

Aus dem Institut für Klinische Radiologie der Ludwig- Maximilians- Universität

München

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Maximilian F. Reiser, FACR, FRCR

**Vergleich der Bildgüte bei
der Niedrigdosis-
Mehrschicht-
Computertomographie der
Lunge mit 4 Detektorzeilen
und 64 Detektorzeilen**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig- Maximilians- Universität zu München

vorgelegt von

Ufuk Gündogar

aus

München

2010

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. Ullrich G. Mueller- Lisse

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Ulrich Fink
Priv. Doz. Dr. Martin J. Kohlhäufel

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR,
FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 20.05.2010

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
1.1. Einleitung	1
1.2. Fragestellung	2
2. Literaturübersicht	3
2.1. Computertomographie.....	3
2.1.1. <i>Geschichte der Computertomographie</i>	3
2.1.2. <i>Generationen und Arbeitsalgorithmus der Computertomographie</i>	4
2.1.3. <i>Das Multidetektorsystem</i>	7
2.1.4. <i>Artefakte in der Computertomographie</i>	9
2.1.5. <i>Strahlenbelastung in der Computertomographie</i>	12
2.1.6. <i>Low dose Imaging</i>	14
2.1.7. <i>Bedeutung in der Thoraxdiagnostik und Lungenanatomie</i>	16
2.2. Cystische Fibrose	20
2.2.1. <i>Pathomechanismus</i>	21
2.2.2. <i>Pathologische Veränderungen</i>	22
2.2.2.1. <i>Extrapulmonale Veränderungen</i>	22
2.2.2.2. <i>Pulmonale Manifestationen</i>	23
2.2.3. <i>Diagnose</i>	25
2.2.4 <i>Therapie</i>	27
2.3. Computertomographie und Cystische Fibrose	30
2.3.1. <i>Sichtbare Pathologien bei der Cystischen Fibrose in der Computertomographie</i>	30
2.3.2. <i>Bedeutung in der Verlaufskontrolle der cystischen Fibrose</i>	32
3. Material und Methoden	33
3.1. Studiendesign	33
3.2. technisches Equipment.....	34
3.3. Durchführung	35
3.4. Bewertungssysteme und Auswertung	35
3.5. Statistik.....	38
3.6. Terminologie	41
3.7. Patienten.....	42
3.8. Verblindung.....	42

4. Ergebnisse	43
4.1. Randomisierung	43
4.2 Die Patientenzahl und das Geschlecht.....	44
4.2.1 <i>Das Patientenalter</i>	44
4.2.2. <i>Anatomische Gegebenheiten der Patienten</i>	45
4.2.3. <i>Das Untersuchungsfeld</i>	46
4.3. Ausschlusskriterien	47
4.4. Bewertung der Datensätze.....	48
4.4.1. <i>Brodie Score Untersucher 2</i>	49
4.4.2 <i>Anatomie Score Untersucher 2</i>	50
4.4.2.1. <i>Axiale Schichtungen</i>	50
4.4.2.2. <i>Sagittale Schichtungen</i>	53
4.4.2.3. <i>Coronare Schichtungen</i>	56
4.4.3. <i>Brodie Score Untersucher 3</i>	59
4.4.3.1. <i>Axiale Schichtungen</i>	60
4.4.3.2. <i>Sagittale Schichtungen</i>	63
4.4.3.3. <i>Coronare Schichtungen</i>	66
4.4.4. <i>Chi Quadrat Test</i>	69
5. Diskussion	74
6. Zusammenfassung	81
7. Anhang	83
8. Literatur	163
9. Danksagung	170
10. Lebenslauf	171

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1 Geschichte der Radiologischen Diagnostik	4
Abbildung 2-2 Abtastprinzip der modernen Computertomographie	5
Abbildung 2-3 Das Multidetektorsystem	7
Abbildung 2-4 Low Dose Vergleich MDCT 4 vs. MDCT 64 axial	10
Abbildung 2-5 Low Dose Vergleich MDCT 4 vs. MDCT 64 coronar	11
Abbildung 2-6 Low Dose Vergleich MDCT 4 vs. MDCT 64 sagittal	11
Abbildung 2-7 Prozentverteilung Radiologische Diagnostik und Intervention	13
Abbildung 2-8 Prozentverteilung in der kollektiven Effektiven Dosis	13
Abbildung 2-9 Standarddosis Aufnahme vs. Niedrig Dosis Aufnahme	15
Abbildung 2-10 Anatomie des Tracheopulmonalbaumes	17
Abbildung 2-11 Pathologische Veränderungen der Bronchien	19
Abbildung 2-12.:Molekulargenetische Veränderungen bei der cystischen Fibrose	22
Abbildung 2-13 Therapiealgorithmus der Mukoviszidose Behandlung	27
Abbildung 2-14 Mukoviszidose assoziierte Lungenveränderungen	32
Abbildung 3-1 Brodie Score	36
Abbildung 3-2 Anatomy Score	37
Abbildung 4-1 Fortgeschrittene Pathologische Veränderungen in der CT Aufnahme	47

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND BEGRIFFSDEFINITION

- anterior : vorderes
- apikal : zur Spitze hin
- ATP : Adenosintriphosphat
- axial : horizontal ; syn: transversal
- cAMP: cyclisches Adenosinmonophosphat
- CBAVD : congenitale bilaterale Aplasie der Vas deferens
- CD : Compact Disc
- CDTI : Computed tomography dose index
- CF : Cystische Fibrose = Mukoviszidose
- CFTR : Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator
- χ^2 : Chi - Quadrat
- coronar : Frontal, Kranz
- CT : Computertomographie
- CTA: Computer Tomographische Angiographie
- distal : von der Körpermitte entfernt
- DIOS: distales intestinales Obstruktionssyndrom
- dorsal : in Richtung des Rückens, hinten
- E : Einheit
- Field of View : Parameter für die Ortsauflösung
- γ : gamma
- ggf : gegebenenfalls
- HbA1c : Glykolisiertes Hämoglobin
- HE : Hounsfield Einheit
- HRCT : High Resolution Computed Tomography
- IgG : Immunglobulin G
- i. m. : intramuskulär
- i. v. : intravenös
- kaudal : Steißwärts
- kaud : kaudal
- KGW : Körpergewicht

-konventionelles Röntgenbild: Standard Röntgenbild; Summationsaufnahme
-kran. : kranial, zum Kopf hin
-kVp : Kilovoltzahlen
-Lingula : Mittellappenäquivalent der linken Lunge
-MDCT : Multi-detector Computed Tomography
-mGy : milli Gray (= Energiedosis)
-MRT : Magnetresonanztomographie
-mSv : milli Sievert (= Äquivalentdosis)
-NaCl : Natriumchlorid
-p. a. : posteroanteriorer Strahlengang
-perip. ; peripher
-PIS : Pilocarpin- Iontophorese- Schweißtest
-posterior : hinteres/ hinten
-proximal : zur Körpermitte hin gelegen
-rhDNAse : rekombinantes humanes Desoxyribonukleinsäure spaltendes Enzym
-SBBO : Small Bowel Bacterial Overgrowth
-s. u : siehe unten
-Scanner : Aufnahmeggerät
-sagittal : senkrecht zur Körperachse, Pfeil
-u. a. : unter anderem
-u. U. : Unter Umständen
-ventral : in Richtung des Bauches
-w. o : weiter oben
-z. B. : zum Beispiel
-zentr : zentral
-z. Zt : zur Zeit

1. Einleitung und Fragestellung

1.1. Einleitung

Die Cystische Fibrose (CF) ist eine genetisch bedingte Erkrankung mit stetiger Progredienz für die es bis heute keine Heilungsmöglichkeiten gibt. Molekulargenetisch beruht die Erkrankung auf einem Defekt des CFTR Gens, welches für Chlorid Kanäle der Zellmembran verantwortlich ist [1]. Je nach Ausprägung haben die Patienten unterschiedlich starke und frühzeitig auftretende Beschwerden. Klinisch macht sich die CF je nach Ausprägung auf verschiedene Arten bemerkbar. Das Spektrum reicht von den typischen Formen mit Pankreasinsuffizienz und pulmonalen Komplikationen bis zu atypischen, milden Formen wie einem Mekonium - Ileus bei Neugeborenen, Sinusitis und disseminierten Bronchiektasen [2]. Besonders die pulmonalen Komplikationen limitieren die Lebenserwartung der Patienten. Man muss frühzeitig mit einer symptomatischen Therapie beginnen, um die Progredienz der Erkrankung zu verlangsamen und den Patienten helfen, um ihnen noch lange Zeit ein erträgliches Leben zu gewährleisten [3]. Die Insuffizienz der Bauchspeicheldrüse lässt sich heutzutage relativ gut mit exogen zugeführten Pankreasenzymen kompensieren [4]. Die pulmonale Manifestation bereitet den Medizinern immer noch große Schwierigkeiten. Die Früherkennung der Krankheit kann mit einem Schweißtest erfolgen [1]. Zur Verlaufskontrolle hat man je nach Organbeschwerden verschiedene diagnostische Möglichkeiten. Ein mittlerweile etabliertes Verfahren ist die Computertomographie; besonders bei akuten Exazerbationen im thorakalen Bereich konnte diese Untersuchungstechnik ihre Qualität bei Mukoviszidose - Patienten unter Beweis stellen [5]. Laut geltenden Leitlinien werden zwar noch bei der Erstdiagnose konventionelle Röntgenbilder in 2 Ebenen angefertigt, doch ist mit der Computertomographie aufgrund der räumlichen Darstellung eine bessere Beurteilung der einzelnen Strukturen und eine frühere Erkennung von pathologischen Vorgängen möglich [6]. Die Computertomographie (CT) ist sensitiver und spezifischer als die konventionelle Röntgenthoraxaufnahme in 2 Ebenen. Das Bedenkliche bei der Computertomographie(CT) ist die im Vergleich zur konventionellen Röntgenthoraxaufnahme bis zu 10 fach höhere Strahlenexposition [7]. Allerdings schaffen Niedrig Dosis Aufnahmen Abhilfe [8]. Sie ermöglichen mit einer geringen Strahlenbelastung sehr gute Darstellungen. Die Computertomographie wird ausserdem bei akuten Exazerbationen von Lungenerkrankungen bei Mukoviszidose Patienten eingesetzt. Sie ist ein sehr gutes Verfahren, um die pathologischen Veränderungen zu evaluieren und dient als Entscheidungshilfe bei der Anwendung

weiterführender Maßnahmen [5]. Zum Beispiel sind Mukoviszidose Patienten anfälliger für Infektionen im Lungenbereich, da die mukoziliäre Clearance aufgrund des Chlorid- Kanal Defekts nicht mehr suffizient arbeiten kann [9]. In solchen Fragestellungen ist die Computertomographie ein ausgezeichnetes Verfahren, um Fröhschäden darzustellen und zu diagnostizieren [5]. Mit den heutzutage etablierten niedrig Dosis Verfahren ist es auch möglich mit einer geringeren Strahlenbelastung eine Thoraxübersichtsaufnahme zu fahren, als wie es dies mit den Standart Dosis Protokollen üblich ist [10]. Der stetige Fortschritt in der Mukoviszidose Forschung und die Entwicklung immer neuerer und besserer Therapiestrategien erfordert sensitivere Verfahren zur Diagnostik und Verlaufskontrolle. Mit der modernen Computertomographie eröffnet sich ein neues Feld in der Mukoviszidose Diagnostik [11].

1.2. Fragestellung

Ziel der Untersuchung war es, festzustellen ob bei der Multidetektor – Computertomographie (MDCT) der Lunge signifikante Unterschiede in der Erkennbarkeit anatomischer Details der Lungenstruktur zwischen einem 64 Zeilen MDCT (Philips Brilliance) und einem 4 Zeilen MDCT (Philips Mx 8000) nachzuweisen sind, wenn jeweils mit dem geringsten technisch möglichen Röhrenstrom Zeit Produkt untersucht wird.

2. Literaturübersicht

2.1. Computertomographie

Die Computertomographie gehört zu den Schnittbildverfahren in der Radiologischen Diagnostik. Sie arbeitet mit Röntgenstrahlen, doch besteht mit der Computertomographie die Möglichkeit, überlagerungsfreie transversale Schichten darzustellen. In der Summe dieser einzelnen Schichten kann man ein 3 Dimensionales Bild erzeugen. Der Computertomograph besteht aus 4 Komponenten. Die Gantry besteht aus einem Hochspannungsgenerator, einer Röntgenröhre, einem Blendensystem, einer Kühlung und einem Detektorsystem. Die anderen 3 Einheiten sind der Patientenlagerungstisch, das Bedienpult und der Computer. [12]

2.1.1. Geschichte der Computertomographie

Die Computertomographie hat seit ihrer Entwicklung im Jahre 1968 und ihrem ersten Einsatz im Jahre 1971 durch Godfrey Newbold Hounsfield sehr große technische Fortschritte durchgemacht. Initial nur als Schädeltomograph eingesetzt, wurde schon 3 Jahre später, 1974, der erste Ganzkörper-Tomograph installiert. Anfang der 90er Jahre wurde dann die Spiraltechnik entwickelt und so der Grundstein für schnelle, artefaktarme Bilder, 3D-Rekonstruktionen und für die CT-Angiographie gelegt. Und zuletzt wurde im Jahre 1998 die Multidetektortechnologie eingeführt, mit der es möglich ist, primär 2 dimensionales Material aus transaxialen Schnitten in 3 Dimensionales Bildmaterial umzuwandeln. Durch dieses Verfahren sind Untersuchungen wie die virtuelle Endoskopie oder auch die Koronarrekonstruktionen möglich geworden [13].

1929		Radon: grundlegende mathematische Prinzipien
1963		Cormack: Bildrekonstruktion
1971		Hounsfield (EMI - Laboratorien): Technologie
1971		Kopfscanner (EMI Mark I)
1974		Ganzkörperscanner (ACTA)
1974		Scanner der 3. Generation (Artronix)
1977		Scanner der 4. Generation (AS & E Scanner)
1979		Nobelpreis für Hounsfield und Cormack
1983		Dynamic Spatial Reconstructor
1983		Elektronenstrahl - CT (Imatron)
1987		Scanner mit kontinuierlich rotierender Röhre
1989		Spiral - CT
1991		2 - Zeilen - CT (Elscint)
1991		CT - Angiographie
1995		Echtzeitrekonstruktion (CT - Fluoroskopie)
1998		Multidetektor - CT (4 - Zeilen - CT)
1999		Herzdiagnostik mit Multidetektor - CT
2002		16 - Zeilen - CT
2004		64 - Zeilen - CT, z - Springfokus - Technologie
2006		Dual - Source - Scanner
2007		256 - Zeilen - CT

Abbildung 2-1 Geschichte Radiologischen Diagnostik (nach [13])

2.1.2. Generationen und Arbeitsalgorithmus der Computertomographie

Es gibt vier Generationen von Computertomographen. Bei den Generation eins (1) und zwei (2) Tomographen bewegte sich die Röntgenröhre noch in zwei getrennten Einzelbewegungen um das Objekt, und zwar in einer Translations und in einer Rotationsbewegung. Dies ist bei den Geräten der dritten (3.) und vierten (4.) Generation anders. Es rotiert die Röntgenröhre. Dies wird unter Hilfenahme eines Kollimators ermöglicht. Dadurch wird ein nur schmaler fächerförmiger Röntgenstrahl aus dem Strahlenkegel ausgeblendet. Dieser ist genauso breit wie der gesamte Patientenquerschnitt. Der Unterschied zwischen 3. und 4.ter Generation ist, dass bei Geräten der 3.ten Generation die Röntgenröhre und der gegenüber liegende Kollimator gemeinsam eine kreisförmige Bewegung vollführen und bei den Geräten der 4.ten Generation ein Vollkreis aus Detektoren aufgebaut ist und nur die Röntgenröhre um den Patienten rotiert. Die Detektoren können sowohl Gas - als auch Festkörperdetektoren sein. Das Funktionsprinzip ist, dass sie die durch das Gewebe durchtretenden und abgeschwächten Röntgensignale aufnehmen und in

elektrische Signale umwandeln, die dann letztendlich digitalisiert werden und durch den Computer in Graustufen verrechnet und als Bild präsentiert werden.

Bei Multidetektorsystemen sind mehrere Detektorzeilen nebeneinander angeordnet. Zu den Geräten der 3. Generation wird auch das Spiral CT gezählt, welches durch ein Schleifringssystem die Drehrichtungsänderung zur Kabelrückführung unnötig macht. Dadurch kann die Röhre durchgehend rotieren. Ein großer Vorteil sind die kürzeren Untersuchungszeiten und die lückenlosen Erfassungen von Volumendatensätzen in den Atempausen. Durch die Spiraltechnik wird es auch möglich, bedingt durch die Bildung isotroper Voxel, dass man 3D Rekonstruktionen rekonstruieren kann oder koronare und sagittale Schichten berechnet. Außerdem hat man auch Vorteile bei Mehrphasen Kontrastmitteluntersuchung, weil man den Kontrastmittelbolus besser verteilen und demzufolge auch an Kontrastmittel einsparen kann.

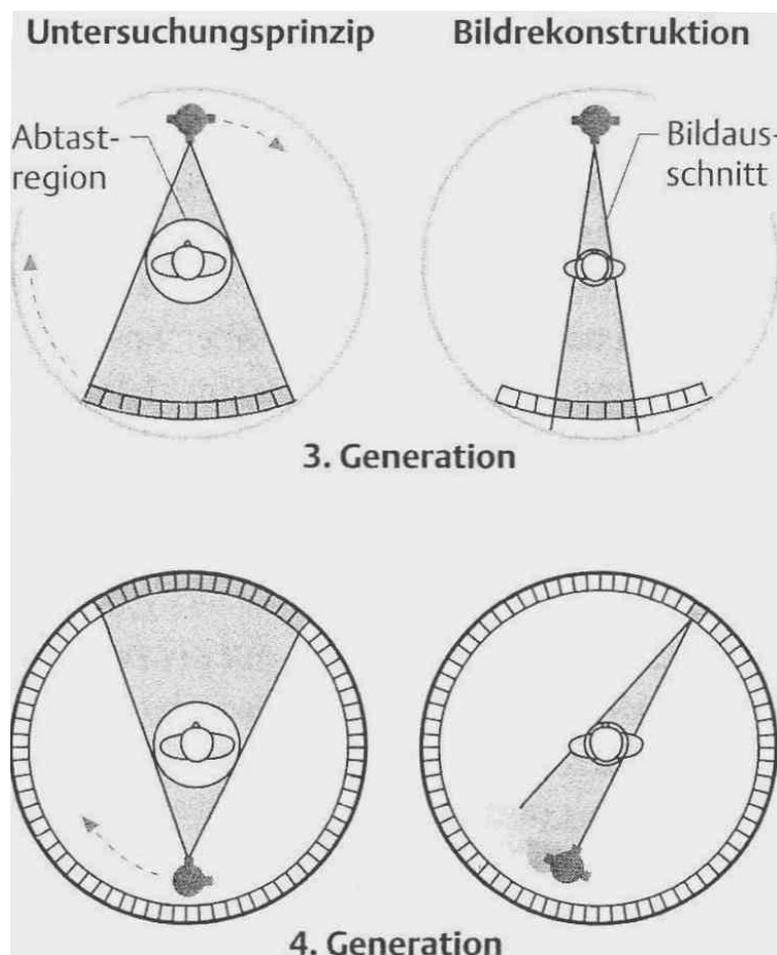


Abbildung 2-2: Abtastprinzip der modernen Computertomographie (nach [13])

Die Bildrekonstruktion:

Die durch den Gewebedurchtritt bedingte Abschwächung der Röntgenstrahlen wird in jeder Winkelstellung der Röntgenröhre gemessen. Der Computer logarithmiert diese Schwächungswerte und projiziert diese nach Art eines Linienintegrals zurück, das bedeutet

vereinfacht, dass alle Punkte entlang des Integrationsweges den gleichen Signalwert erhalten. Aus der Summe aller Schwächungswerte wird das Schichtbild errechnet. Jedes Element, welches einen Pixel bildet (Bildelement, 2 – dimensional) wird zusammen mit der Schichtdicke zu einem Voxel (Bildelement, 3 – dimensional). Die Absorption der Röntgenstrahlen hängen von der Beschaffenheit des Gewebes durch welches sie hindurch treten und von der Strahlungsenergie mit der das Gewebe bestrahlt wird ab. Deswegen wurde die Hounsfield Einheit als Dichtemaß für die Computertomographie gewählt. Sie errechnet sich aus dem linearen Schwächungskoeffizienten. Als Bezugsgröße dient Wasser und besitzt 0 Hounsfield Einheiten. Als Beispiel besitzt die Lunge als pneumatisiertes Organ -500 HE und die Kompakta des Röhrenknochens >1000 HE. Diese so ermittelten Dichtewerte werden in der Computertomographie als Graustufen dargestellt. Das menschliche Auge besitzt die Fähigkeit nur 20 Graustufen zu differenzieren. Deswegen wird in der Computertomographie die Fenstertechnik angewendet, bei der nur die relevanten Graustufen der interessanten Region eingeblendet werden, während Objekte die höhere oder niedrigere Dichtewerte besitzen einheitlich schwarz oder weiß dargestellt werden. Im Beispiel Lunge wäre das Zentrum des gewählten Fensters bei -600 Hounsfield Einheiten (HE) [13].

2.1.3. Das Multidetektorsystem

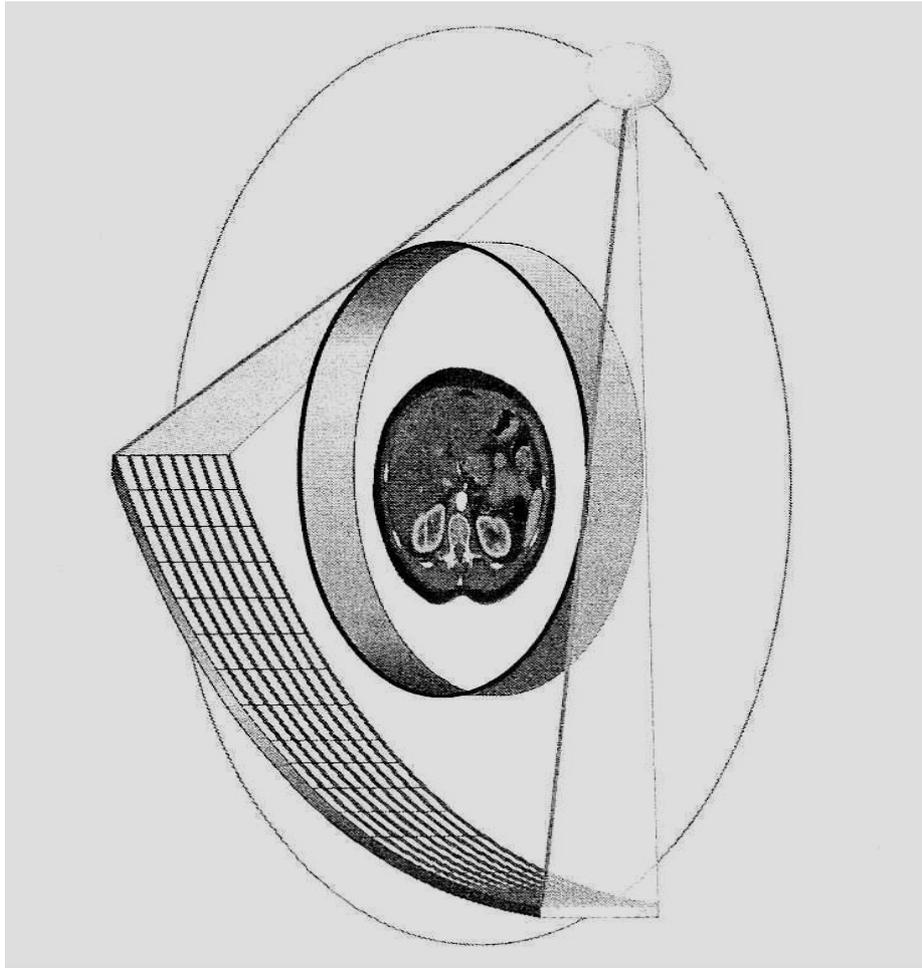


Abbildung 2-3: Das Multidetektorsystem (nach [13])

Einzeilen Scanner besitzen einen breiten Detektorkranz, dessen Elemente parallel zur z-Achse angeordnet sind. Die verschiedenen Schichtkollimationen werden durch Einblendung des Röntgenstrahls nahe der Röhre erzeugt. Durch Längsteilung der Detektoren erhält man Zweizeilen Scanner, wobei verschiedene Kollimationen ähnlich wie bei Einzelensystemen durch röhrennahe Kollimatoren erzeugt werden. Dagegen besitzen Multidetektorsysteme mit mehr als 2 Zeilen eine Vielzahl von Detektorreihen, die durch dünne Röntgenstrahlundurchlässige Stege voneinander getrennt sind. Die Zahl der aktiven Detektorzeilen ist in der Regel kleiner als die die Gesamtzahl der Detektorreihen, da mehrere Detektorreihen in einem Datenakquisitionssystem zusammengefasst werden müssen, um verschiedene Kollimationen realisieren zu können. Entsprechend besitzt ein 4 Zeilen Scanner 4 Datenakquisitionssysteme und ein 32 Zeilen Scanner 32.

