1998 vorgelegten Untersuchungsergebnisse wurde der Geltungsbereich der DIN 6856 dahingehend geändert, daß die zahnärztlichen Bildbetrachter keiner Abnahme- und Sachverständigenprüfung bedürfen.

12. In einer Mitteilung des Normenausschusses Dental, Arbeitskreis Röntgendiagnostik wurden Teilergebnisse der vorliegenden Dissertation bereits publiziert (E. Spens, T. Kasch [2000]).

Lebenslauf

Angaben zur Person:

Name: Stefan Kellner
Wohnort: Theodor-Storm-Str. 2
 06126 Halle/Saale
 Tel.: 03 45/6 87 26 10
Geburtsdatum: 05.02.1973
Geburtsort: Halle/Saale
Familienstand: verheiratet
Nationalität: deutsch

Schulische Ausbildung:

09.1979 - 08.1989 Polytechnische Oberschule
09.1989 - 06.1991 Erweiterte Oberschule
28.06.1991 Allgemeine Hochschulreife

Dienste:

01.07.1991 - 30.06.1992 Grundwehrdienst in Wetzlar/Lahn und Straußberg

Universitäre Ausbildung:

10.1992 - 10.1998 Studium der Zahnmedizin an der Martin-Luther-
 Universität Halle-Wittenberg
10.1992 - 03.1996 Vorklinisches Studium
22.08.1994 Naturwissenschaftliche Vorprüfung
01.03.1996 Zahnärztliche Vorprüfung
04.1996 - 10.1998 Klinisches Hauptstudium
21.10.1998 Zahnärztliche Prüfung (Staatsexamen)

Beruflicher Werdegang:

12.11.1998	Approbation als Zahnarzt
11.1998	Mitglied der Zahnärztekammer Sachsen-Anhalt
01.01.1999 - 31.12.2000	Anstellung in der Zahnarztpraxis Dr. H. Werner in Bad Schmiedeberg als Assistent
ab 01.01.2001	angestellter Zahnarzt in der Zahnarztpraxis Dr. H. Werner in Bad Schmiedeberg
01.2001	Eintragung in das Zahnarztregister der Kassenzahnärztlichen Vereinigung Sachsen-Anhalt

Sonstiges:

1980 - 1992	Mitglied im SV Rotation Halle e.V., Bereich Schwimmen
07. - 08.1992	landwirtschaftliches Praktikum bei G. und E. Scheuerle GbR in Queis
08.1996 und 09.1997	Famulatur in der zahnärztlichen Praxis von Dr. G. Hübner in Alfeld/Leine
01.1999 - 08.2001	diverse Fortbildungen im Bereich der Zahnmedizin
09.1999 und 04.2001	Hospitanz in der Zahnarztpraxis Dr. K. Berger in Bad Zwischenahn

Halle/Saale, 24.09.2001

-Stefan Kellner-

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, daß ich die vorliegende Arbeit ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Ich versichere, daß ich für die inhaltliche Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen habe. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der Verfasser hat bisher keine Promotionsversuche unternommen.

Ergebnisse dieser Arbeit sind schon in der ZWR publiziert worden (siehe Literaturverzeichnis [27]).

Halle/Saale, 30.06.2001

-Stefan Kellner-

Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde in der Zeit von 1996 – 2000 in der Arbeitsgruppe Prof. Dr. Dr. Spens im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg erarbeitet.

Meinem verehrten Mentor Prof. Dr. Dr. E. Spens möchte ich an dieser Stelle herzlich für die Überlassung des Themas, für seinen stets gewährten fachlichen Rat sowie für die Unterstützung und die Anregungen während der Bearbeitung des Themas danken.

Mein Dank gilt ebenfalls den Mitarbeiterinnen der Röntgenabteilung und der chirurgischen Ambulanz des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, die mich in vielfältiger Weise beim Erarbeiten des Materials unterstützt haben.

Mein besonderer Dank geht an meine ehemaligen Kommilitonen, die als Untersucher viel Zeit und Mühe bei der Betrachtung und Charakterisierung des untersuchten Materials aufwanden.

Frau Dr. Ch. Lautenschläger vom Institut für Medizinische Epidemiologie, Biometrik und Medizinische Informatik danke ich für Ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung und Absicherung der Untersuchungsergebnisse.

Des weiteren habe ich Herrn P. Reißig vom Technischen Überwachungsverein Niedersachsen/Sachsen-Anhalt für die Bereitstellung des Gerätes zur Skalierung der Röntgenbildbetrachtungsgeräte zu danken.