Es gibt geteilte Detektorsysteme und Matrixdetektorsysteme, welche aus mehreren Detektorreihen mit einheitlicher Breite bestehen. Die Breite der Detektorzeile entspricht aber nicht der realen

Breite, sondern der Breite des zugehörigen Schichtprofils des Röntgenstrahls, gemessen im Zentrum des Scanfeldes. Die reale Größe beträgt ungefähr das Doppelte.

Zu den Multidetektorsystem ist zu sagen, dass sie ein Meilenstein in der CT- Technologie sind. Der große Vorteil ist, dass mehrere parallele Detektorzeilen gleichzeitig ausgelesen werden können woraus eine Verringerung der Schichtdicke, Erhöhung der Scanlänge und auch eine Reduktion der Scandauer erreicht werden kann. Durch das Multidetektorsystem ist eine nahezu dreidimensionale Datenerfassung in allen Raumachsen mit isotroper Auflösung möglich. Das Abtastprinzip ist im Gegensatz zur Einzeilen CT dadurch anders, da Multidetektorsysteme mehrere parallele Detektorzeilen besitzen die gleichzeitig Rohdaten erfassen können. Die derzeitigen Multidetektorsysteme nutzen eine Scannergeometrie der 3. Generation mit simultan rotierender Röntgenröhre und Detektoreinheit. Derzeit sind Systeme mit bis zu 256 Zeilen gebräuchlich. Eine weitere Verbesserung der Systeme wurde durch eine höhere Rotationsgeschwindigkeit erreicht. Ein weiterer Vorteil der Multidetektorsysteme ist, dass sie nicht nur Spiralförmig Daten akquirieren sondern auch sequentiell Daten erfassen können. Diese Eigenschaft kommt z.B. bei der HRCT der Lunge oder ZNS Untersuchungen des Schädels zur Anwendung. Außerdem können Multidetektorsysteme die Beschränkung der Spiral CT, nämlich die inverse Relation zwischen Schichtdicke und Untersuchungslänge überwinden. Durch kürzere Scanzeiten werden Bewegungsartefakte reduziert. Dadurch kann man die Leber oder andere parenchymatöse Organe in verschiedenen Kontrastphasen untersuchen. Dies erleichtert die Detektion und Differenzierung von Läsionen in diesen Organen. Außerdem ist eine Reduktion des Kontrastmittels gegeben. Die Aufnahme längerer Scanabschnitte kommt besonders bei der CT-Angiographie zur Geltung. Man erreicht bis zu 160cm lange Scanabschnitte mit sehr guten Scanergebnissen, selbst kleine Gefäße werden gut dargestellt [14]. Durch die dünnen Schichten mit isotroper Auflösung in allen gewünschten Ebenen kommt es zu einem hervorragendem Bild, welches nicht selten die Auflösung in MRT Aufnahmen übertrifft [13].

Ein Nachteil ist, dass durch die Multidetektorsysteme eine hohe Datenflut sich ansammelt. Als Beispiel fallen bei einer CTA der Aorta mit peripheren Gefäßen bis zu 1500 Bilder an. Die Datenflut ist nicht abhängig davon ob es sich um vier, 32 oder um einen 64 Zeilen Scanner handelt. Der Vorteil des 64 Zeilen Scanner ist jedoch, dass die Rekonstruktion schneller erfolgen kann. Anwendung findet dies z. B. in der kardialen CT Diagnostik. Ein Ansatz die Datenflut zu minimieren ist die Schichtdicke zu vergrößern. Dadurch werden aber die Vorteile des Multidetektorsystems nicht suffizient ausgenutzt.

Ab einer Zeilenanzahl von 16 muss auch darauf geachtet werden, dass die Scangeschwindigkeit nicht zu hoch wird und man das injizierte Kontrastmittel nicht überholt. Das Bildrauschen wächst mit der Verringerung der Schichtweite, daher sollten dickere Schichten rekonstruiert werden. Hohen Strahlenbedarf hat man bei Multidetektorsystemen nur wenn eine sehr hohe Ortsauflösung

gefordert wird, ansonsten ist die Strahlungsbelastung beim Multidetektorsystem geringer als bei der konventionellen CT [13]

2.1.4. Artefakte in der Computertomographie

Es gibt in der Computertomographie wie bei allen radiologischen Verfahren diverse Artefakte, wie z.B. das Bildrauschen.

Das Bildrauschen wird bestimmt durch die Detektordosis, die Absorption im Patienten, die Art der Bildrekonstruktion und dem Elektronikrauschen in der Verstärkerelektronik des Detektorsystems. Aus der Formel für das Bildrauschen:

$$\sigma = 1/\sqrt{D}$$

wird abgeleitet, dass eine 4 mal so hohe Detektordosis benötigt wird um das Bildrauschen zu halbieren, wegen diesem Zusammenhang bleiben einem nicht viele Möglichkeiten dem Bildrauschen entgegen zu wirken. Aber da die Detektordosis sehr stark von der Absorption im Körper des Patienten abhängt, ist auch eine starke Beeinflussung von Region und Patient nicht zu vergessen. Durch die exponentielle Röntgenschwächung in Materie verdoppelt sich die Absorption alle 3-4 cm an zusätzlichen Weichteilen. Als weitere Komponente kommt es auch auf die Strahlenqualität an. Deswegen muss bei Patienten mit einem größeren Körpervolumen auch eine höhere Strahlendosis appliziert werden. Im Gegensatz dazu haben wir das Problem das bei sehr niedrigen Dosen nicht mehr das Quantenrauschen, sondern diesmal das Elektronikrauschen der Detektoren der Grund für das Bildrauschen ist. Dieses Elektronikrauschen ist auch der limitierende Faktor bei niedrig Dosis aufnahmen da es eben zu hohem Bildrauschen und Quantum starvation Artefakten kommt.

Das Verhältnis zwischen Bildrauschen und Ortsauflösung:

Dies ist der wichtigste Faktor zur Dosisanpassung im klinischen Alltag. Es gilt die Formel, analog zum Quantenrauschen:

$$\sigma = 1/\sqrt{\text{Schichtdicke}}$$

Daraus folgt, um konstantes Rauschen zu erhalten muss die Dosis um denselben Faktor erhöht werden um den die Schichtdicke verringert wird. Die Ortsauflösung in der Scanebene wird durch die Wahl des Faltungskerns zur Bildrekonstruktion bestimmt, wird aber auch durch die Scannergeometrie und der Projektionsanzahl beeinflusst. Eine Verbesserung der Ortsauflösung in der Scanebene führt zu einem stark erhöhten Bildrauschen. Die Kompensation dieser Ortsauflösung durch Dosiserhöhung ist nicht zu empfehlen da sich bei:

$$\sigma^2=1/x^3$$

eine um die 3. Potenz erhöhter Dosisbedarf entwickeln würde . Aber umgekehrt ist durch glättende Faltungskerne es möglich das Rauschen deutlich zu reduzieren und dadurch auch den Dosisbedarf zu minimieren.

Kontrast und Bildrauschen:

Diese beiden Komponenten hängen nicht direkt zusammen, doch hat eben dieser Kontrast starken Einfluss auf die Wahrnehmung des Bildrauschens. Wenn das Fenster sehr weit gehalten wird dann wirkt das Bildrauschen nicht so störend. Dies macht man sich bei Untersuchungen des Skelettsystems oder des Thorax zu nutze, dort wird man dann auch hochauflösende Faltungskerne einsetzen ohne das dabei jemand durch das Bildrauschen gestört wird. Ein weiteres Beispiel dafür sind die Niedrig Dosis CT Aufnahmen der Lunge welche Thema dieser Arbeit sind.

Als weitere Artefakte kommen Bewegungsartefakte die sich besonders im Bereich des Thorax bemerkbar machen. Bei früheren langsamen Geräten sieht man noch deutlich das Herzartefakt, welches aber bei den neuen schnellen Geräten minimiert ist. Dieses Pulsationsartefakt kann sich natürlich auch in allen anderen Gefässabschnitten des arteriellen Systems bemerkbar machen. Durch Atemexkursionen kann es zu Doppelkonturen bei atemverschieblichen Organen kommen, dadurch kann es zur Maskierung von Pathologien kommen oder wie z. B. im Bereich der Lunge können die Doppelkonturen Bronchiektasen oder pleurale Pathologien vortäuschen [15]. Weitere Artefakte sind bedingt durch unruhige Patienten, Aufhärungsartefakte und Partialvolumeneffekte [13].

Die unterschiedliche Qualität bei verschiedener Zeilenanzahl wird an folgenden Bildbeispielen verdeutlicht. Im Vergleich 4 Zeilen low dose Aufnahmen mit 64 Zeilen low dose Aufnahmen

Axial:

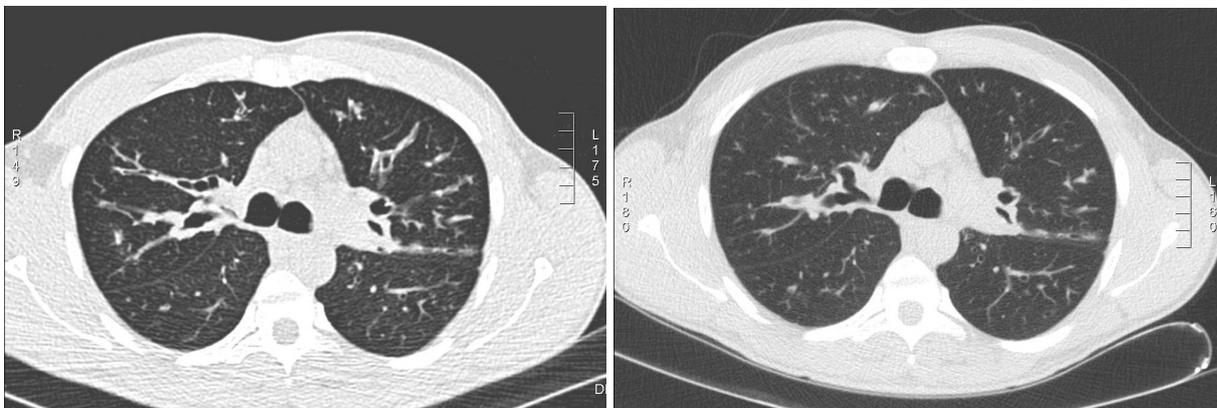


Abbildung 2-4: Vergleich einer Niedrig Dosis Aufnahme eines MDCT 4 (links) mit einem MDCT 64 (rechts) in axialer Schichtung auf Höhe der Carina

Coronar:

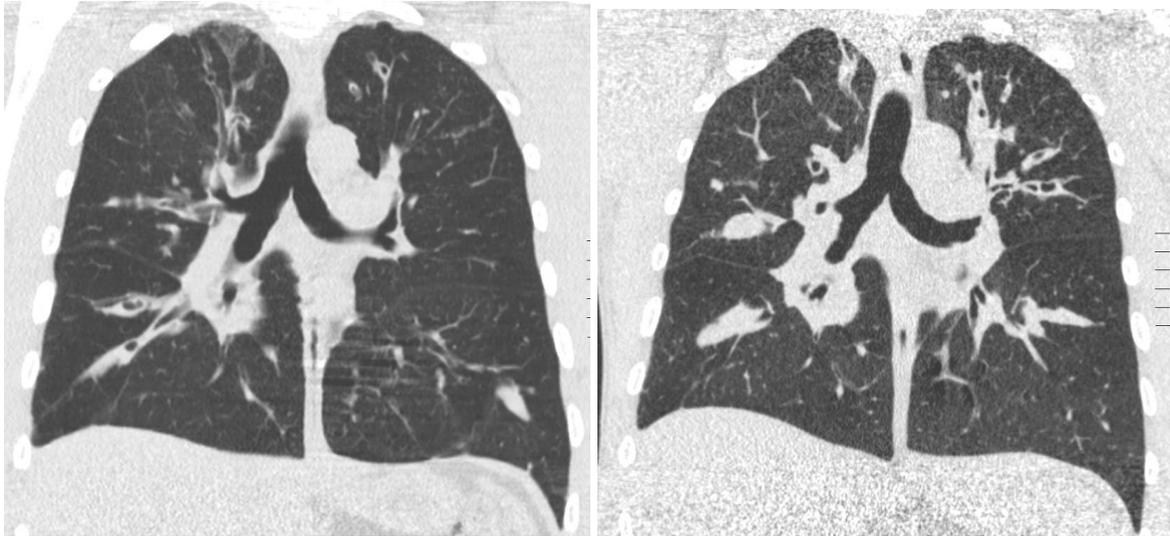


Abbildung 2-5: Vergleich einer Niedrig Dosis Aufnahme eines MDCT 4 (links) mit einem MDCT 64 (rechts) in coronarer Schichtung; Es fallen besonders die sinistrozentralen Herzartefakte und die Atmungsartefakte der äusseren kranialen Lungenabschnitte auf

Sagittal:

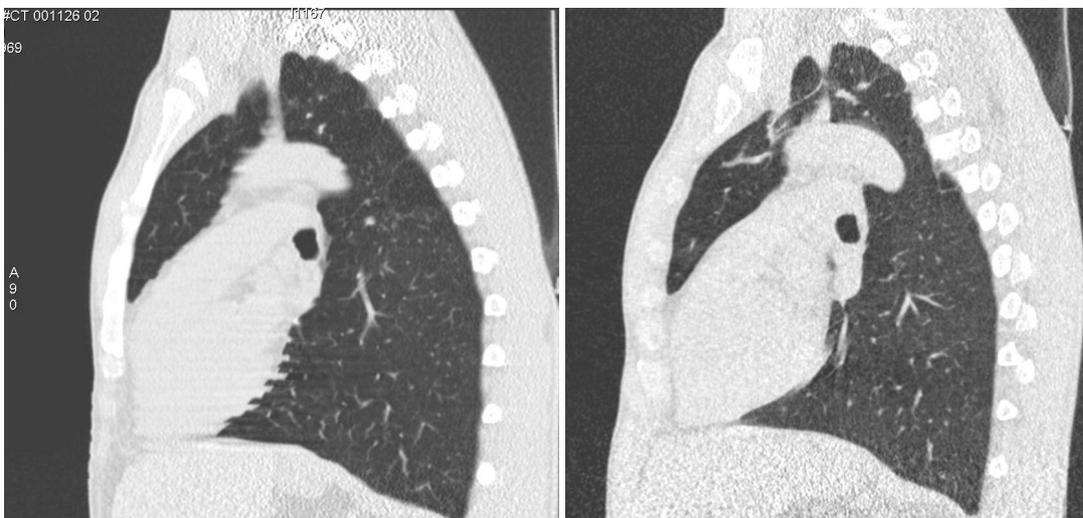


Abbildung 2-6: Vergleich einer Niedrig Dosis Aufnahme einer MDCT 4(links) mit einer MDCT 64(rechts) in sagittaler Schichtung; Es ist die linke Thoraxhälfte abgebildet. Man sieht die durch die physiologische Herzbewegung erzeugten Artefakte

2.1.5. Strahlenbelastung in der Computertomographie

Bei der Computertomographie besteht eine erhebliche Strahlenexposition. Obwohl nur ein sehr geringer Teil der radiologischen Diagnostik mit dem Computertomographen gemacht werden gehen 47% der medizinisch bedingten Strahlenbelastung zu Lasten der Computertomographie [8]. Als Beispiel beträgt die effektive Dosis eines Thorax-CT mit 25 Schichten 5-16 mSv und ist damit 20-70 mal höher als die einer konventionellen Röntgen-Thorax Aufnahme. Aus diesem Grunde müssen Indikation und zu untersuchende Region sehr genau abgeschätzt und gewählt werden [16]. Der Radiologe muss genau einschätzen in wie weit er die Dosis reduzieren kann, weil im Gegenzug zur Dosisreduktion ein höheres Bildrauschen zu erwarten ist [13]. Heutzutage stehen dem Radiologen aber verschiedene Möglichkeiten zur Dosisreduzierung zur Verfügung. In der Thorax Diagnostik ist es eine Option, die Aufnahmen in Niedrig Dosis Technik anzufertigen [17]. Das Strahlen Risiko lässt sich aus den Organdosen und dem spezifischen Malignomrisiko der exponierten Organregionen abschätzen [18]. Alternativ dazu kann man auch die Effektivdosis hernehmen, die aber ungenauer ist, da sie altersunabhängige Wichtungen benutzt. Die Organdosen werden anhand von Plexiglasphantom Messungen abgeleitet. Dies führt zu dem Problem, dass die unterschiedliche Physiognomie der einzelnen Menschen nicht in Messungen einfließt und es zu starken individuellen Schwankungen kommen kann [19]

Die Ableitung des Strahlenrisikos ist anhand von Daten der Atombombenabwürfe in Japan gemacht worden, dadurch bestand die Möglichkeit auch eine Altersabhängigkeit des Strahlenrisikos sehen [20].

Laut Daten vom Bundesamt für Strahlenschutz betragen die Referenzwerte für CT Thorax Aufnahmen im Schnitt 22 mGy wobei man aber Dosisoptimiert mit 6,6 mGy arbeiten kann [7]. Laut Berrington et al. könnten in naher Zukunft 2000 strahleninduzierte Malignome auftreten, und 1,5% aller Malignome könnten auf medizinisch verursachte Strahlung zurück zu führen sein [21]. Die Umrechnung für die CT Untersuchungen wurde in den USA versucht [22]. Das Problem dieser Studien ist leider, dass die Daten nicht auf die Normalbevölkerung umgerechnet wurden und deswegen ein meist höheres Krebsrisiko angegeben wird, als dies tatsächlich der Fall ist [18]. Eine immer währende Frage bei CT Untersuchungen und Strahlenschutz ist, wie viel Kompromisse man in Bezug auf Bildqualität und Strahlenexposition eingehen will. Es ist leider nicht so einfach nur die Relation zwischen Dosis und Bildrauschen zu nehmen, es muss auch bedacht werden, dass eine Relation zwischen Bildrauschen und Ortsauflösung und zwischen Kontrast und störender Wahrnehmung des Bildrauschens besteht [13].

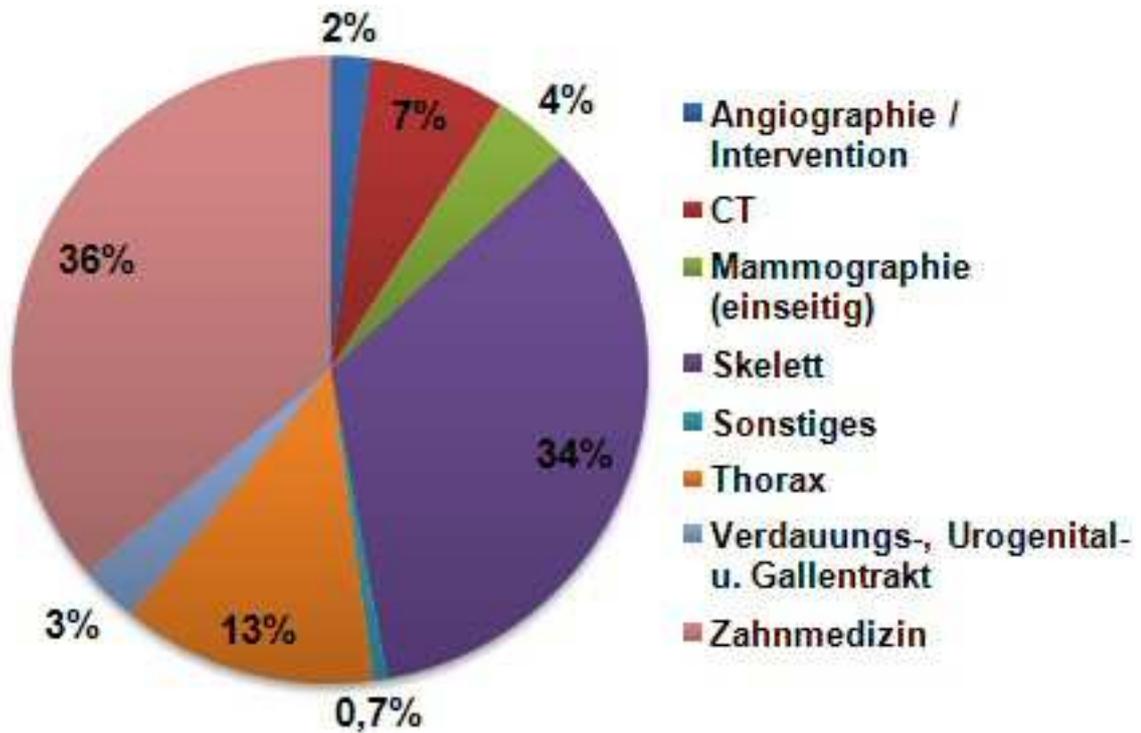


Abbildung 2-7: Jeweiliger prozentualer Anteil an medizinisch Erzeugter radioaktiver Strahlung der einzelnen Diagnostischen Möglichkeiten (nach [23])

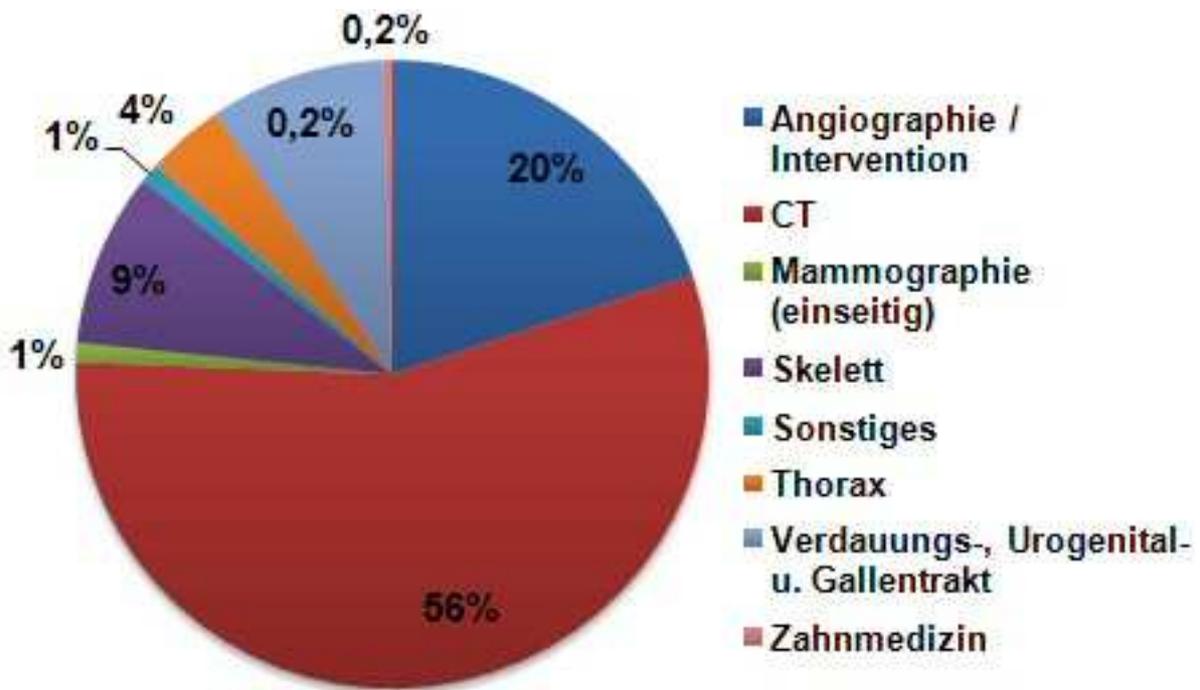


Abbildung 2-8: Jeweiliger prozentualer Anteil an der kollektiven Effektiven Dosis der einzelnen Untersuchungsmodalitäten (nach [23])

2.1.6. Low dose Imaging

Allgemein gibt es bestimmte Voraussetzungen unter denen eine Niedrig Dosis Untersuchung durchführbar ist. Da die Bildqualität eingeschränkt ist, kommen nur bestimmte Untersuchungen in Frage. Dies sind z.B. Kontrolluntersuchungen bei bereits bekannter Krankengeschichte, bei speziellen Untersuchungsbereichen mit bestimmter Relevanz, oder wenn in einem Organsystem ein hoher Kontrast besteht wie es z.B. im Thorax bei einer Lungenuntersuchung der Fall ist [24]. Die Wahl einer Niedrig Dosis Aufnahme muss gut abgewogen werden, damit es danach nicht nötig ist, noch weitere, höher energetische Aufnahmen anfertigen zu müssen. Der Vorteil bei den Multidetektorsystemen besteht darin, dass man auch teilweise nachträglich auch aus dickeren Schichtdicken dünnere rekonstruieren kann [13].

Im Vergleich ein Niedrig Dosis Bild und ein CT Bild mit normaler Dosis ohne Kontrastmittel:

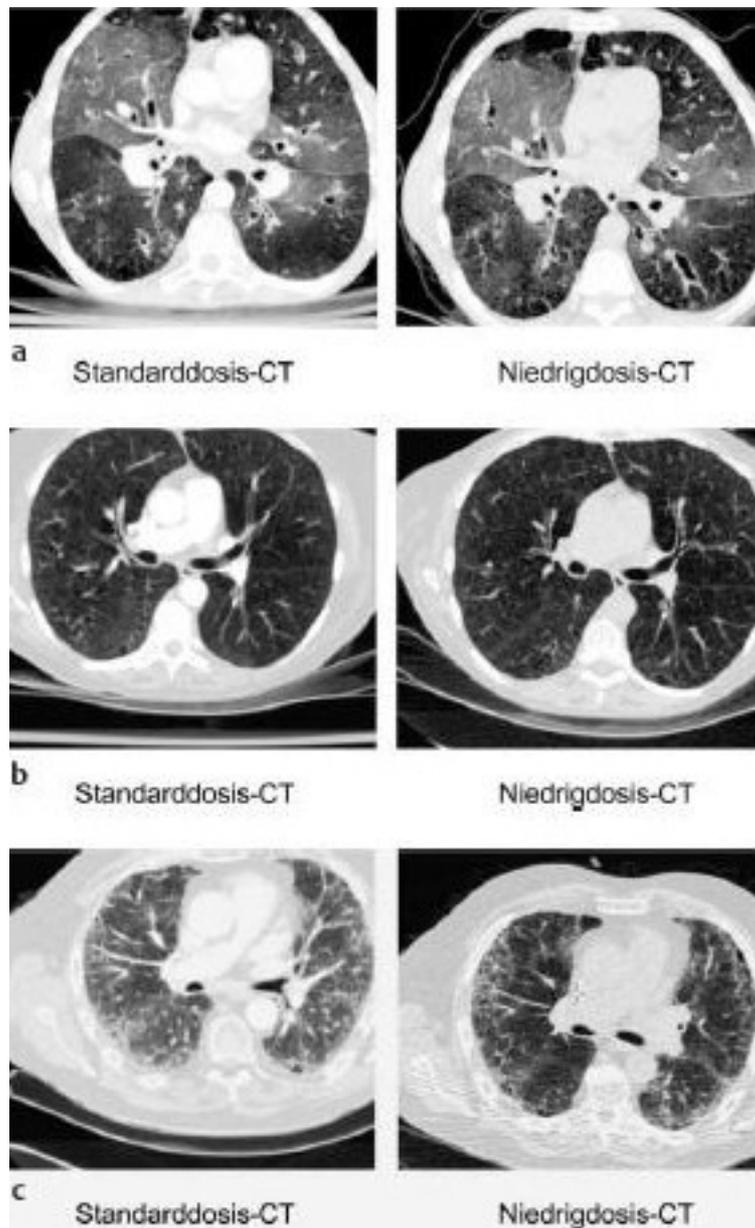


Abbildung 2-9.: Vergleich einer Standarddosis Aufnahme mit einer Niedrig Dosis Aufnahme(nach [8])

Bei rein auf die Lunge fokussierten CT-Untersuchungen bieten sich auch sehr geringe Strahlendosis Protokolle an. Beim Spiral, als auch beim Multidetektor CT sollte bei niedriger Doseinstellung ein Pitch - Faktor (Verhältnis von Tischvorschub pro Rotation zu Schichtkollimation) von 2 gewählt werden. Hohe Pitchfaktoren sind geeignet zur Erfassung großer Datensätze in kurzer Zeit, wie z.B. in der Traumatologie, weisen aber gewisse Nachteile auf bei Fragestellungen die eine hohe Bildqualität erfordern. Durch verschiedene Einstellungen ist

es sogar möglich den CDTI auf bis zu 2mGy die Dosis zu reduzieren. Um die Bildqualität zu verbessern wird ein weniger kantenanhebender Standardfaltungskern genommen. Um eine weitere Dosisreduktion zu erreichen kann man auch den Schichtabstand auf 2 cm erhöhen, es besteht jedoch dann die Gefahr zwischen diesen Schichten etwas zu übersehen. Bei Multidetektorsystemen muss man die Rekonstruktion dickerer Schichten oder eine Rekonstruktionen aus dem Datensatz bevorzugen, da das Bildrauschen an den originalen axialen Schichten, ganz besonders im Mediastinum, sehr hoch ist. Zu beachten ist auch das eine höhere kVp Einstellung, ca. 140 kVp, gewählt wird. Bestehen Zweifel sollte man einen Testscan machen mit den Untersuchungseinstellungen statt dem üblichen Scan zur Bestimmung des Field of View. Es empfiehlt sich auch adaptive Rauschfilter einzusetzen mit denen sich eine Verbesserung in kritischen Regionen wie z.B. den Lungenspitzen erzielen lässt [13]. Eine Anwendung der niedrig Dosis Thorax Untersuchungen wäre das Bronchialkarzinom Screening [17]. Eine Untersuchung hätte im Schnitt eine effektive Dosis von 0,3 mSv. Im Vergleich dazu hat eine konventionelle Röntgen Thorax Aufnahme in 2 Ebenen eine effektive Dosis von 0,12- 0,2 mSv . Bei einem suspekten Befund würde man das verdächtige Areal in Dünnschnitttechnik noch einmal begutachten. Beim Multidetektorsystem kann die Untersuchung gleich in Dünnschichttechnik erfolgen [13].

2.1.7. Bedeutung in der Thoraxdiagnostik und Lungenanatomie

Die Radiologische Thoraxdiagnostik wird heutzutage noch zum größten Teil mit der konventionellen Röntgenaufnahme gemacht, doch um weiterführende Diagnostik zu betreiben wird hauptsächlich zur Computertomographie zurückgegriffen. Teilweise besteht dadurch auch die Möglichkeit den Patienten belastende Eingriffe wie eine Bronchoskopie abzuwenden. Die Computertomographie ist wichtig bei vielen Fragestellungen die das Lungengerüst und das Lungenparenchym betreffen. Ihr Einsatzgebiet ist bei vielen restriktiven und obstruktiven Lungenerkrankung und sie ist eines der wichtigsten Untersuchungsverfahren bei der Diagnostik maligner Prozesse im Thoraxbereich.

Es ist möglich mit der Computertomographie sehr feine Strukturen im Thoraxbereich darzustellen und zu differenzieren, deswegen dient die CT auch der Lokalisationsdiagnostik vor invasiven Eingriffen. Man orientiert sich bei diesen Fragestellungen an den Bronchien. Jeder Bronchus wird von einer gleichnamigen Arterie begleitet. Große Lappenspalten sind gut in Dünnschicht Aufnahmen zu erkennen [13].

Die Lungen - und Trachealanatomie:

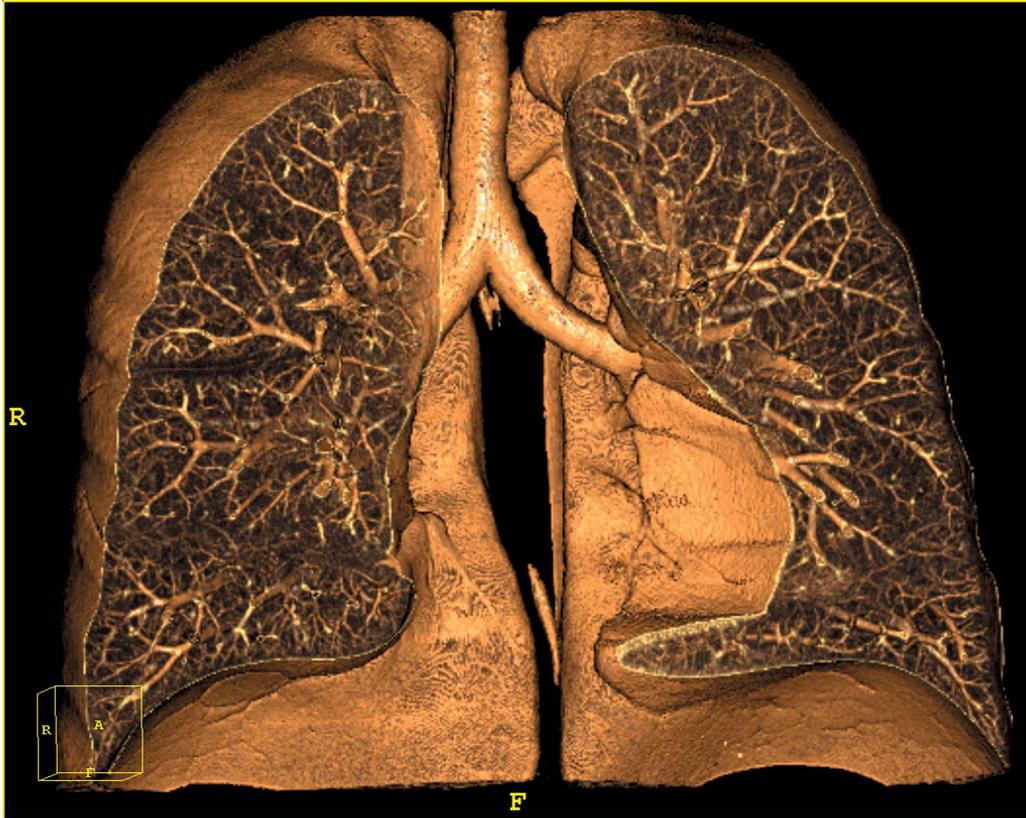


Abbildung 2-10.:Anatomie des Tracheopulmonalbaumes; 3D Rekonstruktion aus einem CT Datensatz [25]

Die Trachea beginnt am Unterrand des Ringknorpels und besitzt eine Länge von 9-12 cm. Bei 50% der Patienten bildet die membranöse Hinterwand eine konvexe Verwölbung die sich in der Bildgebung bemerkbar macht. Der durchschnittliche Durchmesser liegt zwischen 15 und 18 mm. Die Toleranzgrößen für den Durchmesser betragen bei Frauen $10 < x < 22$ mm und bei Männern $13 < x < 26$ mm .

Das zentrale Bronchialsystem:

Der rechte Hauptbronchus ist kürzer als der linke und erscheint im transaxialen Bild in Nachbarschaft mit dem Oberlappenbronchus. Der Bronchus intermedius verläuft 3-4cm weiter nach distal und erscheint im axialen Bild ovoid. Apikaler Unterlappenbronchus und Mittellappenbronchus erscheinen auf etwa gleicher Ebene, wobei sich der Mittellappenbronchus in ein mediales und ein laterales Segment aufzweigt.

Der linke Oberlappenbronchus teilt sich nur in 2 Segmente und zwar in ein apikoposteriores und in ein anteriores Segment. Distal erscheinen die Bronchialäste der Lingula ventral des kaudalen Abschnitts des Oberlappenbronchus. Nach Abgang des Segmentbronchus B6 teilt sich der rechte

Unterlappenbronchus in 4, der linke in 3 hintere weitere Segmentäste. Dies ist dadurch bedingt, dass in der linken Lunge das Segment 7 fehlt.

Der Truncus pulmonalis teilt sich in eine kurze linke und eine längere rechte Arteria Pulmonalis auf. Die rechte Pulmonalis verläuft zwischen der V. cava superior und dem rechten Hauptbronchus und teilt sich dann in die Oberlappenarterie und den deszendierenden Intermediärast. Die linke Pulmonalis überbrückt den linken Hauptbronchus, häufig setzt sich der linke Hauptast in einer vertikalen interlobären oder deszendierenden Pulmonalarterie fort die nach posterior in Richtung Unterlappen verläuft und sich dort in die Segmentäste des Ober- und Unterlappens teilt. Die Obergrenzen des Gefäßdurchmessers liegen beim Truncus bei 29mm und für die linke bei 28mm und für die rechte Pulmonalis bei 24mm.

Auf der rechten Lunge finden sich 3 Venen. Die deszendierende obere und mittlere Lungenvene die beide in den obere Konfluenz hinter den linken Vorhof münden und die untere die horizontal in die untere Konfluenz einmündet. Links findet man nur 2 Venen die obere Vene die aus dem Oberlappen und der Lingula Blut drainiert und ins obere Konfluenz mündet und die untere die aus dem Unterlappen das Blut drainiert und in das untere Konfluenz mündet.

Die rechte Lunge besitzt 10 und die linke Lunge besitzt 9 Lungensegmente. Die Lappenspalten verlaufen beidseits von dorsokranial nach ventrokaudal. Der in der rechten Lunge vorhandene kleine Lappenspalt zwischen Ober und Mittellappen liegt annähernd parallel Scaneben und an seiner gefäßfreien Zone zu erkennen. Um zwischen Mittellappen und Oberlappen zu differenzieren kann man sich den Verlauf der Segmentbronchien mit den begleitenden Arterien zur Hilfe nehmen. Im Oberlappen verlaufen die Arterien medial des Segmentbronchus und im Mittellappen lateral [26] [13].

Zwischen der Trachea und den Bronchioli respiratorii liegen etwa 23 Aufzweigungen. In einem Standard CT-bild ist es möglich bis zu 3mm große Bronchien zu identifizieren, in einem HR CT bild sogar bis zu 1 mm große Bronchien. Die Abgrenzbarkeit der Bronchien ist abhängig von der Darstellbarkeit der Bronchialwand. Die Dicke der Bronchialwand entspricht etwa einem Zehntel des Bronchusdurchmessers. Physiologisch sind interlobuläre Bronchien nicht sichtbar, da ihre Wanddicke 0,15 mm entspricht. Wenn jedoch bronchiale Strukturen in der Lungenperipherie sichtbar sind, so deutet dies auf Ektasien hin.

Als kleinste respiratorische Einheit wird der Azinus bezeichnet, er besitzt eine Größe von 6-8 mm. Der Azinus ist der Teil des Lungengewebes der von einem Bronchiolus terminalis versorgt wird. 3-12 Azini bilden einen sekundären Lobulus, sprich den kleinsten von bindegewebigen Septen umgebenen Lungenparenchym teil. Er besitzt eine Kantenlänge von bis zu 2,5 cm. Im Lobuluskern ist die Arteria lobularis als Punktfigur darstellbar, welche von einem Bronchiolus lobularis begleitet wird. Venen und Lymphgefäße sind in den Septen zu finden. Es ist möglich mit Hilfe der HR CT diese sekundären Lobuli darzustellen.

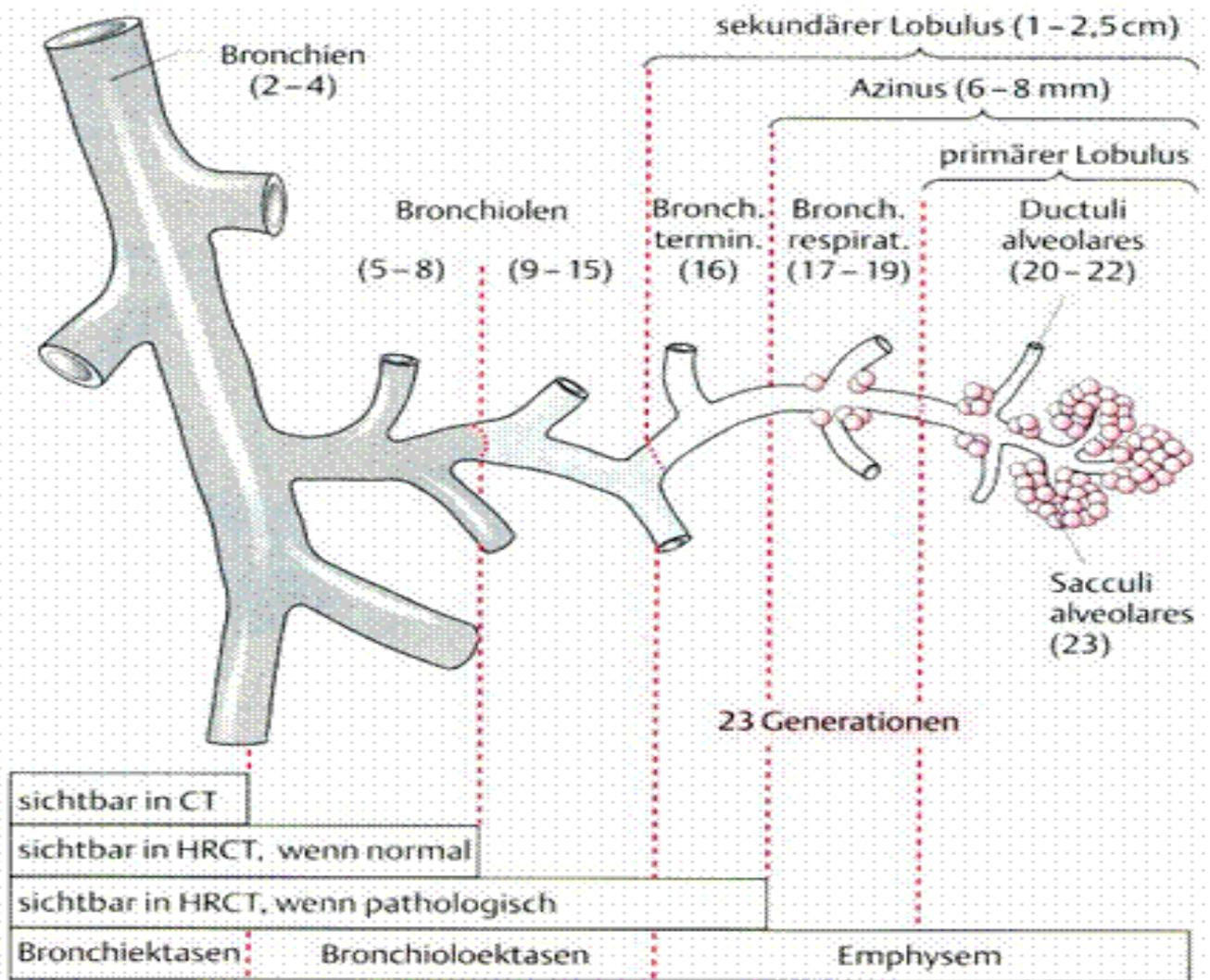


Abbildung 2-11.: Bronchien Darstellung, Pathologische Veränderungen und Darstellbarkeit in der Computertomographie (nach [13])

Das Interstitium ist das bindegewebige Stützgerüst der Lunge, an dessen Faserzügen die Membranen für den alveolären Gasaustausch sowie die Leitstrukturen für die Bronchien und Gefäße gespannt sind. Es wird unterschieden zwischen zentralem, axialem Interstitium, welches die zentralen Luftwege und Gefäße umspannt, dem septalen Interstitium, welches die Alveolarwände umspannt und dem peripheren Interstitium, dass das Grundgerüst der lobären und tubulären Septen bildet. Interlobulärsepten kommen normalerweise nicht oder allenfalls in den basalen Zwerchfellnahen Abschnitten als zarte lineare Strukturen zur Darstellung. Bei Pathologien mit verdickten Lymphgefäßen oder interstitiellen Erkrankungen hingegen können sie stark hervortreten und demaskieren quasi die Architektur des Lungengerüsts. Die Dichte des Lungenparenchyms besitzt einen anteroposterioren und einen in/exspiratorischen Gradienten der anteroposterior bei Inspiration bei ungefähr 20 HE und bei Expiration bei ungefähr 150 HE liegt. Im Durchschnitt liegt die mittlere Dichte der Lunge bei Inspiration bei – 850 HE [13].

2.2 Cystische Fibrose

Die Mukoviszidose ist eine genetisch bedingte autosomal-rezessive Erkrankung mit einem Defekt des langen Armes auf Chromosom 7. Die Folge ist, dass das CFTR-Protein(Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator) gestört ist. Es gibt verschiedenen Mutationen die dieses Krankheitsbild auslösen. Die häufigste Mutation bewirkt ein Fehlen von Phenylalanin auf der Position 508 des CFTR-Proteins [1].Dieses Protein fungiert als Chloridkanal in der Zellmembran. Die Cystische Fibrose ist die häufigste Erbkrankheit des Kaukasier, die letal endet. Der klinische Verlauf ist je nach Ausprägung des Defektes äußerst variabel.

Der Median der Lebenserwartung beträgt 36,8 Jahre, wobei es manche Patienten gibt die über das 6. Lebensjahrzehnt hinauskommen [27-29] .

Es können alle Organe befallen sein. Es können pulmonale Schäden, Infertilität, exokrine Pankreasinsuffizienz mit einer darauf folgenden endokrinen Pankreasinsuffizienz mit Diabetes mellitus bedingt durch eine Pankreasfibrose, Wachstumsretardierung, gastrointestinale Beschwerden wie Leberzirrhose und viele andere Beschwerden auftreten.

In über 90% der Fälle ist eine Pankreasinsuffizienz nachzuweisen.

Bei 10% der betroffenen Säuglinge macht sich die Mukoviszidose frühzeitig mit einem Mekoniumileus bemerkbar.

Pulmonale Beschwerden wie häufig rezidivierende Infekte, Bronchiektasien, Pseudomonas aeruginosa und Staphylococcus aureus Kolonisationen bis hin zur respiratorischen Insuffizienz mit Rechts Herzversagen sind meistens die Lebenszeit verkürzenden Faktoren dieser genetischen Erkrankung. [1]

Pathologisch liegt wie schon anfangs erwähnt ein Defekt des Chlorid-Kanals vor. Weltweit sind 1437 Gendefekte beschrieben worden [30]. Durch diesen Defekt erhöht sich die Viskosität und der Salzgehalt der Sekrete und führt zu den oben genannten Pathologischen Veränderungen.

Dieser zähe Schleim sammelt sich in der Lunge an und behindert die mukociliäre Clearance und begünstigt die Ansiedelung pathogener Keime wie Staphylococcus Aureus und Pseudomonas Aeruginosa die wiederum dazu führen, dass sich Infekte und daraus folgende Lungenschäden entwickeln. Über 95% der Patienten sterben an pulmonalen Komplikationen [1].

2.2.1. Pathomechanismus

Bis Mitte 2006 wurden 1437 verschiedenen Mutationen im CFTR Gen identifiziert. Diese Mutationen wurden beim Cystic Fibrosis Genetic Analysis Consortium in Toronto registriert [30]. Wie in der Einleitung schon beschrieben sind die Mutationen auf dem langen Arm des Chromosoms 7 (7q31.2) zu finden. Diese Region ist ungefähr 250 kb groß [31]. 75% der Mutationen entfallen alleine auf die 10 häufigsten Mutationen. In Deutschland ist die häufigste Mutation Δ F508. Bei 49% der Patienten ist dies Homozygot bei 18% ein heterozygoter Defekt. Das CF- Gen kodiert für den Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator. Dieses Protein gehört zur Familie der ATP bindenden Transmembran Transporter Proteine und bildet einen cAMP abhängigen Chloridkanal [32]. Es gibt 5 verschiedene Klassen, die sich jeweils unterschiedlich darstellen.

- Klasse 1 Defekte sind vollständige Verluste des Proteins.
- Klasse 2 Defekte machen sich mit Synthesestörungen bemerkbar.
- Klasse 3 Defekten ist gemein, dass sie Regulationsstörungen hervorrufen.
- Klasse 4 Defekte kommen zum Ausdruck mit einer veränderten Leitfähigkeit
- Klasse 5 Defekte kennzeichnen sich durch eine gestörte Stabilität [33] .

Ein signifikanter Mangel an CFTR wie er bei Klasse 1-3 Störungen vorhanden ist korreliert oft mit der Pankreasinsuffizienz, wohingegen bei diesen Patienten nur eine Milde Ausprägung von Klasse 4 und 5 Defekten vorhanden ist. Dieser Zusammenhang gilt jedoch nicht für die schwere der Lungenerkrankung, dies wird besonders deutlich bei Menschen die eine homozygote Δ F508 Mutation haben [34]. Die Variabilität, Latenzzeit und die Dynamik der Entwicklung einer pulmonalen Erkrankung ist sehr groß. Durch diese mangelnde Korrelation zwischen identischen Mutationen und Phänotypen lässt vermuten, dass auch Umweltfaktoren und die individuelle genetische Grundausstattung einen gewissen Einfluss auf die Erkrankung haben. [35]

Monogene Krankheit: Mukoviszidose

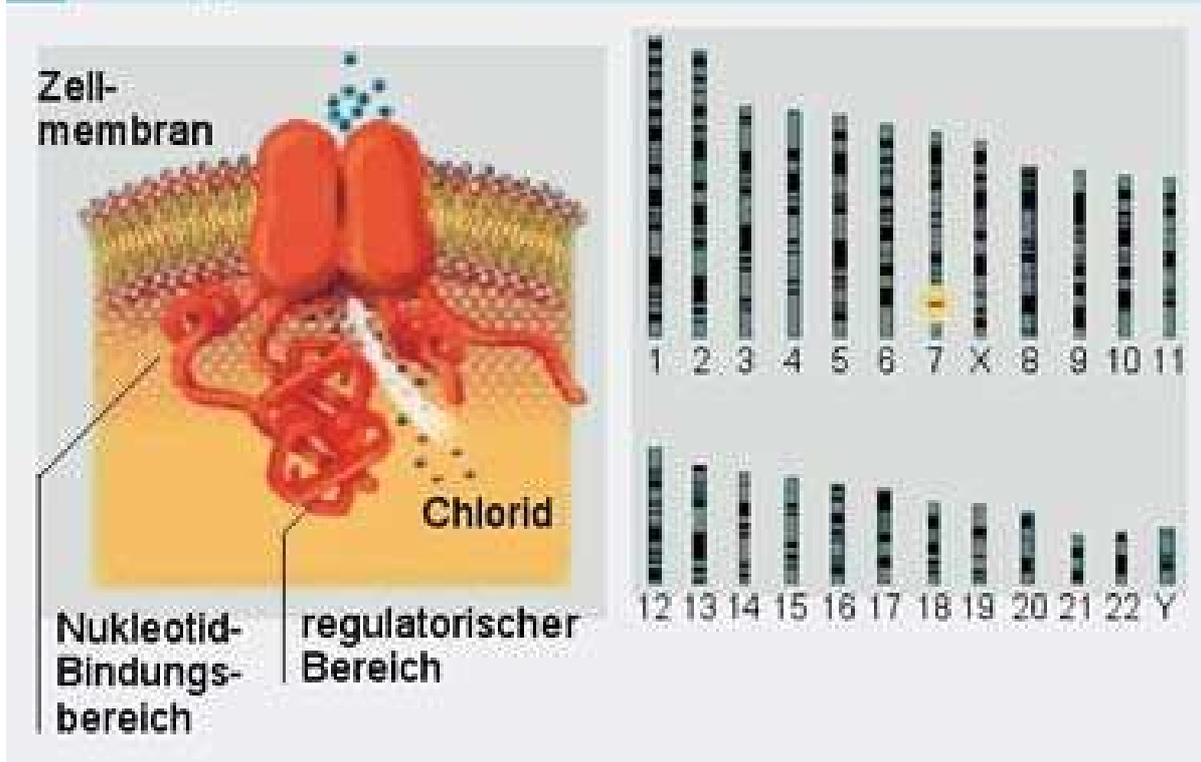


Abbildung 2-12.: Molekulargenetische Veränderungen bei der cystischen Fibrose. Markiert ist der Defekt auf Chromosom 7 (nach [36])

2.2.2. Pathologische Veränderungen

Bei der Mukoviszidose kommt es zu einer generalisierten Störung des sekretorischen Epithels aller exokrinen Drüsen. Durch den Verlust des CFTR Proteins kommt es zu einem verminderten Chloridtransport in die apikale Zellmembran. Eine gewisse Rolle bei den pathologischen Veränderungen scheinen auch die Natriumkanäle zu spielen [37].

Durch diesen Verlust kommt es zu organspezifischen Veränderungen.

Zunächst sollen hier die extrapulmonalen Manifestationen besprochen und danach die Lungenpathologie dargestellt werden.

2.2.2.1 Extrapulmonale Veränderungen

In der Haut ist durch den Chloridkanalrezeptordefekt vor allem die Schweißproduktion betroffen. Es kommt zu einer verminderten Chloridreabsorption, wodurch es zu einem vermehrten Elektrolyt und Flüssigkeitsverlust über die Schweißdrüsen kommt. Diese Eigenschaft wird auch zur primär Diagnostik der Cystischen Fibrose herangezogen.

In der Bauchspeicheldrüse wird durch die verminderte Chloridsekretion und der daraus resultierenden verminderten Bikarbonat- (HCO_3) - Sekretion die Flüssigkeitshomöostase beeinträchtigt [38]. Dadurch werden konzentrierte, eiweißreiche Pankreassekrete in den Ausführungsgängen präzipitiert und verursachen eine exokrine Organinsuffizienz [39]. Im weiteren Verlauf kann sich auch eine endokrine Pankreasinsuffizienz entwickeln [40]. Im Darm wird durch die Sekretionsstörung von Chlorid der Darminhalt dehydriert und dickt ein. Es entwickelt sich eine chronische Resorptions- und Transportstörung. Bei Neugeborenen entsteht ein Mekoniumileus, das Äquivalent beim Erwachsenen ist ein distales intestinales Obstruktionssyndrom (DIOS). Eine weitere Folge ist die Entwicklung einer Entzündung und bakteriellen Fehlbesiedelung des Dünndarms. Diese Erkrankung wird auch Small Bowel Bacterial Overgrowth (SBBO) genannt [41].

Durch Eindickung der Galle werden die, unter physiologischen Bedingungen löslichen, Proteine und Glykoproteine ausgefällt. Dadurch entsteht eine chronische Cholestase. Es wird die Entwicklung einer Cholezystitis oder biliären Leberzirrhose begünstigt [42].

In den Nasennebenhöhlen wird durch die Sekretretention und Schleimhauthypertrophie die Entwicklung einer chronisch rezidivierenden Pansinusitis und einer Polyposis nasi begünstigt [43].

Die Fertilität beider Geschlechter ist signifikant erniedrigt. Bei Frauen besteht neben der sekundären Amenorrhoe, unter anderem bedingt durch Malnutrition, auch eine reduzierte Spermienpenetration. Ursache hiervon ist der Zervixschleim, dessen Viskosität erhöht ist. Beim männlichen Geschlecht kann es zu einer obstruktiven Azoospermie kommen, deren Ätiologie eine primäre Entwicklungsstörung im Sinne einer congenitalen bilateralen Aplasie der Vas deferens (CBAVD) oder einer durch visköse Sekrete bedingten Gangatrophie ist [44].

Im Bereich des Bewegungsapparates kann es zu Arthrosen, Arthritis oder Osteopenie kommen. [45]

2.2.2.2 Pulmonale Manifestationen

Durch den Defekt im CFTR- Gen kommt es zu einer Mukostase. Welche Zusammenhänge zwischen dem funktionellen Verlust von CFTR und der Entstehung der Mukostase bestehen, wird noch stark diskutiert. Die anfänglich postulierte Abnormal- Gland- Hypothese, in der behauptet wird das durch das primär defekte CFTR- Protein die Produktion von primär abnormal viskösem Mukus durch submuköse Drüsen und epithelständigen Becherzellen bedingt ist [46], wird zunehmend von einer anderen Hypothese abgelöst. Diese behauptet, dass das CFTR- Protein eine essenzielle Funktion bei der mukoziliären Clearance ausübt. Die von R. Boucher aufgestellte

Low- volume- Theorie hingegen besagt, dass das defekte CFTR in der apikalen Zellmembran von respiratorischen Epithelzellen eine verminderte Sekretion von Chloridionen, bei gleichzeitig enthemmter Rückresorption von Natriumionen verursacht. Daraus entsteht dann eine isotonische Dehydratation im Extrazellulärraum. Durch diesen relativen Verlust der periziliären Flüssigkeitsphase ist der Zilienschlag gestört und der effektive Mukustransport behindert. Da Kompensationsmöglichkeiten bei ziliären Dysfunktionen gering sind, alternativ bleiben z.B. nur vermehrte Hustenstöße, kommt es zu einer Mukostase und Mukusretention [9].

Physiologisch sind die Atemwege steril, da die mechanischen Abwehrmechanismen, besonders die mukoziliäre Clearance , die Lunge frei halten [35]

Ein Charakteristikum der CF- Erkrankung ist die chronische bronchopulmonale Besiedelung mit opportunistischen Erregern. Im Säuglings- und Kindesalter dominieren hauptsächlich *Staphylococcus aureus* und *Haemophilus influenzae*, während bei Adoleszenten und Erwachsenen multiresistente gramnegative Erreger vorhanden sind. Mehr als die Hälfte der Erwachsenen CF - Patienten sind positiv auf *Pseudomonas aeruginosa* [47] . Ein weiterer Mukoviszidose typischer Keim ist *Burkholderia cepacia* (früher *Pseudomonas cepacia*) [48] . Das interessante an diesen Keimen ist, dass sie streng auf die Atemwege beschränkt bleiben und trotz hoher Keimbesiedlung weder eine vermehrte Disposition für bakterielle Infekte in anderen Organsystemen zu finden ist noch es auch zu einer systemischen Streuung der Keime kommt. Es gibt 3 verschiedene Hypothesen, die diese Prädisposition der Atemwege zu erklären versuchen. Die Zell- Rezeptor- Hypothese, die besagt das bei CF Patienten eine vermehrte bakterielle Adhäsion durch die Epithelstörung stattfinden kann. Der postulierte Rezeptor ist Asialoganglioside- 1. Es wurde nachgewiesen, dass eine Überexpression dieses Rezeptors in Zellen mit CFTR Mutation vorkommt. Dieser Rezeptor ist ein Membranprotein, welches in vitro viele respiratorischer Pathogene bindet [49]. Kritiker behaupten jedoch, dass in vivo von relevanten mukoiden *Pseudomonas aeruginosa* Stämmen keine Pili exprimiert werden, welche ja die Haftung herbeiführen würden. Das CFTR Protein selbst wurde auch als Rezeptor vorgeschlagen, bei welchem es durch ein bakterielles Lipopolysaccharid zur Bindung kommen sollte und dadurch vermehrt durch das Atemwegsepithel phagozytiert wird. Doch ist die Bedeutung der Epithelzellen bei der Bakterienelimination umstritten.

Als zweite Hypothese ist die High- salt- Hypothese zu nennen. Diese besonders stark diskutierte Hypothese von M. Welsh besagt, dass ein Funktionsverlust autochthoner Immunmediatoren durch das hypertone Sekretmilieu bei CFTR Funktionsstörungen entsteht und es dadurch zu einer vermehrten Neigung zu chronischen Infektionen kommt [50]. Das Problem dieser Hypothese ist es aber, dass es schwer ist valide die Tonizität von Atemwegssekreten in vivo zu messen. In vitro wird diese Hypothese bestätigt [51]. In der gängigen Literatur wird beschrieben, das durch

moderne Messtechniken heutzutage davon Ausgegangen wird das auch bei CF-Atemwegen ein isotones Milieu herrscht.

Als letzte und modernste Hypothese ist die Low- oxygen Hypothese zu nennen [52].

Diese auf den Arbeiten von G. Döring zurückzuführende Hypothese baut auf der Low- volume- Hypothese auf. Sie besagt, dass durch die Mukostase sich der Diffusionsweg für Sauerstoff vergrößert und es demzufolge zu einem abfallenden Gradienten vom belüfteten Lumen zur epithelialen Oberfläche bildet. Zusätzlich steigt der Energiebedarf und demzufolge auch der Sauerstoffverbrauch der Zellen, z.B. bedingt durch den vermehrten Zilienschlag. Darüber hinaus wird die Senkung des Sauerstoffpartialdruck zusätzlich durch den im Mukus befindlichen Entzündungszellen und Bakterien bewirkt. Durch diese Hypoxie werden die differenzierten Epithelzellen geschädigt und die Bildung bakterizider Effektormoleküle nimmt ab. Der Mukus bietet den Keimen auch einen guten Nährboden wo diese sich ungestört von der Mukoziliären Clearance vermehren können [53]. Bakterien die sich im hypoxischen Milieu wohl fühlen, gewinnen dadurch auch einen Selektionsvorteil, wie man dies am Beispiel des auxotrophen, fakultativ anaeroben Bakteriums *Pseudomonas aeruginosa* und *Burkholderia cepacia* [48] sehen kann. *Pseudomonas aeruginosa* passt sich durch diverse Veränderungen, wie z.B. Verlust von Oberflächenantigenen, Ablegen von Pili, optimal an das Milieu bei CF Patienten an [54] und bildet Makrokolonien [55]. Ab einer kritischen Größe dieser Kolonien erfolgt eine interzelluläre Kommunikation über Quorum- sensing Signale und die Sekretion von Exopolysaccharid. Dieser Biofilm schützt dann die Bakterien vor Wirtsphagozyten und verhindert die Diffusion von exogenen Antibiotika [55]. Die Reaktion der Atemwege auf diese bakterielle Kolonisierung ist eine Ausschüttung proinflammatorischer Mediatoren der einen massiven Einstrom von Entzündungszellen bewirkt. Durch diesen Influx werden viele aggressive Enzyme freigesetzt, welche starke Kollateralschäden verursachen [56]. Normalerweise müsste diese initiale unspezifische Abwehrreaktion durch eine T-Zell kontrollierte Abwehrreaktion abgelöst werden, diese bleibt jedoch bei CF Patienten aus und es kommt zu einer permanenten neutrophile dominierten Reaktion mit progredienter Entzündung der Atemwege und des Lungenparenchyms [57].

2.2.3. Diagnose

Eine frühzeitige Diagnostik ist besonders wichtig um die Progredienz der Schäden zu verlangsamen [3].

Diagnostisch macht man sich den erhöhten Salzgehalt des Schweißes zu nutze. Mit einem Pilocarpin- Iontophorese- Schweißtest wird der Chloridgehalt des Schweißes bestimmt.

Darüber hinaus wird eine Genanalyse gemacht. Es wird empfohlen diesen auch zu machen, wenn der PIS-Test negativ oder grenzwertig ausgefallen ist [6] [28]. Auch bei gesunden Erwachsenen sollte man bei Pseudomonas Nachweis, häufigen Atemwegsbeschwerden, Nasenpolypen und Malassimilationssyndromen die Differentialdiagnose Cystische Fibrose im Kopf haben. Als Screeningansatz, welcher allerdings noch leider nicht Routine ist, gibt es noch die Bestimmung von Trypsinogen im Blut bei Neugeborenen [58]. Weitere initialdiagnostische Verfahren sind laut aktueller Leitlinien Mukoviszidose der AWMF Uni –Düsseldorf [6]:

- Bestimmung des Längensollgewichtes (initial und alle 12 Monate)
- Stuhlfett- und Chymotrypsinbestimmungen (initial und bei notwendiger Enzymneueinstellung)
- Röntgen-Thorax (initial und alle 12 Monate sowie bei akuten Problemen)
- Lungenfunktionsprüfungen (Spirometrie und Fluß-Volumen-Kurve initial und alle 3 Monate, Bodyplethysmographie initial und alle 12 Monate in klinisch stabilem Zustand)
- bakteriologische Sputumdiagnostik (Speziallabor) mit eingehender Resistenzbestimmung: initial und alle 3 Monate (Früherkennung einer event. Pseudomonasbesiedelung)
- regelmäßige Kontrollen folgender Serumspiegel: fettlösliche Vitamine, Leberwerte, Elektrolyte, Blutgerinnung initial und alle 12 Monate bei stabilem Verlauf
- Blutbild, CRP und gesamt IgG als Entzündungsmarker initial und alle 3 - 6 Monate bzw. bei akuter Exazerbation
- Blutzucker vor dem 8. Lebensjahr alle 6 – 12 Monate, bei älteren Kindern und Erwachsenen häufiger, oralen Glukosebelastung alle 12 Monate ebenso HbA1c
- Blutgasanalysen bzw. Messungen der Sauerstoffsättigung alle 12 Monate; bei älteren Patienten mit fortgeschrittener pulmonaler Erkrankung auch häufiger, ggf. auch nachts Pulsoximetrie zur rechtzeitigen Indikation für Sauerstoffheimtherapie
- sonographische Kontrollen von Leber, Milz, Darm initial und alle 12 Monate oder bei akuten Komplikationen
- EKG und Echokardiographie initial und alle 12 Monate

Falls es zu Komplikationen an bestimmten Organsystemen kommt, muss man dementsprechend seine Diagnostik abstimmen. Bei Verschlechterung des respiratorischen Systems, Verdacht auf Bronchiektasen [59] und wenn Gewissheit besteht das die Zusatzinformation therapeutische Konsequenzen hat, sollte man eine Computer Tomographie der Lunge machen [60].

2.2.4 Therapie

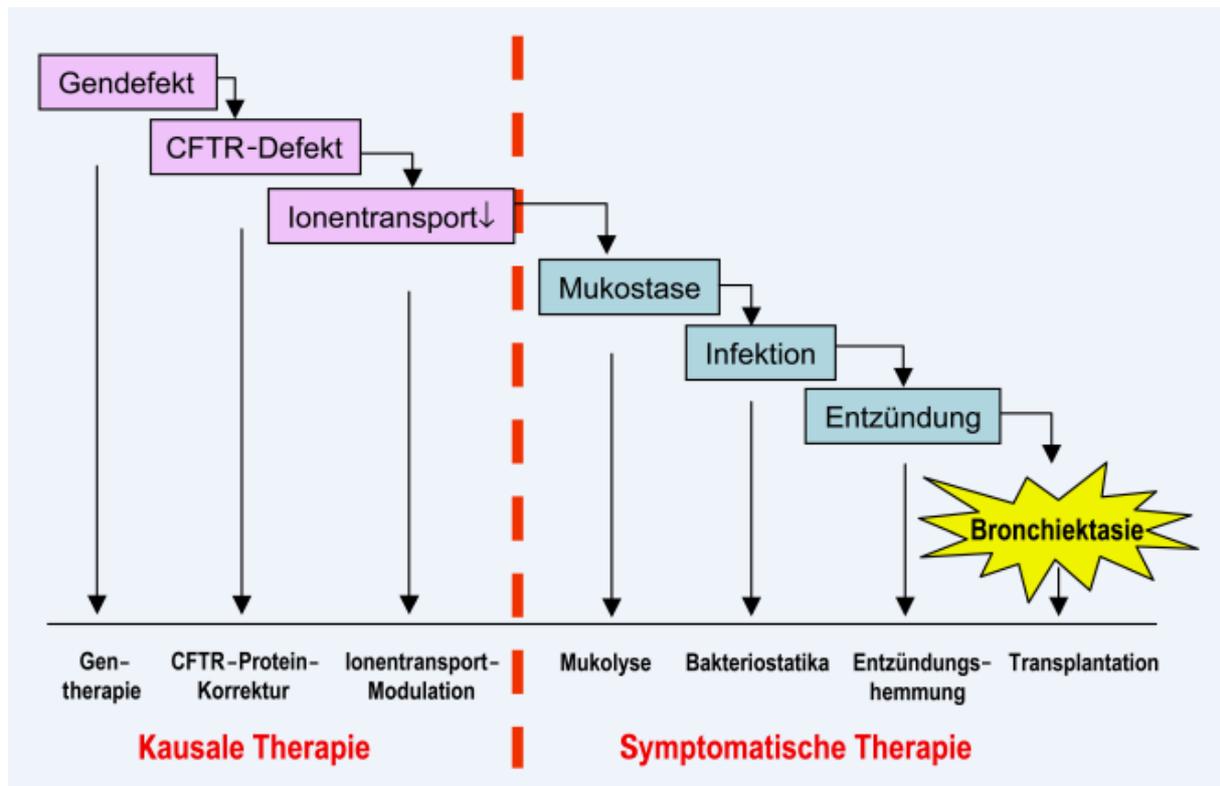


Abbildung 2-13.: Therapiealgorithmus der Mukoviszidose Behandlung

Eine Heilung der Krankheit ist nach heutigem Stand der Wissenschaft nicht möglich. Es wird versucht die Progredienz der Erkrankung zu verlangsamen und den Patienten durch supportive Maßnahmen den Leidensdruck zu erleichtern [1].

Die endokrine Pankreasinsuffizienz wird hauptsächlich mit Insulin behandelt [61]. Bei der Behandlung der Osteoporose wird körperliche Bewegung empfohlen [45]. Therapieversuche mit Bisphosphonaten können auch unternommen werden [62].

Da Mukoviszidose Patienten bedingt durch ihre Erkrankung eine andere Physiognomie und einen veränderten Stoffwechsel haben, ist auch bei Infektionen ein anderes Vorgehen von Nöten [63]. Als problematisch erweist sich aber die aggressive Vorgehensweise bei Staphylokokkeninfektionen. Durch das starke Antibiotikaregime wird für Keime wie Pseudomonas ein ideales Milieu geschaffen [64]. Bei Pseudomonas ist eine frühzeitige [65] und speziell abgestimmte Eradikation vorteilhaft [66]. Die Wirksamkeit der oftmals angewandten Mukolytika, wie z.B. Acetylcystein, konnte keinen Vorteil in der Therapie erbringen [67], ebenso die Physikalische Therapie, wie z.B. mit Vibriomassage [68]. Pulmozyme zeigt bessere Effekte [69]. Als ultima ratio bei nicht tolerierbarer Ateminsuffizienz wird die Lungentransplantation

durchgeführt [70]. Für die Zukunft werden verschiedene Therapien in Studien getestet, wie z.B. die fetale Gentherapie [71], die Stammzelltherapie [72] oder der Einsatz von Korrektoren[73]

Therapeutisch nach den Leitlinien für Mukoviszidose der AWMF Uni –Düsseldorf [6]:

- symptomatische Therapie: Basistherapie der pulmonalen Erkrankung

Physiotherapie (als tägliche Therapie zu Hause unter Anleitung durch speziell ausgebildete Physiotherapeuten) ;Abklopfdrainage (1. – 3. Lebensjahr) bzw. autogene Drainage (ab 3. – 4. Lebensjahr) morgens und abends Sport, insbesondere Laufsportarten und Springsportarten, können die tägl. Drainage ersetzen

- Inhalationstherapie :

0,9% NaCl 2 mal täglich vor der Physiotherapie, bei Atemwegsobstruktion Zusatz von beta-2-Sympatomimetika (der bronchospasmolytische Effekt sollte vorher geprüft werden), bei klinischen Zeichen einer Hyperirritabilität Zusätze wie bei Asthma: DNCG; Anticholinergika, inhalative Steroide bei sehr zähem Sekret: rhDNAse 1 – 2 mal täglich über Wochen oder Inhalation von hypertoner Kochsalzlösung 2 - 3 mal täglich (auf Hyperirritabilität achten)

- Sekretolytische Therapie :

siehe Inhalationstherapie; die orale Einnahme von Mukolytika ist in ihrer Wirkung umstritten

- Antibiotische Therapie bei fehlendem Nachweis von Pseudomonas aeruginosa: meist orale antibiotische Therapie gegen Staphylokokkus aureus und Haemophilus influenza als Indikationstherapie bei akuter Exazerbation und Keimnachweis für 4 – 6 Wochen oder als Dauertherapie (z.B. über ein Jahr) bei wiederholter entzündlicher Exazerbation oder anhaltend pathologischem Lungenbefund bei Pseudomonasernachweis (3 aufeinanderfolgende bakteriologische Nachweise; Frühtherapie, Ziel: Keimelimination):i.v. Antibiotika (s.u.) für 14 Tage, anschließend 1 Jahr Inhalation von Tobramycin oder Colistin; alternativ 6 Wochen oral Gyrasehemmer kombiniert mit 3 monatiger Inhalationstherapie w.o. ;bei chronischer Besiedelung mit Pseudomonas aeruginosa (Ziel: pasagere Reduktion der Antigenlast):alle 3 – 4 Monate für 14 Tage intravenöse pseudomonaswirksame Therapie mit 2 getesteten Antibiotika (sog. Kopenhagener Schema), allgemein akzeptiert für ein fortgeschrittenes Krankheitsstadium, u.U. kombiniert mit einer Dauerinhalation von Tobramycin oder Colistin. In früherem Krankheitsstadium wird in einigen Zentren die kombinierte i.v. Therapie nur bei klinischer Verschlechterung durchgeführt. In diesem Fall ist die Langzeitinhalation frühzeitig zu empfehlen.

- Präventionsmaßnahmen gegen eine frühzeitige Pseudomonasbesiedelung: Hygienemaßnahmen in Krankenhäusern (stationär und ambulant sind Pseudomonas-besiedelte Patienten von Pseudomonas-freien Patienten zu trennen); zu enge Patientenkontakte sollten vermieden werden; die Pseudomonasimpfung wird z.Zt. in Studien geprüft

spezielle Therapiemaßnahmen bei pulmonalen Komplikationen

- Pneumothorax: Pleuradrainage, ggf. chemische oder chirurgische Pleurodese
- Hämoptysen: je nach Schweregrad gezielte (antibiotische) Therapie, lokale Blutstillungsmaßnahmen (bronchoskopisch) und/oder Embolisation bzw. Lungenteilresektion
- Allergische bronchopulmonale Aspergillose: Allergenkarrenz, orale Prednisongabe, Itraconazol (Blutspiegelkontrollen)
- Hypoxie: Bei chronischer, meist zusätzlich nächtlicher Hypoxie rechtzeitige Sauerstoffgabe
- Rechtsherzinsuffizienz: Flüssigkeitsrestriktion, Kalium sparendes Diuretikum
- (Herz)-Lungen-Transplantation bei schwerer Funktionseinschränkung

Basistherapie der gastrointestinalen Erkrankung (siehe auch Leitlinien Gastroenterologie)

- Enzymsubstitution (täglich, bei pankreasinsuffizienten Patienten): als Basisdosis werden 10.000 E Lipase pro kg KGW pro Tag angesehen; die Enzymsubstitution orientiert sich an der Gewichtszunahme bzw. Stuhlfettausscheidung
- Hochkalorische Ernährung: mindestens 130 % der altersentsprechenden Norm, Deutsche Gesellschaft für Ernährung
- Vitaminsubstitution: tägliche Substitution der fettlöslichen Vitamine (A, D, E), Dosierung je nach Serumspiegel. Die Substitution mit Vitamin K sollte vom Gerinnungsstatus abhängig gemacht werden

spezielle Therapie bei gastrointestinalen Problemen

- Mekoniumileus: operative Therapie
- persistierende Fettausscheidung: wenn hohe Enzymdosierung nicht ausreichend, Versuch mit zusätzlicher Gabe von H2-Blockern bzw. Omeprazol
- Diabetes: zunächst Versuch mit oralen Antidiabetika, wenn ungenügend: Insulintherapie
- Cholestasehinweise: Ursodesocyclohexansäure
- Distales intestinales Obstruktions-Syndrom: orale Gabe von Mukolytika, bei ausgeprägter Obstruktion und bei fehlendem Ansprechen auf die Therapie: frühzeitige Gabe von osmotisch wirksamen Laxantien (z.B. über Magensonde) oder von wässrigen Kontrastmitteln (auch als Einläufe). Ggf. Darmresektion.
- Gastro-ösophagealer Reflux: Andicken der Nahrung, hochlagern (beim Säugling), Zisaprit
- Stauungsgastritis bzw. Duodenalulcera: H2-Blocker, Omeprazol

- Malnutrition: intensive Ernährungstherapie, nasogastrale Sonde intermittierend, perkutane endoskopische Gastrostomie als Dauerlösung

Psychosoziale Betreuung:

Unterstützung der Familien bei der Antragstellung für Schwerbehindertenausweis, Pflegegeld, Kuren etc. Intervention bei psychischen Problemen des Patienten bzw. seiner Familie.

Rehabilitation:

Jährliche Kuraufenthalte in speziellen Kureinrichtungen zur Vermeidung von Krankheitsfolgen bzw. zur Verbesserung des körperlichen Zustandes (z.B. durch intensivierete Physiotherapie). [6]

2.3. Computertomographie und Cystische Fibrose

2.3.1. Sichtbare Pathologien bei der Cystischen Fibrose in der Computertomographie

Bei der Cystischen Fibrose kann man mit Hilfe der Computertomographie für diese Erkrankung pathognomonische Erscheinungen darstellen. Das wären Bronchiektasen [74], Bronchialwandverdickungen, Mukusansammlungen in den Bronchien, Milchglastrübungen, Verdichtungen, Überblähungsareale, Zysten und bullöse Veränderungen .

- Bronchiektasen: Das sind zylindrische oder sackförmige irreversible Erweiterungen der Atemwege. Sie sind zu 50% bilateral lokalisiert. Die Inzidenz beträgt 1/10 000/a. Diese Erweiterungen können bereits angeboren sein, wie z.B. beim Kartagener- Syndrom oder der Mukoviszidose, oder auch erst später entstehen. Die Ursachen für eine nicht connatale Form der Bronchiektasen sind akute oder chronische Entzündungen oder Krankheiten, welche die Atemwege verlegen, als Beispiel wäre die Lungentuberkulose zu nennen. Besonders bei der Mukoviszidose kommen diese Pathologien häufig vor, da durch die mukociliäre Clearance Störung die Atemwege verlegt sind. Klinisch bemerkbar machen sie die Ektasien mit großvolumigen Expektorationen, die besonders morgens oder bei Lagewechsel entstehen. Desweiteren ist das Sputum dreischichtig mit den Schichten Schaum, Mukus und Pus und riecht süßlich fade. Auskultatorisch hört man feuchte Rasselgeräusche. Die Komplikationen sind obstruktive Ventilationsstörungen, Lungenblutungen, die Infektgefahr ist erhöht, Pilzansiedlungen und eine respiratorische Insuffizienz. Diagnostiziert werden Bronchiektasen mittels radiologischen Verfahren, wobei der Computertomographie große Bedeutung zu kommt [75]. Therapeutisch

kommen chirurgische und konservative Verfahren in Frage. Ein operatives Vorgehen mit einer Segmentresektion ist bei einseitiger Lokalisation angebracht. Bei Befall größerer Teile sind Verfahren die die Clearance antreiben vorzuziehen und eine medikamentöse Abdeckung gegenüber Infekten anzustreben.[74] [1] [76]

-Milchglastrübungen sind Dichteanhebungen mit noch erkennbaren bronchovaskulären Strukturen. Sie sind häufig bei aktiven Prozessen an den Alveolen anzutreffen. Mit dem HRCT gelingt eine sehr gute Darstellung dieser Pathologien .

- Verdichtungen im Lungengewebe entstehen durch Einwanderung von Leukozyten und die entzündlich bedingte Schwellung. In der radiologischen Diagnostik kann man sehen, ob ein positives Bronchogramm, sprich wie sie bei der interstitiellen Pneumonie vorkommt, vorhanden ist

- Mukusansammlungen sind bedingt durch entzündliche Prozesse und einer gestörten Clearance in der Lunge

-Überblähungsareale, Zysten und Bullae sind auf pathologische Veränderungen des Lungengewebes zurückzuführen, ursächlich kommen Entzündungen und andere Pathologien in Frage. Häufig sind diese Veränderungen bei der Cystischen Fibrose anzutreffen, da die Abwehrmechanismen der Lunge gestört sind [5] [1].



Abbildung 2-14.: CT Thorax Aufnahme in low dose Technik; Coronare Schichtungen mit typischen Mukoviszidose assoziierten Lungenveränderungen

2.3.2. Bedeutung in der Verlaufskontrolle der cystischen Fibrose

Die konventionelle Röntgenaufnahme des Thorax ist oft bei milden verläufen der Mukoviszidose unspezifisch, sogar bei Exazerbationen ist das konventionelle Thoraxbild nicht selten inkongruent mit der Klinik des Patienten. Nicht desto trotz wird eine jährliche konventionelle Röntgen Thoraxaufnahme empfohlen [6]. Die radiologischen Veränderungen sind unspezifisch doch je nach Lokalisation und Morphologie charakteristisch. Im konventionellen Bild sieht man besonders im progredienten Stadium Überblähungen mit abgeflachten Zwerchfellen,

Bronchiektasen, unscharfe fleckförmige Mucus plugs und zystische, bullöse Veränderungen [77]. Zur Evaluation, ob Veränderungen vorhanden sind und wie stark diese Veränderungen sind sollte man sich Bewertungssystemen bedienen [78]. Eine Möglichkeit ist der Chrispin- Norman- Score der bisher aber nur im Rahmen von Studien und für Kinder zur Anwendung kam [79]. Die Verwendung der Computertomographie zur Verlaufskontrolle ist noch nicht in die Leitlinien aufgenommen [6]. Der Vorteil der Computer Tomographie ist die höhere Sensitivität in Bezug auf Veränderungen im Thoraxbereich [80]. In Bezug auf die Computer Tomographie ist man immer noch etwas zögerlich, da sie mit höheren Kosten und einer höheren Strahlenbelastung verbunden ist. Wie schon in vorherigen Abschnitten beschrieben die erhöhte Strahlenbelastung in Zeiten der Niedrig Dosis CT Technik [81] und bei Anwendung spezieller Protokolle sich in Grenzen hält [82].

3. Material und Methoden

3.1. Studiendesign

Es wurden sämtliche Bilddatensätze von Mukoviszidose Patienten, die in unserem Institut eine 4 Zeilen als auch eine 64 Zeilen Computertomographie des Thorax in Niedrig Dosis Technik in den Jahren 2003 bis 2007 erhalten haben von 3 unabhängigen Radiologen begutachtet. Dafür mussten die 3 Radiologen unabhängig von einander mit 2 Bewertungssystemen die Bilder evaluieren. Dem Brody Score und dem Anatomy Score. Thorax Aufnahmen von jeweils 27 Patienten wurden befundet. Sämtliche Datensätze wurden unabhängig, ob es 4 Zeilen oder 64 Zeilen Aufnahmen sind, mit Hilfe drei verschieden farbiger Würfel (rot, gelb, grün) gematcht und verblindet den Radiologen präsentiert.

Um die Reproduzierbarkeit des verwendeten Verfahrens zu prüfen wurde der erste untersuchte Datensatz ein zweites mal von allen 3 Radiologen evaluiert. Anhand eines Bland Altman Testes ist die Validität geprüft worden. Durch diese Wiederholung ist die durchschnittliche Abweichung der 4 Zeilen mit der 64 Zeilen CT Aufnahme errechnet worden.

Befundet haben eine Oberärztin der Radiologie mit 10 Jahren beruflicher Erfahrung (Untersucher 1 = Radiologe 1). Ein Oberarzt der Radiologie mit 15 Jahren beruflicher Erfahrung und dem Spezialgebiet der radiologischen Darstellung des Thorax (Untersucher 2 = Radiologe 2). Eine Assistenzärztin der Radiologie im dritten Ausbildungsjahr (Untersucher 3 = Radiologe 3).

Mit Untersucher 2 und 3 sind sämtliche Datensätze geprüft worden und der erste Datensatz zur Bestimmung der Reproduzierbarkeit. Mit Untersucher 1 wurde nur der erste Datensatz zweimal in einem Abstand von ungefähr 3-6 Monaten evaluiert um die Reproduzierbarkeit des Verfahrens zu bestärken und einen geeigneten Maßstab für die Ausschlusskriterien zu bestimmen. Die durchschnittliche Bewertungszeit betrug im Schnitt 20-30 min pro Datensatz für den Brodie Score und im Schnitt 10-15 min für den Anatomy Score.

3.2. technisches Equipment

Die ersten Bilddatensätze wurden mit einem 4 Zeilen Multidetektor Computertomographen (Philips- MX8000, Philips Medical Systems, Hamburg).

Die zweiten Bilddatensätze wurden mit einem 64 Zeilen Multidetektor Computertomographen (Philips- Brilliance- CT64, Philips Medical Systems, Hamburg). Der Vorteil des 64 Zeilen Gerätes ist eine bis zu 16 fach schnellere Datenaufnahme Möglichkeit, wodurch Atem und Myokardkontraktionsabhängige Artefakte reduziert werden.

Die Datensätze wurden von allen drei Radiologen, an der gleichen Befundungs Station, zu gleichen Bedingungen evaluiert. Der Befundungsmonitor war ein 3K (Bildmatrixgröße) Monitor. Die Niedrig Dosis CT Untersuchungen des 4 Zeilen Scanners ist mit einem Strom-Zeit-Produkt/Schicht von 10mAs/ Schicht, einem Pitch von 1,75 und dem Rekonstruktionsalgorithmus C durchgeführt worden

Ein Pitch wird definiert als der Quotient aus dem Tischvorschub pro Röhrenumdrehung und aus eingestellter Schichtkollimation x Anzahl der Detektorzeilen [13].

Der Begriff mAs/Schicht bezeichnet das effektive Röhrenstromzeitprodukt, ist also der Quotient aus dem elektrischen Röhrenstromzeitprodukt und dem Pitch [13]. Im Gegensatz zu Niedrig Dosis Aufnahmen wird bei Standard Dosis CT Aufnahmen ein effektives Röhrenstromzeitprodukt von bis zu 200 mAs/Schicht verwendet.

Die effektive Dosis bei den Niedrig Dosis Protokollen betrug im Schnitt um die 0,5 mSv. Im Vergleich dazu beträgt die effektive Dosis bei Standard CT aufnahmen mit einer Schichtung von 3mm im Schnitt 5,20 mSv.

Die Niedrig Dosis CT Untersuchungen des 64 Zeilen Scanner sind mit 120 kV Röhrenspannung, einer effektiven Schichtdicke von 0,625 mm, einem Strom-Zeit-Produkt/ Schicht von 15 mAs/ Schicht, einem Pitch von 1,173, einer Schichtkollimation von 0,5 mm und dem Rekonstruktionsalgorithmus „YA“ angefertigt worden. Die Bilder sind bei beiden Geräten bei einer Rotationszeit von 0,5s zu 3mm Schichten rekonstruiert und untersucht worden.

Parameter	MDCT 4	MDCT 64
Kollimation	0,5 mm	0,5 mm
Pitch Faktor	1,75	1,173
Rekonstruktion	3 mm	3 mm
Rotationszeit	0,5 s	0,5 s
Scan Orientierung	Caudo - Cranial	Cranio - Caudal
Scanner Einstellung	120 kV, 10mAs/Schicht	120 kV, 15mAs/Schicht
effektive Schichtdicke	1,3 mm	0,625 mm
Kernel (Algorithmus)	lung (C)	lung (YA)
Fenster	W 1600: L -600	W 1600: L -600

Tabelle 3-1 : Geräteeinstellung des MDCT 4 und des MDCT 64

Nach der Erhebung des Datensatzes wurden neben den axialen Schichtungen auch coronare und sagittale Schichtungen rekonstruiert, diese sind separat bewertet worden.

Die Bildanalyse ist mittels PACS, Agfa-Impax Version 4104.09.2004, 3K-Monitor, einem Bildarchivierungs und Kommunikationssystem der Firma Agfa Medical Systems Germany gemacht worden. Die CT Bilder wurden mit einer definierten Fensterweite und Fensterlänge befundet. (Lungenfenster W1600:L -600).

3.3. Durchführung:

Das Studiendesign entsprach einem retrospektivem Ansatz, da sämtliche Untersuchungen schon bei Beginn dieser Arbeit abgeschlossen waren. Durch die Evaluierung schon vorhandener Daten ist eine zusätzliche Strahlenbelastung der Probanden vermieden worden. Um dennoch solide Daten und eine Vergleichbarkeit der Aufnahmen zu erhalten wurde der Brodie Score [83] angewendet.

3.4. Bewertungssysteme und Auswertung

Es gab zwei Bewertungssysteme die bei dieser Studie zur Anwendung kamen.

Der Brodie Score der speziell für Mukoviszidose Patienten, die Tomographische Aufnahmen des Thorax bekommen haben, zur Anwendung kommt [83]. Dieser Score ist eingesetzt worden um zu Evaluieren, ob die Krankheit bei der zweiten, sprich der Aufnahme mit dem 64 Zeilen Scanner stark progredient war oder ob annähernd gleiche Verhältnisse wie bei der ersten Aufnahme herrschen. Der Brodie Score unterteilt die Lunge in 6 verschiedene Areale die separat in zentral und peripher unterteilt werden. Er beinhaltet die Faktoren: Bronchiektasen, Bronchialwandverdickungen, Mukosablagerungen in den Bronchien, weitere pathologische

Veränderungen wie Zysten und bullöse Veränderungen, Milchglas Trübungen, Verdichtungen im Lungenparenchym und Überblähungsareale. Die Lunge wird unterteilt in Ober- Mittel und Unterlappen, jeweils in rechts und links. In der linken Lunge wird die Lingula entsprechend dem Mittellappen als korrelat angesehen. Diese einzelnen Komponenten der Lungenabschnitte fließen unterschiedlich stark in die Bewertung ein es wird ein gesamt Score für die Lunge errechnet. Der maximal zu erreichende Wert beträgt 207 [84].

Mit dem Brody Score wurden die axialen Schnitte bewertet. Die zusätzlich rekonstruierten Coronar und Sagittalschichtungen sind nach Aufnahme in die Studie nur mit dem Anatomy Score bewertet worden.

Bronchiectasis score (range, 0–12)	=	Extent of bronchiectasis in central lung 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	+	Extent of bronchiectasis in peripheral lung 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	×	Average bronchiectasis size multiplier Average Multiplier size 0.5 = 0 1 = 1 1.5 = 1.25 2.0 = 1.5 2.5 = 1.75 3 = 2
Where average bronchiectasis size	=	Size of largest dilated bronchus 1 ≤2x 2 = 2x–3x 3 ≥3x	+	Average size of dilated bronchi 1 ≤2x 2 = 2x–3x 3 ≥3x	+	2
Mucous plugging score (range, 0–6)	=	Extent of mucous plugging in central lung 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	+	Extent of mucous plugging in peripheral lung 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe		
Peribronchial thickening score (range, 0–9)	=	Extent of peribronchial thickening in central lung 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	+	Extent of peribronchial thickening in peripheral lung 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	×	Severity of peribronchial thickening 1 = mild 1.25 = moderate 1.5 = severe
Parenchyma score range, 0–9)	=	Extent of dense parenchymal opacity 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	+	Extent of ground glass opacity 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	+	Extent of cysts or bullae 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe
Hyperinflation score (range, 0–4.5)		Extent of air trapping 0 = none 1 = 1/3 of lobe 2 = 1/3–2/3 of lobe 3 ≥2/3 of lobe	×	Appearance of air trapping 1 = subsegmental 1.5 = segmental or larger		

Abbildung 3-1.: Brody Score Auswertetabelle (nach [84])

Der Anatomy Score evaluiert die Darstellbarkeit der Lungenabschnitte in Schnittbild Aufnahmen. Auf einer Skala von 1 bis 4 wird bestimmt wie gut die einzelnen Strukturen sichtbar und voneinander abgrenzbar sind. Die Lunge wird wieder in 6 Abschnitte gegliedert. Diesmal aber in Hilusbereich, Lungenkern und Lungenmantelbereich. Es wird wieder differenziert in rechten und linken Lungenflügel. Als Orientierungspunkt wird die Carinahöhe bestimmt. Der Untersucher

evaluiert die Schichten auf Carinahöhe und die Schichten die jeweils 5 cm kranial als auch kaudal gelegen sind. In der sagittalen Rekonstruktion wurde wieder die Lokalisation der Carina bestimmt aber diesmal wurde der Spielraum nicht in kraniokaudaler Richtung gestattet, sondern man ging von der Carina 5cm nach rechts und 5cm nach links. Bei der coronaren Rekonstruktion ist wieder die Carina lokalisiert worden und es ist kein Spielraum benötigt worden, da alle zur Bewertung wichtigen Stellen in dieser Schicht einsehbar sind.

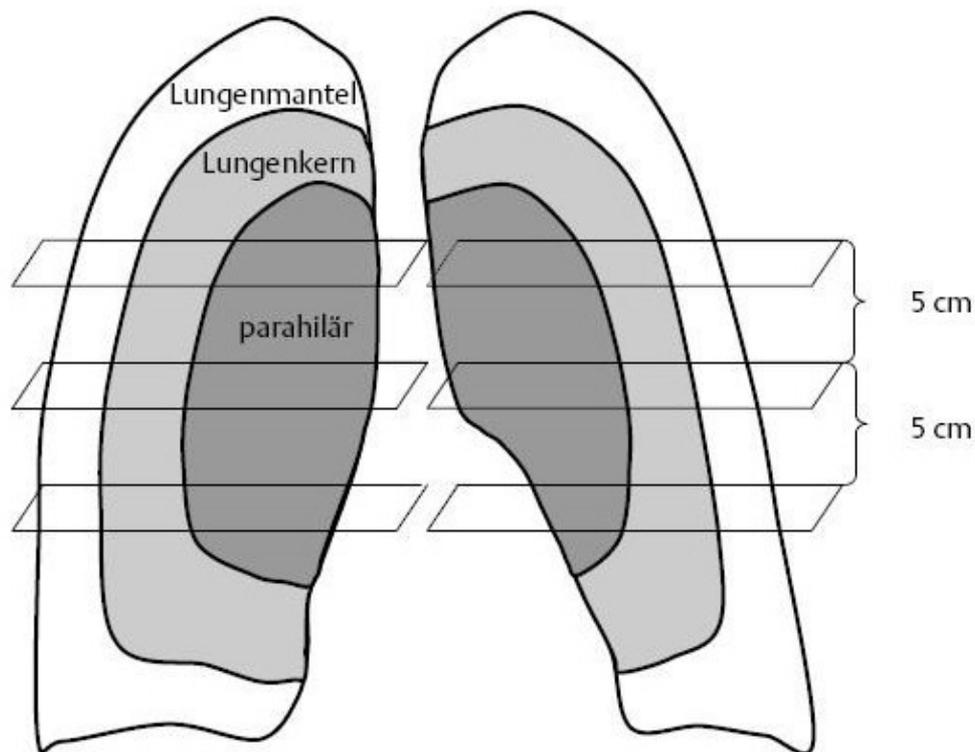


Abbildung 3-2.: Die Einteilung der Lungenabschnitte bei der Auswertung mit dem Anatomy Score (nach [8])

Qualitätsskala f.d. Abgrenzbarkeit verschiedener Strukturen
1= Struktur nicht erkennbar
2= Struktur erkennbar, aber nicht gegen Nachbarstrukturen abgrenzbar
3= Struktur erkennbar, aber nicht gegen Nachbarstrukturen abzugrenzen oder Abgrenzung unscharf
4= Struktur erkennbar und vollständig gegen Nachbarstrukturen abzugrenzen
Bewertung jeweils auf Höhe der Carina = carina, sowie
5 cm cranial = kranial der Carina
5 cm caudal = kaudal der Carina

Tabelle 3-2 : Bewertungsskala des Anatomy Score

3.5. Statistik

Bland Altman Test

Dieser von Bland und Altman entwickelte Test dient zum Vergleich zweier verschiedener Meßobjekte. Mit Hilfe dieses Test wird untersucht, ob zwei Messmethoden das gleiche Ergebnis liefern. Der Test vergleicht die Mittelwerte zweier Verfahren mit der Differenz beider Verfahren. In dieser Studie ist dieser Test eingesetzt worden, um zu prüfen ob die Ergebnisse der Radiologen reproduzierbar sind. Da sämtliche Datensätze zu 17 verschiedenen Gruppen gematcht wurden ist beschlossen worden zu Beginn der Studie jedem Radiologen das Datenpaket 1 zur Evaluation zu geben und dann nach 3 bis 6 Monaten wieder das gleiche Datenpaket noch mal zu Evaluieren. Dann wurde mit Hilfe des Bland Altman Testes die Korrelation der ersten und der zweiten Untersuchung überprüft [85]

Wilcoxon Test

Der Wilcoxon Test ist eine Ergänzung zum Vorzeichen Rang test und dient bei Fragestellungen mit gepaarten Stichproben als statistischer Test. Er bedient sich der Verteilung von Vorzeichen. Er zeigt sowohl die Richtung der Differenzen als auch ihre Stärke. Der Unterschied und auch Vorteil zum abhängigen t-Test ist das keine Normalverteilung vorausgesetzt werden muss. Initial wird eine Nullhypothese und Alternativhypothese formuliert. Je nach Fragestellung wird eine einseitige oder eine zweiseitige Nullhypothese und eine Alternativhypothese formuliert. Die weitere Vorgehensweise ist, dass zuerst die absoluten Beträge der Differenzen jedes Paares berechnet werden und diesen Wertepaaren Ränge zugeordnet werden. Der niedrigste Betrag erhält den niedrigsten Rang. Es wird vermerkt welche Ränge positiv und welche Ränge negativ sind. Wenn mehrere Differenzen das gleiche Ergebnis liefern, werden die Ränge untereinander aufgeteilt. Die Kontrolle ob sich die Rangvergabe lege artis vollzogen hat wird mit folgender Formel überprüft:

$$R^+ + R^- = n(n+1)/2$$

R^+ = Summe der positiven Ränge

R^- = Summe der negativen Ränge

n = Anzahl der Vergleichspaare mit einer Differenz $\neq 0$

α = kritischer Wert; Fehler erster Art = Annahme einer Unterschiedlichkeit der Populationen von Maßobjekten, obwohl diese in Wirklichkeit nicht besteht

Die Summe der negativen und positiven Ränge wird separat betrachtet. Die kleinere Summe wird als Testergebnis verwendet und mit dem Tabellenwert für das jeweilige α verglichen.

Bei:

- Testsumme $> \alpha$ wird die Nullhypothese angenommen

- Testsumme $\leq \alpha$ wird die Nullhypothese abgelehnt

Der Vorteil beider Testverfahren bestand darin, dass man diese Verfahren händisch ausrechnen konnte. [86]

Chi - (X^2)-Test :

Die Kontrolle ob sich die peripheren Lungenabschnitte von den zentralen Lungenabschnitten in der Auswertung stark unterscheiden ist mit einem X^2 – Test für die jeweiligen Schichtungen gemacht worden. Der Hilusbereich und der Lungenkernbereich sind als Zentrum zusammengefasst und mit dem Lungenmantel abschnitt überprüft worden. Der X^2 – Test ist ein spezielles Verfahren für den Vergleich von Häufigkeitsunterschieden zweier Merkmale. Den Ausgangspunkt bilden im einfachsten Fall zwei qualitative Merkmale mit je zwei Ausprägungen. In dieser Studie: Gute Bildqualität versus Schlechte Bildqualität. Der Anatomy Score ist so aufgebaut, dass die Wertung von 1 (schlechte Bildqualität, Strukturen nicht abgrenzbar) bis 4 (sehr gute Bildqualität, Strukturen gut abgrenzbar) geht. 1 und 2 sind als schlechte Qualität, 3 und 4 als gute Qualität eingestuft worden. Mit dem Chi Quadrat Test konnte nun der Vergleich gemacht werden, ob sich die Bildqualität der zentralen Lungenabschnitte von der Bildqualität der peripheren Lungenabschnitte unterscheidet. Das Prinzip ist folgendes. Es wird eine Nullhypothese (H_0) und eine Alternativhypothese (H_1) festgelegt, z. B. das die Bildqualität der zentralen Abschnitte= peripheren Abschnitte sind:

H_0 : zentr. Bild = perip. Bild versus H_1 : zentr. Bild \neq perip. Bild.

Dann wird eine Vierfelder Tafel angelegt und man vergleicht wie viele jeweils in den jeweiligen Abschnitten eine gute Qualität und wie viele jeweils eine schlechte Qualität besitzen:

	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	a	b	a+b
gute Bildqualität	b	d	c+d
Gesamt	a+c	b+d	n=a+b+c+d

Tabelle 3-3 : Vierfeldertafel

Dann die Häufigkeit bestimmt:

	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	$w = (a+c) \cdot (a+b) / n$	$X = (b+d) \cdot (a+b) / n$	a+b
gute Bildqualität	$y = (a+c) \cdot (c+d) / n$	$Z = (b+d) \cdot (c+d) / n$	c+d
Gesamt	a+c	B+d	n=a+b+c+d

Tabelle 3-4 : Häufigkeitsverteilung

Dann wird die Prüfgröße berechnet:

$$(a-w)^2/w + (b-x)^2/x + (c-y)^2/y + (d-z)^2/z$$

Bei dieser Studie ist eine 2x2 Tafel verwendet worden und deswegen ist die Prüfgröße bei Zutreffen der Nullhypothese annähernd der χ^2 verteilt mit einem Freiheitsgrad (χ^2 1), wenn die erwarteten Häufigkeiten nicht zu klein werden. Anschließend wird der Wert mit dem Tabellenwert der Gamma - (Υ)- Quantile der χ^2 Verteilung verglichen. Wenn das errechnete Ergebnis kleiner (<) als der Tabellenwert ist, so ist H0 anzunehmen; ist es jedoch größer (>), als der Tabellenwert, dann ist H0 abzulehnen [87].

Mc Nemar Test:

Der Vergleich zwischen den einzelnen Lungenabschnitten in Bezug auf die beiden CT Scanner ist mit einem Mc Nemar Test gemacht worden.

Der Mc Nemar Test ist ein Test, bei dem ein dichotomes Merkmal bei verbundenen Stichproben analysiert werden kann. Man kontrolliert ob die errechnete Prüfgröße gleich groß oder größer als der Vergleichswert der Chi- Quadrat-Verteilung , bei 1 Freiheitsgrad und 95%-Quantil , ist. So kann man davon ausgehen, dass ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Stichproben besteht und dass ein Ergebnis in einer der Gruppen so gehäuft eintritt, dass ein rein zufälliger Unterschied mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Zu beachten ist beim Mc Nemar Test, dass nur ungerichtet signifikante Unterschiede festgestellt werden können. Daher muss man sich nach Berechnung der Werte die einzelnen Parameter genauer ansehen und demnach seine Entscheidung fällen. Die Auswertung des Mc Nemar Test ist folgendermaßen: Es wird das Verhältnis des Unterschiedes zwischen den beiden Stichproben, welche bei beiden verschiedene Ergebnisse hatten, betrachtet: Zur besseren Verdeutlichung wird eine 4 Felder Tafel angelegt:

	Test 2 gut	Test 2 schlecht
Test 1 gut	a	b
Test 1 schlecht	c	d

Tabelle 3-5 : McNemar Test

Nach dieser Tabelle fließen b und c in die Berechnung ein. Die ermittelte Prüfgröße wird mit den Werten der Chi- Quadrat Verteilung bei Freiheitsgrad = 1 und Signifikanzniveau = 5% verglichen. Die Rechenformel ist:

$$X^2 = (|b-c| - 0,5)^2 / (b+c)$$

Der Wert (-0,5) stellt eine Stetigkeitskorrektur, die sogenannte Yates Korrektur dar. Bei größeren Fallzahlen($b+c > 30$) ist sie vernachlässigbar. In dieser wird sie zum Einsatz kommen [87].

Die Datenerfassungen und die Berechnungen des Chi Quadrat Test und des Mc Nemar Test sind mit einer Microsoft Excel 2003® (Microsoft Corporation) Software gemacht worden.

3.6. Terminologie

Die gesamte Lunge wurde für den Brodie Score in 6 Teile untergliedert. In einen rechten und einen linken Lungenflügel. Bei der Befundung wurde jeweils zwischen einem zentralen und einem peripheren Teil differenziert. Der periphere Teil der Lunge wurde definiert als die äussersten 2cm des Lungengewebes. Der restliche Teil der Lunge ist der zentrale Teil [84]

Bei dem Anatomie Score wurde die Lunge wieder in 6 Teile unterteilt. Diesmal wurde wieder zwischen rechtem und linkem Lungenflügel differenziert. Jeder Lungenflügel ist jeweils in drei Abschnitte untergliedert. Es wurden jeweils die Abschnitte Hilus, Lungenkern und Lungenmantelbereich einzeln betrachtet. Der Hilus wurde definiert als der Bereich der einen Radius von 5cm um den Durchtrittspunkt des Hauptbronchus durch die Mediastinalbegrenzung hat. Der Lungenkern ist der Bereich zwischen Hilusbereich und Lungenmantel. Der Lungenmantel ist definiert als die äussersten 2cm die subpleural liegen [8].

3.7. Patienten

27 Patienten sind bewertet worden. Die Patienten erhielten initial eine 4 Zeilen Computertomographie in Niedrig Dosis Technik und im Verlauf in einem Abstand von mehreren Jahren eine Aufnahme mit dem 64 Zeilen Gerät in Niedrig Dosis Technik.

3.8. Verblindung

Die Datensätze der Patienten wurden über das Picture Archiving and Communication System (PACS; AGFA Impax) aus dem elektronischen Archiv regeneriert und auf Datenträger in Form einer Compact Disc gespeichert. Jeder Aufnahmendatensatz wurde auf eine separate CD gebrannt. Es gab von jedem Patienten zwei Datensätze. Einen mit 4 Zeilen CT Aufnahmen und einen mit 64 Zeilen CT Aufnahmen. Jede einzelne CD erhielt eine Zahl. Diese Zahl wurde durch Würfeln bestimmt. Dazu sind 3 verschieden farbige, handelsübliche 6 flächige Spielwürfel (rot, gelb und grün) benutzt worden. Die einzelnen Datensätze sind nach der aufsteigenden Reihenfolge in Pakete zusammengefasst worden. Diese Pakete wurden dann, mit Ausnahme des Datenpaket 1, wieder durch würfeln den einzelnen Untersuchern zugeteilt. Der erste Würfel (rot) beschrieb die erste Ziffer der dreistelligen Zahl, analog dazu beschrieb der zweite Würfel (grün) die zweite Ziffer und der dritte Würfel (gelb) die dritte Ziffer. Diese Zahlen wurden dann aufsteigend sortiert. Dadurch wurde die Reihenfolge festgelegt nach welcher die Untersucher die Datensätze betrachten. Das Matching ist blind vollzogen worden. Den Radiologen sind blind die Datensätze präsentiert worden.

Datenpaket 1 bestand aus sieben Datensätzen. Die weiteren Pakete, 2-17, bestanden aus jeweils 3 Datensätzen. Das Datenpaket 1 mit sieben Datensätzen wurde von allen drei Radiologen jeweils als erstes betrachtet und mit einem Zeitabstand von 3-6 Monaten nochmals unter gleichen Bedingungen evaluiert. Bevor alle 3 Radiologen das Datenpaket 1 zweimal evaluiert hatten, wurde keinem der Radiologen ein anderes Datenpaket vorgelegt. Durch diese Reevaluation des ersten Datenpaketes sollte die Reproduzierbarkeit der Verfahren (Brody Score und Anatomie Score) geprüft werden. Die Prüfung erfolgte mit einem Bland Altman Test. Außerdem wurde dadurch die Durchschnittliche Schwankbreite bei der Punktevergabe bestimmt und es wurde eine Grenze für den Ausschluss der Patienten bestimmt.

4. Ergebnisse

4.1. Randomisierung

Die Daten sind aus dem Impax Archivierungssystem regeneriert, und jeder einzelne Datensatz ist auf eine eigene Compact Disc transferiert worden. Zur Festlegung der Reihenfolge in der die Datensätze begutachtet werden sollen wurde jedem Datensatz eine Zahl zugeteilt. Die Zahl ist mit Hilfe von 3 verschieden farbigen Würfeln bestimmt worden. Der erste Würfel ist rot, der zweite grün und der dritte gelb. Der rote Würfel war die erste Ziffer, der grüne Würfel die zweite Ziffer und der gelbe Würfel die dritte Ziffer der Zahl. So wurden die einzelnen Datensätze, unabhängig ob es 4 Zeilen oder 64 Zeilen Aufnahmen waren, nach aufsteigender Zahl geordnet. Die ersten 7 Ränge sind zu einem Datenpaket zusammengefasst worden. Die folgenden Pakete enthielten jeweils immer 3 Datensätze. Das Datenpaket 10 erhielt aber nur 2 Datensätze. Dies gewährleistete bei 27 Patienten homogene Datenpakete. Die Wahl auf das Paket 10 fiel durch das Zufallsprinzip mit Hilfe von 2 Würfeln. Nach Vergabe der Ränge für die einzelnen Datensätze und Zusammenschluss der Datenpakete ist die Reihenfolge der Verteilung der Datensätze zu den einzelnen Untersuchern mit 1 Würfel ausgewürfelt worden. Dabei erhielt Untersucher 2 den Rang 1, Untersucher 1 den Rang 2 und Untersucher 3 den Rang 3. Nach Vergabe der Untersucherränge wurden erneut die einzelnen Datenpakete bis auf Ausnahme des Paketes 1 den Untersuchern mit Hilfe der 3 Würfel zugewiesen. Das Datenpaket 1 wurde von allen 3 Untersuchern als erster Datensatz befundet, um zum einen die Abweichung der beiden Datensätze zu evaluieren und um die Untersucher mit der Methodik vertraut zu machen. (Siehe Anhang: *Matching und Randomisierungstabelle: Zu 4.1.*)

4.2 Die Patientenzahl und das Geschlecht

In die Studie eingeflossen ist der Datensatz von 27 Patienten, davon sind 14 männlichen und 13 weiblichen Geschlechtes

4.2.1 Das Patientenalter

Zu dem Untersuchungszeitpunkt hat der Mittelwert des Alters bei den Untersuchungen mit dem 4 Zeilen Scanner 31,93 Jahre, wobei der älteste männliche Patient 50 Jahre, die älteste weibliche Patientin 44 Jahre alt waren, betragen. Der jüngste männliche Patient war damals 20 Jahre und die jüngste weibliche Patientin auch 20 Jahre alt. Der Geschlechtsspezifische Altersmittelwert betrug bei den männlichen Studienteilnehmern bei den Untersuchungen mit dem 4 Zeilen Scanner 32,79 Jahre und bei den weiblichen Teilnehmerinnen 31,0 Jahre. Bei den Aufnahmen mit dem 64 Zeilen Scanner hat der Mittelwert des Alters 34,89 Jahre , wobei der älteste männliche Patient 53 und die älteste weibliche Patientin 44 Jahren waren, betragen. Der jüngste männliche Patient hatte ein Alter von 24 Jahren und die jüngste weibliche Patientin war 24 Jahre alt. Der Geschlechtsspezifische Altersmittelwert betrug bei den männlichen Studienteilnehmern 36,29 und bei den weiblichen 33,38 Jahre.

	Gesamt 4Zeilen	M	W	Gesamt 64 Zeilen	m	w
Patientenzahl	27	14	13	27	14	13
Mittelwert Alter(Jahre)	31,93	32,79	31	34,89	36,29	33,38
Median Alter (Jahre)	33	33,5	32	36	37	34
Jüngster Patient Alter (Jahre)	20	20	20	23	24	23
Ältester Patient Alter (Jahre)	50	50	44	53	53	44

Tabelle 4-1 : Alters und Geschlechtsverteilung der Untersuchten Patienten

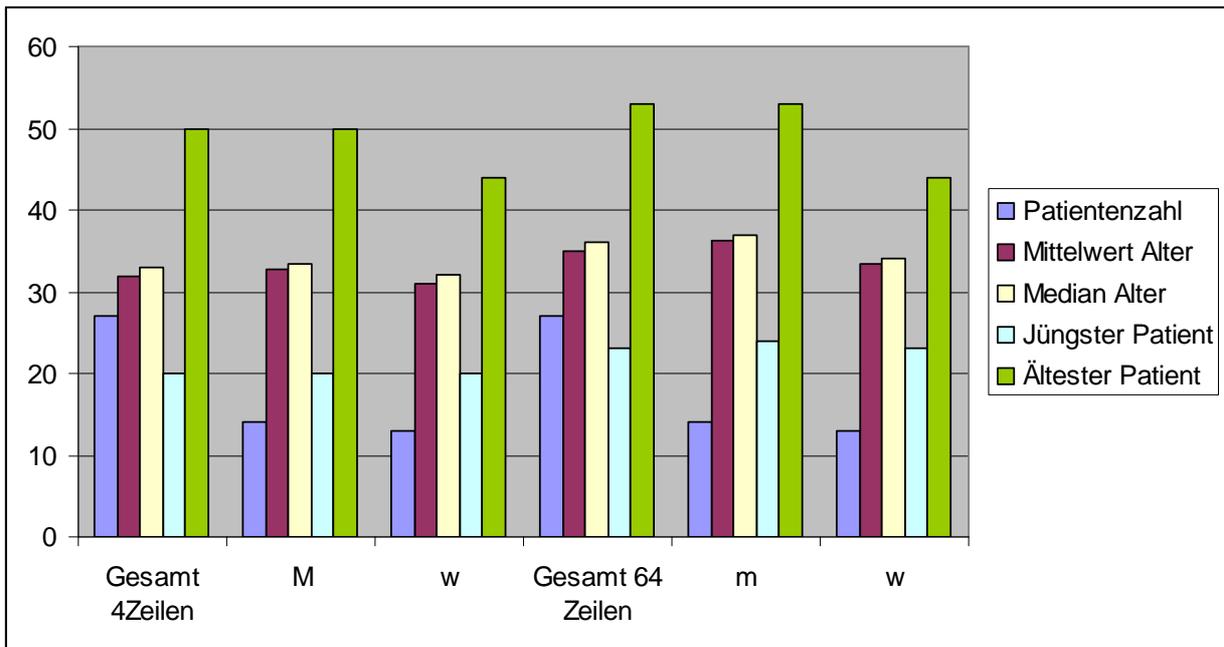


Tabelle 4-2 : Graphische Darstellung der Alters und Geschlechtsverteilung der Untersuchten Patienten

4.2.2. Anatomische Gegebenheiten der Patienten

Der minimale Thoraxdurchmesser (Sternovertebraler und Costocostaler Abstand) war bei den männlichen Patienten in der sagittalen Messung 10,9 cm und in der transversalen Messung 24,3 cm. Der maximale Thoraxdurchmesser betrug sagittal 15,2 cm und transversal 29,8 cm bei den männlichen Studienteilnehmern. Der Mittelwert war für die männlichen Teilnehmer sagittal 14,47cm und transversal 26,68 cm.

Bei den weiblichen Studienteilnehmerinnen war der minimale Thoraxdurchmesser sagittal 10,0 cm und transversal 23,8 cm. Der maximale Thoraxdurchmesser war sagittal 14,8 cm und transversal 26 cm. Der Mittelwert der Thoraxdurchmesser für die weiblichen Teilnehmer 12,31 cm sagittal und 25,15 cm transversal

Thoraxdurchmesser	m	w
Sagital min	10,9cm	10,0cm
Sagital max	15,2cm	14,8cm
transversal min	24,3cm	23,8cm
transversal max	29,8cm	26,0cm
Mittelwert sagittal	14,47cm	12,31cm
Mittelwert transversal	26,68cm	25,15cm

Tabelle 4-3 : Thoraxdurchmesser der in die Untersuchung eingeflossenen Patienten

4.2.3. Das Untersuchungsfeld

Bei Untersucher 2 betrug die durchschnittliche Carina Höhe für Männer in den axialen Schichtungen -133,47, in den sagittalen Schichtungen 135,34 und in den coronaren Schichtungen 102,8.

Die durchschnittliche Carina Höhe für Frauen beträgt in den axialen Schichtungen -146,38, in den sagittalen Schichtungen 129,44 und in den coronaren Schichtungen 93,67.

Bei Untersucher 3 betrug die durchschnittliche Carina Höhe für Männer in den axialen Schichtungen -114,17, in den sagittalen Schichtungen 131,34 und in den coronaren Schichtungen 97,04. Bei den Frauen betrug die Carina Höhe durchschnittlich in den axialen Schichtungen -143,09, in den sagittalen Schichtungen 129,33 und in den coronaren Schichtungen 97,99.

Untersucher	Axial		Sagital		Coronar	
	M	W	M	W	M	W
Untersucher 1	-133,47	-146,38	135,34	129,44	102,8	93,67
Untersucher 2	-114,17	-143,09	131,34	129,33	97,04	97,99

Tabelle 4-4 : Durchschnittliche Carinahöhe; Beurteilungsfeld der Bildqualität

4.3. Ausschlusskriterien

Um eine zusätzliche Strahlenbelastung der Patienten zu vermeiden, sind nur die Datensätze von Patienten untersucht worden, die im Institut in der Vergangenheit sowohl eine 4 Zeilen als auch eine 64 Zeilen Aufnahme erhalten haben. Um die Vergleichbarkeit der beiden Aufnahmen zu prüfen wurde der Brodyscore verwendet. Mit dem Brodyscore ist es möglich, die Progredienz der Krankheit zu bewerten, indem eine quantifizierte Differenz zwischen den beiden Datensätzen bestimmt wird. Zur Bestimmung, ab welcher Differenz ein Patient aus der Studie ausgeschlossen wird, ist der Bland Altman Test zur Anwendung gekommen. Der erste Datensatz, der aus 7 Aufnahmen bestand, wurde von den 3 Radiologen jeweils zweimal in einem Abstand von 3-6 Monaten begutachtet und verglichen. Es wurde der Mittelwert zwischen dem Betrag der Differenzen der beiden Ergebnisse ausgerechnet. Die Ergebnisse: Radiologe 2: 3,11, Radiologe 1: 34,71, Radiologe 3: 25,43. Der Mittelwert dieser 3 Ergebnisse wurde als Grenzwert für die Aufnahme in die Studie bestimmt.

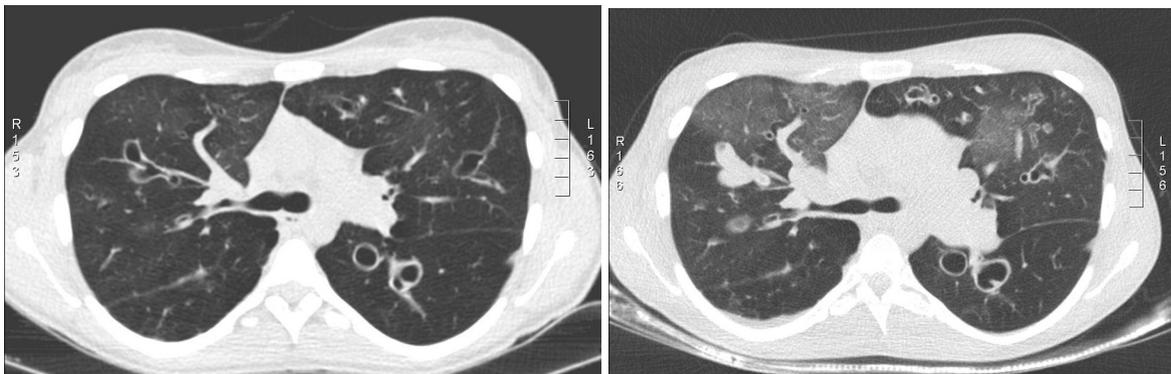


Abbildung 4-1.: Beispiel für einen Patienten, der aus der Studie ausgeschlossen wurde. MDCT 4 linke Aufnahme; MDCT 64 rechte Aufnahme. Der Krankheitsprogress war so stark in den Lungen ausgeprägt, dass ein Vergleich zwischen den beiden Untersuchungen nicht mehr möglich war.

Radiologe 2:

first	second	Mean	diff
108,500	107,000	107,750	1,500
104,750	102,500	103,625	2,250
115,000	123,000	119,000	8,000
82,000	86,000	84,000	4,000
139,500	141,250	140,375	1,750
155,750	157,000	156,375	1,250
89,500	92,500	90,750	3,000
		Mittelwert	3,107

Tabelle 4-5: Vergleich der individuellen Abweichung Untersucher 2

Radiologe 1:

first	second	Mean	Diff
73,250	99,750	86,475	26,500
73,000	37,500	55,250	35,500
101,000	40,000	70,500	61,000
94,000	37,500	65,750	56,500
95,500	40,500	68,000	55,000
74,000	68,000	71,000	6,000
55,000	52,500	53,750	2,500
		Mittelwert	34,714

Tabelle 4-6 : Vergleich der individuellen Abweichung Untersucher 1

Radiologe 3:

first	second	Mean	Diff
66,750	71,250	69,000	4,500
78,750	63,250	71,000	15,500
85,500	114,000	99,750	28,500
58,000	90,000	74,000	32,000
66,750	106,500	86,625	39,750
81,750	122,750	102,250	41,000
72,000	88,750	80,375	16,750
		Mittelwert	25,429

Tabelle 4-7: Vergleich der individuellen Abweichung Untersucher 3

Die Durchschnittliche Abweichung aller 3 Radiologen betrug 21 Punkte. Um noch genauer zu sein ist die Ausschlussdifferenz bei 20 festgelegt worden. Dadurch kam es zustande, dass bei Radiologe 2 acht Patienten aus der Bewertung ausgeschlossen wurden und bei Radiologe 3 neun Patienten aus der Bewertung fielen. Radiologe 1 nahm nicht mehr am weiteren Verlauf an den Studien teil.

4.4. Bewertung der Datensätze

Mit dem Brodie Score werden pathologische Veränderungen zwischen der 4 Zeilen und der 64 Zeilen Thorax CT Aufnahme festgestellt. Die Differenzen zwischen den beiden Aufnahmen sind bedingt durch die Progredienz der Erkrankung, unterschiedliche Untersuchungsbedingungen und Patientenverhalten während den Untersuchungen.

Mit dem Anatomy Score wird die intraindividuelle Bildgüte überprüft und somit die Möglichkeit eines Vergleiches zweier Aufnahmen geschaffen

4.4.1. Brodyscore Untersucher 2:

Bei Untersucher 2 sind 8 Patienten mit Hilfe des Brodyscores ausgeschlossen worden. Die Durchschnittliche Differenz der verbleibenden Patienten zwischen den 4 Zeilen und 64 Zeilen Aufnahmen beträgt 8,07 und ist somit innerhalb der Verwertungskriterien.

Untersucher 2 Brodie Score:

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz
107,00	98,25	8,75
86,00	89,50	-3,50
97,50	108,25	-10,75
43,75	52,00	-8,25
92,50	63,50	29,00
83,25	104,00	-20,75
176,00	157,25	18,75
102,50	100,50	2,00
69,75	91,50	-21,75
116,00	90,00	26,00
44,50	64,00	-19,50
81,50	102,50	-21,00
48,50	72,00	-23,50
82,75	72,00	10,75
88,00	81,00	7,00
113,00	125,00	-12,00
124,25	127,50	-3,25
99,00	97,50	1,50
123,00	162,00	-39,00
106,50	141,25	-34,75
114,25	101,00	13,25
77,50	72,50	5,00
50,00	43,00	7,00
74,25	79,75	-5,50
130,00	133,50	-3,50
77,50	86,50	-9,00
157,00	153,00	4,00

Tabelle 4-8: Brodie Score Untersucher 2; bei einer Differenz > 20 wurden die Patienten aus der weiteren Bewertung ausgeschlossen

Die 19 in die Bewertung eingeschlossenen Patienten flossen in die Statistische Auswertung des Anatomie Score hinein.

4.4.2 Anatomie Score Untersucher 2:

Durch die moderne CT Bildgebung ist es möglich Datensätze in verschiedenen Schichtungen zu rekonstruieren. Um die Hypothese für alle der 3 prinzipiell Möglichen Ebenen zu prüfen, wurden, falls möglich, neben den axialen auch coronare und sagittale Schichtungen rekonstruiert und einzeln bewertet.

4.4.2.1. Axiale Schichtungen:

In der Bewertung der axialen Datensätze stellte sich heraus, dass es bei 8 Aufnahmen keinen Unterschied, bei 1 einer Aufnahme das 4 Zeilen Gerät besser und bei 10 Aufnahmen das 64 Zeilen CT Gerät eine bessere Auflösung lieferte.

Der Median für die 4 Zeilen Aufnahmen betrug 22, das Minimum 22 und das Maximum 24. der Median für die 64 Zeilen Aufnahmen betrug 24, das Minimum 22 und das Maximum 24.

Axiale Schichtungen

4 Zeilen	64Zeilen	Differenz
24	24	0
22	22	0
22	22	0
22	22	0
24	24	0
22	22	0
24	24	0
24	24	0
22	24	-2
22	24	-2
22	24	-2
22	24	-2
20	22	-2
22	24	-2
24	22	2
22	24	-2
20	24	-4
20	24	-4
20	24	-4

Tabelle 4-9 Differenz zwischen dem MDCT 4 und MDCT 64 in axialen Schichtungen; Untersucher 2

Axiale Schichtungen

	4 Zeilen	64 Zeilen
Median	22	24
Minimum	20	22
Maximum	24	24

Tabelle 4-10: Durchschnittliche Bewertung der axialen Schichtungen mit dem Anatomy Score Untersucher 2

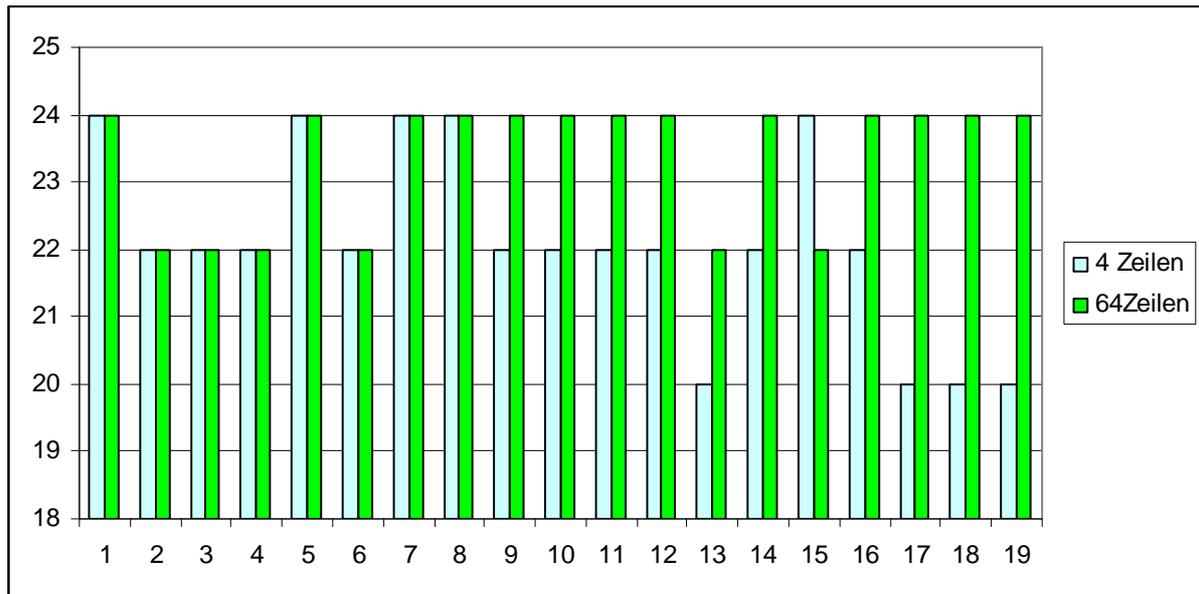


Tabelle 4-11 : Graphische Darstellung des Anatomy Score im direkten Vergleich von MDCT 4 mit MDCT 64 bei Untersucher 2

Die Berechnung erfolgte mit Hilfe des Wilcoxon- Matched- Pairs- Signed- Rank Test:

Es ist eine zweiseitige Fragestellung erstellt worden:

Als Nullhypothese H₀ ist folgende Fragestellung formuliert worden:

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich nicht signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den axialen Schichtrekonstruktionen“

Als Alternativhypothese H₁:

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den axialen Schichtrekonstruktionen“

Als obere Grenze für die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde $\alpha = 0,05$ gewählt.

Berechnung:

Da die Summe der 8 ersten Paarungen 0 betragen hat fielen sie aus der Rangvergabe raus. Die initiale Rangverteilung sah folgendermaßen aus und es blieb eine Fahlzahl von $n= 11$ übrig:

4 Zeilen	64Zeilen	Differenz	Betrag	Rang +	Rang -
22	24	-2	2		4,5
22	24	-2	2		4,5
22	24	-2	2		4,5
22	24	-2	2		4,5
20	22	-2	2		4,5
22	24	-2	2		4,5
24	22	2	2	4,5	
22	24	-2	2		4,5
20	24	-4	4		10
20	24	-4	4		10
20	24	-4	4		10

Tabelle 4-12 : Rangvergabe mit dem Wilcoxon Test; Untersucher 2

Daraus ergab sich für Rang positiv (R^+) eine Summe von 4,5 und für Rang negativ (R^-) eine Summe von 61,5.

Bei der Rechenkontrolle mit der Formel: $R^+ + R^- = n(n+1)/2$ ist die richtige Durchführung der Rangvergabe bestätigt worden:

$$4,5 + 61,5 = 11*(11+1)/2 \rightarrow 66 = 66$$

Der Kleinere Wert wird als Testsumme verwendet:

Daraus ergibt sich als Testsumme „RT“ = $R^+ = 4,5$.

Laut Tabellenwert liegt bei 11 Wertepaaren bei $\alpha = 0,05$ ein kritischer Wert von 10 vor.

Daraus folgt: $RT = 4,5 < 10 \rightarrow$ Die Nullhypothese H_0 wird abgelehnt und die Alternativhypothese H_1 wird angenommen.

Ergebnis:

Bei Untersucher 2 sind die CT Thoraxaufnahmen in der axialen Rekonstruktion in der 64 Zeilen Computer Tomographie signifikant besser bewertet worden als die axialen Rekonstruktionen in der 4 Zeilen Computer Tomographie.

4.4.2.2. Sagittale Schichtungen:

In der Bewertung der sagittalen Datensätze machten sich große Unterschiede zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Gerät bemerkbar. Es ist bei allen Patienten eine bessere Bildqualität im Vergleich der Aufnahmen beider Geräte festgestellt worden. Der Median der 4 Zeilen Aufnahmen betrug 19, mit einem Minimum von 15 und einem Maximum von 22 Punkten. Bei den 64 Zeilen Aufnahmen ist der Median 22, mit einem Minimum von 22 und einem Maximum von 24 Punkten.

Sagittale Schichtungen

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz
22,0	23,0	-1,0
20,0	21,0	-1,0
19,0	20,0	-1,0
17,0	19,0	-2,0
21,0	23,0	-2,0
20,0	22,0	-2,0
17,0	19,0	-2,0
22,0	24,0	-2,0
20,0	23,0	-3,0
20,0	23,0	-3,0
17,0	20,0	-3,0
19,0	22,0	-3,0
19,0	22,0	-3,0
18,0	23,0	-5,0
17,0	22,0	-5,0
16,0	21,0	-5,0
17,0	24,0	-7,0
15,0	22,0	-7,0
16,0	24,0	-8,0

Tabelle 4-13 Differenz zwischen dem MDCT 4 und MDCT 64 in sagittalen Schichtungen; Untersucher 2

Sagittale Schichtungen

	4 Zeilen	64 Zeilen
Median	19	22
Minimum	15	19
Maximum	22	24

Tabelle 4-14: Durchschnittliche Bewertung der sagittalen Schichtungen mit dem Anatomy Score Untersucher 2

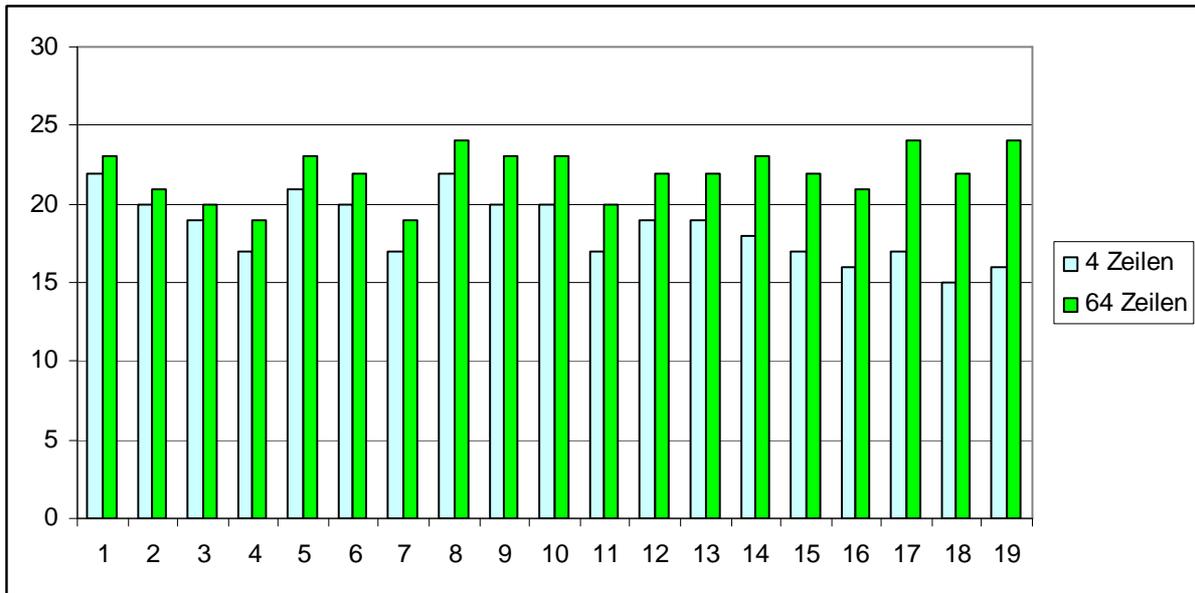


Tabelle 4-15 : Graphische Darstellung des Anatomy Score im direkten Vergleich von MDCT 4 mit MDCT 64 bei Untersucher 2

Analog der Berechnungen der axialen Schichtungen kam auch bei der sagittalen Rekonstruktionen der Wilcoxon Test zum Einsatz:

Es ist wiederum eine zweiseitige Fragestellung generiert worden:

Als Nullhypothese H₀ :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich nicht signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den sagittalen Schichtrekonstruktionen“

Die Alternativhypothese H₁:

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich signifikant besser von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den sagittalen Schichtrekonstruktionen“

Die obere Irrtumswahrscheinlichkeitsgrenze für α ist wieder 0,05

Berechnung:

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz	Rang +	Rang -
22,0	23,0	-1,0		2,0
20,0	21,0	-1,0		2,0
19,0	20,0	-1,0		2,0
17,0	19,0	-2,0		6,0
21,0	23,0	-2,0		6,0
20,0	22,0	-2,0		6,0
17,0	19,0	-2,0		6,0
22,0	24,0	-2,0		6,0
20,0	23,0	-3,0		11,0
20,0	23,0	-3,0		11,0
17,0	20,0	-3,0		11,0
19,0	22,0	-3,0		11,0
19,0	22,0	-3,0		11,0
18,0	23,0	-5,0		15,0
17,0	22,0	-5,0		15,0
16,0	21,0	-5,0		15,0
17,0	24,0	-7,0		17,5
15,0	22,0	-7,0		17,5
16,0	24,0	-8,0		19,0

Tabelle 4-16 : Rangvergabe mit dem Wilcoxon Test; Untersucher 2

Es konnten alle 19 Aufnahmen in die Bewertung mit einfließen.

Analog die Rechenkontrolle $R^+ + R^- = n(n+1)/2$ ergab $0 + 190 = 19 \cdot (19+1)/2 \rightarrow 190 = 190$.

Die Testsumme (RT) ist in diesem Fall $R^+ = 0$

Laut dem kritischen Tabellenwert von 46 bei $\alpha = 0,05$ bei 19 Wertepaaren ergibt sich folgendes:

$RT = 0 < 46 \rightarrow$ Die Nullhypothese H_0 wird abgelehnt und die Alternativhypothese H_1 wird angenommen

Ergebnis:

Bei Untersucher 2 wurden die sagittalen Bildrekonstruktionen des 64 Zeilen Computer Tomographen signifikant besser beurteilt als die sagittalen Bildrekonstruktionen des 4 Zeilen Computer Tomographen.

4.4.2.3. Coronare Schichtungen

In der Coronaren Schichtung der Datensätze wurde bei einer Aufnahme kein Unterschied, bei einer Aufnahme eine bessere Auflösung im 4 Zeilen und bei 17 Aufnahmen eine bessere Auflösung im 64 Zeilen Gerät festgestellt. Der Median der 4 Zeilen Aufnahmen betrug 19,5 mit einem Minimum von 17 und einem Maximum von 22 Punkten. Bei den 64 Zeilen Aufnahmen betrug der Median 22 mit einem Minimum von 18 und einem Maximum von 24 Punkten.

Coronare Schichtungen

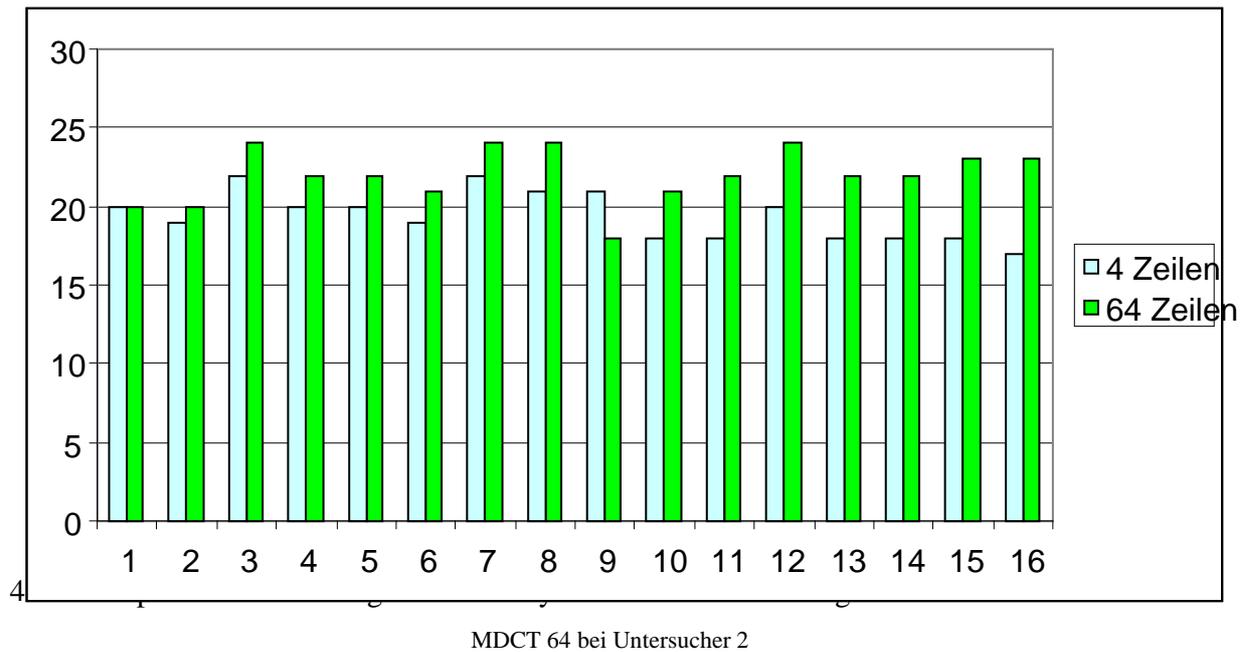
4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz
20,0	20,0	0,0
19,0	20,0	-1,0
22,0	24,0	-2,0
20,0	22,0	-2,0
20,0	22,0	-2,0
19,0	21,0	-2,0
22,0	24,0	-2,0
21,0	24,0	-3,0
21,0	18,0	3,0
18,0	21,0	-3,0
18,0	22,0	-4,0
20,0	24,0	-4,0
18,0	22,0	-4,0
18,0	22,0	-4,0
18,0	23,0	-5,0
17,0	23,0	-6,0

Tabelle 4-17 Differenz zwischen dem MDCT 4 und MDCT 64 in coronaren Schichtungen; Untersucher 2

Coronare Schichtungen

	4 Zeilen	64 Zeilen
Median	19,5	22,0
Minimum	17,0	18,0
Maximum	22,0	24,0

Tabelle 4-18: Durchschnittliche Bewertung der coronaren Schichtungen mit dem Anatomy Score Untersucher 2



Dem Ansatz der beiden vorangehenden Rekonstruktionen und Berechnungen folgend wird auch die Coronare Rekonstruktion mit einem Wilcoxon Test ausgewertet.

Als Nullhypothese H_0 :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich nicht signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den coronaren Schichtrekonstruktionen“

Die dazugehörige Alternativhypothese H_1 :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den coronaren Schichtrekonstruktionen“

Als obere Irrtumswahrscheinlichkeitsgrenze: $\alpha = 0,05$

Berechnung:

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz	Rang +	Rang -
19,0	20,0	-1,0		1,0
22,0	24,0	-2,0		4,0
20,0	22,0	-2,0		4,0
20,0	22,0	-2,0		4,0
19,0	21,0	-2,0		4,0
22,0	24,0	-2,0		4,0
21,0	24,0	-3,0		8,0
21,0	18,0	3,0	8,0	
18,0	21,0	-3,0		8,0
18,0	22,0	-4,0		11,5
20,0	24,0	-4,0		11,5
18,0	22,0	-4,0		11,5
18,0	22,0	-4,0		11,5
18,0	23,0	-5,0		14,0
17,0	23,0	-6,0		15,0

Tabelle 4-20 : Rangvergabe mit dem Wilcoxon Test; Untersucher 2

Ein Wertepaar fiel aus der Rangvergabe raus, da die Differenz 0 ergab, daraus folgt das es letztendlich 15 Wertepaare zur Berechnung gab.

Für R^+ ergab sich eine Summe von 8,0 und für R^- eine Summe von 112.

Die Rechenprobe:

$$R^+ + R^- = n * (n + 1) / 2 : 8 + 112 = 15 * (15 + 1) / 2 \rightarrow 120 = 120$$

Die Testsumme $RT = R^+ = 8$

Dem kritischen Tabellenwert zufolge ergibt sich bei 15 Auswertungen bei $\alpha = 0,05$ ein Wert von 25.

Dem zufolge ist $RT = R^+ = 8 < 25 \rightarrow$ Die Nullhypothese H_0 ist abzulehnen und die Alternativhypothese H_1 ist anzunehmen

Ergebnis:

Bei Untersucher 2 sind die coronaren Bildrekonstruktionen des 64 Zeilen Computer Tomographen signifikant besser beurteilt worden, als die coronaren Bildrekonstruktionen mit dem 4 Zeilen Computer Tomographen.

4.4.3. Brodie Score Untersucher 3

Bei Untersucher 3 sind 10 Bilddatenpaare ausgeschieden. Die Durchschnittliche Differenz beträgt 12,18.

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz
71,25	71,00	0,25
90,00	70,00	20,00
100,00	92,75	7,25
40,00	41,00	-1,00
88,75	61,75	27,00
86,75	71,00	15,75
122,00	102,25	19,75
80,25	63,75	16,50
60,25	88,50	-28,25
74,25	52,00	22,25
73,00	52,00	21,00
75,50	63,25	12,25
86,00	60,75	25,25
52,00	76,00	-24,00
83,75	82,25	1,50
109,00	94,50	14,50
98,00	113,50	-15,50
90,75	83,00	7,75
114,00	93,50	20,50
77,00	106,50	-29,50
99,75	67,75	32,00
64,00	51,50	12,50
49,00	36,00	13,00
61,50	50,25	11,25
89,50	108,75	-19,25
52,00	85,75	-33,75
122,75	103,75	19,00

Tabelle 4-21 : Brodyscore Untersucher 3; bei einer Differenz > 20 wurden die Patienten aus der weiteren Bewertung ausgeschlossen

4.4.3.1. Axiale Schichtungen:

In der axialen Rekonstruktion der Datensätze sind bei 6 Datenpaarungen keine Unterschiede, bei 4 Datenpaarungen eher eine schlechtere und bei 7 Datenpaarungen eher eine bessere Bildqualität des 64 Zeilen Scanner zum 4 Zeilen Scanner aufgefallen. Der Median der 4 Zeilen Aufnahmen beträgt 15. Mit einem Minimum von 10 und einem Maximum von 17 Punkten. Bei den 64 Zeilen Aufnahmen beträgt der Median 16 mit einem Minimum von 14 und einem Maximum von 20 Punkten.

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz
16,0	21,0	-5,0
15,0	18,0	-3,0
11,0	14,0	-3,0
14,0	17,0	-3,0
15,0	18,0	-3,0
17,0	19,0	-2,0
14,0	16,0	-2,0
16,0	16,0	0,0
15,0	15,0	0,0
18,0	18,0	0,0
16,0	16,0	0,0
16,0	16,0	0,0
14,0	14,0	0,0
18,0	17,0	1,0
17,0	16,0	1,0
16,0	14,0	2,0
18,0	15,0	3,0

Tabelle 4-22 Differenz zwischen dem MDCT 4 und MDCT 64 in axialen Schichtungen; Untersucher 3

	4 Zeilen	64 Zeilen
Median	15	16
Minimum	10	14
Maximum	17	20

Tabelle 4-23: Durchschnittliche Bewertung der axialen Schichtungen mit dem Anatomy Score Untersucher 3

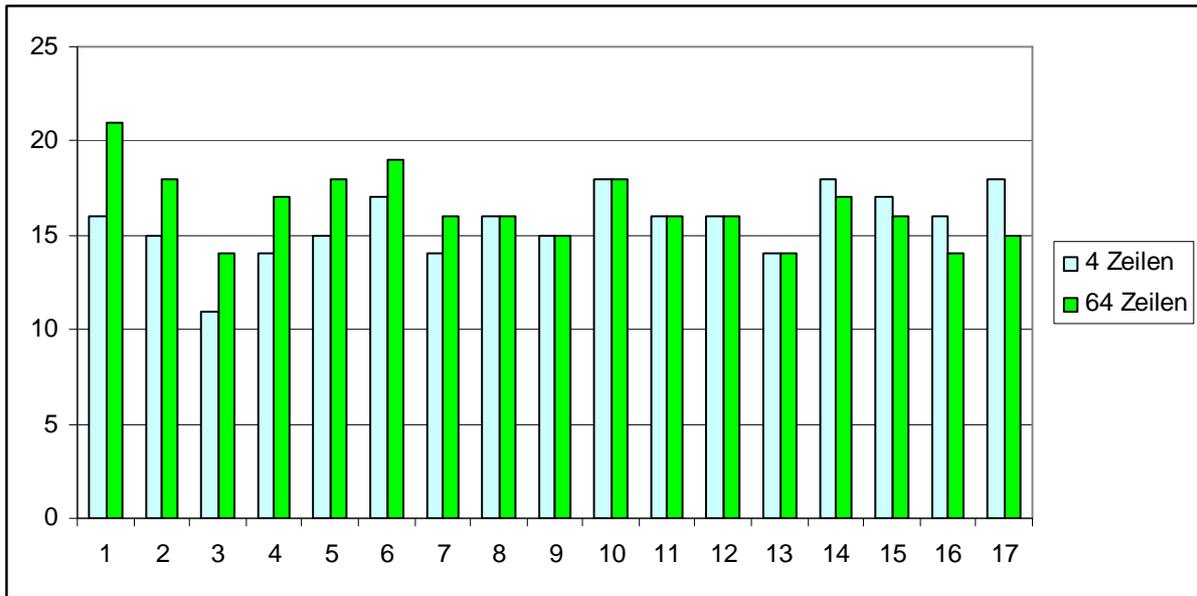


Tabelle 4-24 : Graphische Darstellung des Anatomy Score im direkten Vergleich von MDCT 4 mit MDCT 64 bei Untersucher 3

Die Auswertung der Daten erfolgte mit einem Wilcoxon Test:

Nullhypothese H0 :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich nicht signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den axialen Schichtrekonstruktionen“

Alternativhypothese H1 :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den axialen Schichtrekonstruktionen“

Als obere Irrtumswahrscheinlichkeitsgrenze: $\alpha = 0,05$

Berechnung:

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz	Rang +	Rang -
16,0	21,0	-5,0		11
15,0	18,0	-3,0		8
11,0	14,0	-3,0		8
14,0	17,0	-3,0		8
15,0	18,0	-3,0		8
17,0	19,0	-2,0		4
14,0	16,0	-2,0		4
18,0	17,0	1,0	1,5	
17,0	16,0	1,0	1,5	
16,0	14,0	2,0	4	
18,0	15,0	3,0	8	

Tabelle 4-25 : Rangvergabe mit dem Wilcoxon Test; Untersucher 3

Für R^+ ergab sich eine Summe von 15 und für R^- eine Summe von 51.

Die Rechenprobe: $R^+ + R^- = n * (n + 1) / 2 : 15 + 51 = 11 * (11 + 1) / 2 \rightarrow$
 $66 = 66$

Die Testsumme $RT = R^+ = 15$

Dem kritischen Tabellenwert zufolge ergibt sich bei 11 Auswertungen bei $\alpha = 0,05$ ein Wert von 10.

Dem zufolge ist $RT = R^+ = 15 > 10 \rightarrow$ Die Nullhypothese H_0 ist anzunehmen und die Alternativhypothese H_1 ist abzulehnen

Ergebnis:

Bei Untersucher 3 sind die axialen Bildrekonstruktionen des 64 Zeilen Computer Tomographen nicht signifikant besser beurteilt worden als die axialen Bildrekonstruktionen mit dem 4 Zeilen Computer Tomographen.

4.4.3.2. Sagittale Schichtungen:

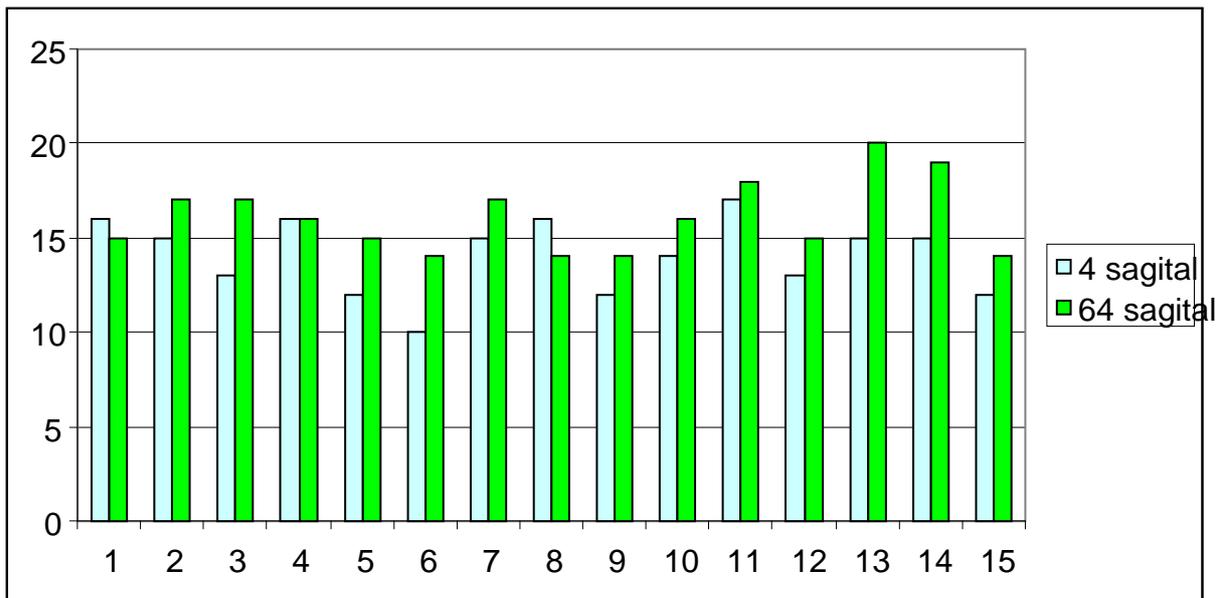
Bei der Bewertung der sagittalen Datensätze wurden folgende Werte evaluiert: Zwei Wertepaare sieden wegen einer Differenz von 0 Punkten aus der Bewertung aus. Der Median der 4 Zeilen Aufnahmen betrug 16, mit einem Minimum von 11 und einem Maximum von 18 Punkten. Bei den 64 Zeilen Aufnahmen ist der Median 16, mit einem Minimum von 14 und einem Maximum von 21 Punkten.

4 sagital	64 sagital	Differenz
16,0	15,0	1,0
15,0	17,0	-2,0
13,0	17,0	-4,0
16,0	16,0	0,0
12,0	15,0	-3,0
10,0	14,0	-4,0
15,0	17,0	-2,0
16,0	14,0	2,0
12,0	14,0	-2,0
14,0	16,0	-2,0
17,0	18,0	-1,0
13,0	15,0	-2,0
15,0	20,0	-5,0
15,0	19,0	-4,0
12,0	14,0	-2,0

Tabelle 4-26 Differenz zwischen dem MDCT 4 und MDCT 64 in sagittalen Schichtungen; Untersucher 3

	4 Zeilen	64 Zeilen
Median	16	16
Minimum	11	14
Maximum	18	21

Tabelle 4-27: Durchschnittliche Bewertung der sagittalen Schichtungen mit dem Anatomy Score Untersucher 3



4-28 : Graphische Darstellung des Anatomy Score im direkten Vergleich von MDCT 4 mit MDCT 64 bei Untersucher 3

Analog der axialen Schichtungen kam auch bei der sagittalen Rekonstruktionen der Wilcoxon Test zum Einsatz:

Wiederum eine zweiseitige Fragestellung generiert worden:

Als Nullhypothese H₀ :

„Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich nicht signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den sagittalen Schichtrekonstruktionen“

Die Alternativhypothese H₁:

„Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den sagittalen Schichtrekonstruktionen“

Die obere Irrtumswahrscheinlichkeitsgrenze für α war wieder 0,05

Berechnung:

4 sagital	64 sagital	Differenz	Rang +	Rang -
16,0	15,0	1,0	1,5	
15,0	17,0	-2,0		6
13,0	17,0	-4,0		12
12,0	15,0	-3,0		10
10,0	14,0	-4,0		12
15,0	17,0	-2,0		6
16,0	14,0	2,0	6	
12,0	14,0	-2,0		6
14,0	16,0	-2,0		6
17,0	18,0	-1,0		1,5
13,0	15,0	-2,0		6
15,0	20,0	-5,0		14
15,0	19,0	-4,0		12
12,0	14,0	-2,0		6

Tabelle 4-29 : Rangvergabe mit dem Wilcoxon Test; Untersucher 3

Für R^+ ergab sich eine Summe von 7,5 und für R^- eine Summe von 97,5.

Die Rechenprobe: $R^+ + R^- = n * (n + 1) / 2 : 7,5 + 97,5 = 14 * (14 + 1) / 2 \rightarrow$
 $105 = 105$

Die Testsumme $RT = R^+ = 7,5$

Dem kritischen Tabellenwert zufolge ergibt sich bei 14 Auswertungen bei $\alpha = 0,05$ ein Wert von 21.

Dem zufolge ist $RT = R^+ = 7,5 < 21 \rightarrow$ Die Nullhypothese H_0 ist abzulehnen und die Alternativhypothese H_1 ist anzunehmen.

Ergebnis:

Bei Untersucher 3 wurden die sagittalen Bildrekonstruktionen des 64 Zeilen Computer Tomographen signifikant besser beurteilt, als die sagittalen Bildrekonstruktionen des 4 Zeilen Computer Tomographen

4.4.3.3. Coronare Schichtungen:

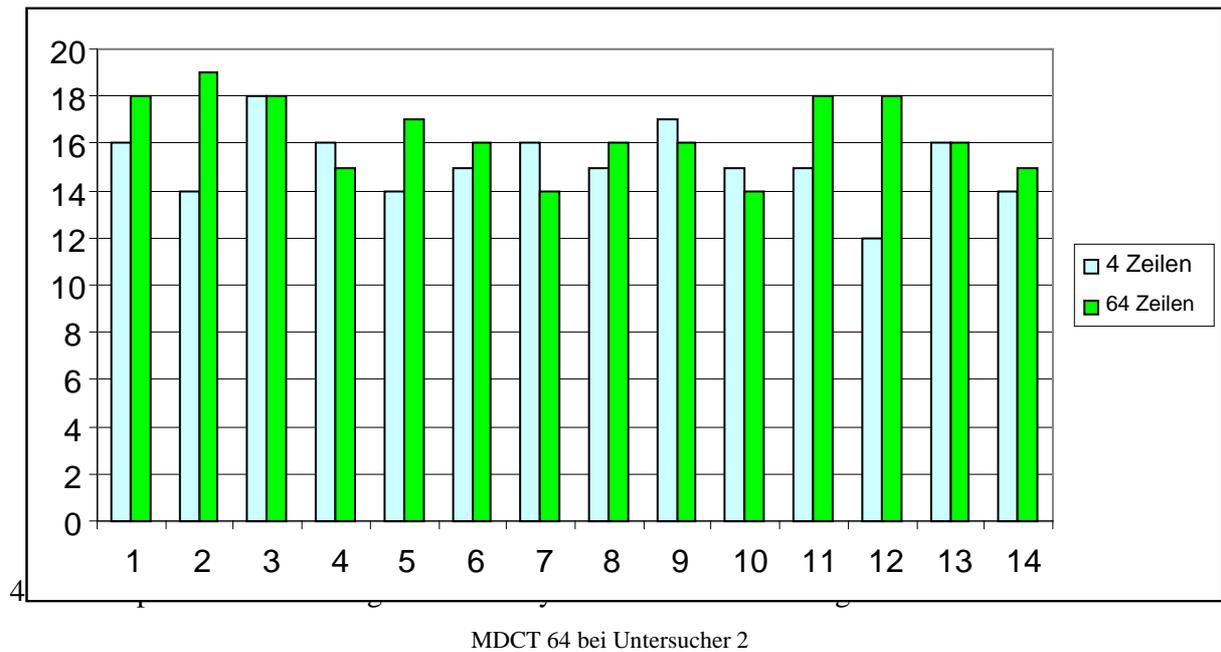
In der Coronaren Schichtung der Datensätze ist bei einer Aufnahme kein Unterschied, bei 4 Aufnahmen eine bessere Auflösung im 4 Zeilen und bei 8 Aufnahmen eine bessere Auflösung im 64 Zeilen Gerät festgestellt worden. Der Median der 4 Zeilen Aufnahmen beträgt 15 mit einem Minimum von 12 und einem Maximum von 18 Punkten. Bei den 64 Zeilen Aufnahmen beträgt der Median 16 mit einem Minimum von 14 und einem Maximum von 19 Punkten.

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz
16,0	18,0	-2,0
14,0	19,0	-5,0
18,0	18,0	0,0
16,0	15,0	1,0
14,0	17,0	-3,0
15,0	16,0	-1,0
16,0	14,0	2,0
15,0	16,0	-1,0
17,0	16,0	1,0
15,0	14,0	1,0
15,0	18,0	-3,0
12,0	18,0	-6,0
16,0	16,0	0,0
14,0	15,0	-1,0

Tabelle 4-30 Differenz zwischen dem MDCT 4 und MDCT 64 in coronaren Schichtungen; Untersucher 3

	4 Zeilen	64 Zeilen
Median	15	16
Minimum	12	14
Maximum	18	19

Tabelle 4-31: Durchschnittliche Bewertung der coronaren Schichtungen mit dem Anatomy Score Untersucher 3



Nach dem Ansatz der beiden vorangehenden Rekonstruktionen und Berechnungen, wird auch die Coronare Rekonstruktion mit einem Wilcoxon Test ausgewertet.

Als Nullhypothese H_0 :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich nicht signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den coronaren Schichtrekonstruktionen“

Die dazugehörige Alternativhypothese H_1 :

„ Die Bildqualität des 64 Zeilen CT Gerätes unterscheidet sich signifikant von der Bildqualität des 4 Zeilen CT Gerätes in den coronaren Schichtrekonstruktionen“

Als obere Irrtumswahrscheinlichkeitsgrenze: $\alpha = 0,05$

Berechnung:

4 Zeilen	64 Zeilen	Differenz	Rang +	Rang -
16,0	18,0	-2,0		7,5
14,0	19,0	-5,0		11
16,0	15,0	1,0	3,5	
14,0	17,0	-3,0		9,5
15,0	16,0	-1,0		3,5
16,0	14,0	2,0	7,5	
15,0	16,0	-1,0		3,5
17,0	16,0	1,0	3,5	
15,0	14,0	1,0	3,5	
15,0	18,0	-3,0		9,5
12,0	18,0	-6,0		12
14,0	15,0	-1,0		3,5

Tabelle 4-33 : Rangvergabe mit dem Wilcoxon Test; Untersucher 3

Für R^+ ergab sich eine Summe von 18 und für R^- eine Summe von 60.

Die Rechenprobe: $R^+ + R^- = n * (n + 1) / 2 : 18 + 60 = 12 * (12 + 1) / 2 \rightarrow$

$78 = 78$

Die Testsumme $RT = R^+ = 18$

Dem kritischen Tabellenwert zufolge ergibt sich bei 12 Auswertungen bei $\alpha = 0,05$ ein Wert von 13.

Dem zufolge ist $RT = R^+ = 18 > 13 \rightarrow$ Die Nullhypothese H_0 ist anzunehmen und die Alternativhypothese H_1 ist abzulehnen

Ergebnis:

Bei Untersucher 3 wurden die coronare Bildrekonstruktionen des 64 Zeilen Computer Tomographen nicht signifikant anders beurteilt als die coronaren Bildrekonstruktionen des 4 Zeilen Computer Tomographen

4.4.4. Chi Quadrat Test

Zur Bewertung der Bildqualität in den einzelnen Lungenabschnitten ist dieser Test durchgeführt worden.

U2 = Untersucher 2 = Oberarzt in der Radiologie mit 15 jähriger Berufserfahrung

U3= Untersucher 3 = Assistenzärztin in der Radiologie im 3 Weiterbildungsjahr

1) Die Auswertung für das 4 Zeilen Gerät:

Bildqualität	H: U2	H: U3	Lk: U2	Lk: U3	Lm: U2	Lm U3
Axial						
nicht diagnostisch L. d.	0	14	0	6	2	0
diagnostisch verwertbar L. d.	19	2	19	10	17	16
nicht diagnostisch L. s.	0	14	0	7	2	2
diagnostisch verwertber L. s.	19	2	19	9	17	14
Sagittal						
nicht diagnostisch L. d.	0	14	0	8	3	6
diagnostisch verwertbar L. d.	18	1	18	7	15	9
nicht diagnostisch L. s.	6	15	6	11	6	4
diagnostisch verwertbar L. s.	12	0	12	4	12	11
Coronar						
nicht diagnostisch L. d.	2	13	0	7	2	1
diagnostisch verwertbar L. d.	14	0	16	6	14	12
nicht diagnostisch L. s.	6	13	2	5	2	0
diagnostisch verwertber L. s.	10	0	14	8	14	13

(L.d. = Lobus dexter; L.s.= Lobus sinister; H=Hilus; Lk=Lungenkern;Lm=Lungenmantel)

Tabelle 4-34 : Chi Quadrat Auswertung der MDCT 4 Aufnahmen

2) Die Auswertung für das 64 Zeilen Gerät

Bildqualität	H: U2	H: U3	Lk: U2	Lk: U3	Lm: U2	Lm U3
Axial						
nicht diagnostisch L. d.	0	12	0	5	2	0
diagnostisch verwertbar L. d.	19	4	19	11	17	16
nicht diagnostisch L. s.	0	12	0	4	2	0
diagnostisch verwertber L. s.	19	4	19	12	17	16
Sagittal						
nicht diagnostisch L. d.	0	13	0	4	3	3
diagnostisch verwertbar L. d.	18	2	18	11	15	12
nicht diagnostisch L. s.	0	13	0	3	1	1
diagnostisch verwertber L. s.	18	2	18	12	17	14
Coronar						
nicht diagnostisch L. d.	0	12	0	2	2	1
diagnostisch verwertbar L. d.	16	1	16	11	14	12
nicht diagnostisch L. s.	0	13	0	0	2	2
diagnostisch verwertber L. s.	16	0	16	13	14	11

(L.d. = Lobus dexter; L.s.= Lobus sinister; H=Hilus; Lk=Lungenkern;Lm=Lungenmantel)

Tabelle 4-35 : Chi Quadrat Auswertung der MDCT 4 Aufnahmen

Im direkten Vergleich sind bei Untersucher 2 keine Unterschiede in der Bildqualität zwischen den einzelnen Lungenabschnitten zu finden. Bei Untersucher 3 wurden die peripheren Abschnitte qualitativ besser beurteilt.

Auswertung Chi-Quadrat-Test Untersucher 2:

Bei Untersucher 2 wurde in der Untersuchung auf Bildgüte festgestellt, dass alle Bildabschnitte im intraindividuellen Vergleich qualitativ gleich gut bewertet worden sind. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Hilusbereich, dem Lungenkernbereich und dem Lungenmantelbereich untereinander. Dies gilt sowohl für den 4 Zeilen Multidetektor als auch für den 64 Zeilen Multidetektor.

Auswertung Chi-Quadrat-Test Untersucher 3:

Bei Untersucher 3 wurde in der Untersuchung auf Bildgüte festgestellt, dass der Lungenmantelabschnitt in der subjektiven Bewertung signifikant besser bewertet worden ist als der Lungenhilusbereich. Der Lungenkernbereich ist auch signifikant besser bewertet worden als der Lungenhilusbereich. Im Vergleich des Lungenkernbereiches mit dem Lungenmantelbereich ist der Lungenmantelbereich in sieben Auswertungen signifikant besser bewertet worden als der Lungenkernbereich. In fünf Vergleichen sind keine Unterschiede zwischen Lungenmantel und Lungenkernbereich festgestellt worden. Die fünf qualitativ gleichwertigen Bereiche sind einmal beim 4 Zeilen Multidetektor Scanner in der sagittalen Schichtung des Lungenflügels und bei dem 64 Zeilen Multidetektor Scanner in den sagittalen und in den coronaren Schichtungen sowohl im linken als auch im rechten Lungenflügel

Auswertung Mc Nemar Test :

Wenn eine Differenz zwischen der Bildqualität der beiden Geräte besteht ist eine 1 eingetragen. Bei keiner signifikanten Differenz der Bildqualität eine 0

Untersucher 2:

Untersucher 2	axial rechts	axial links	sagittal rechts	sagittal links	coronar rechts	Coronar links
Hilus	0	0	0	1	0	1
Lungenkern	0	0	0	1	0	1
Lungenmantel	0	0	0	0	0	0

(0= kein signifikanter Unterschied; 1= signifikanter Unterschied)

Tabelle 4-36 : McNemar Test Untersucher 2

Axiale Bilddaten:

Es finden sich keine Differenzen zwischen den einzelnen Lungenkernabschnitten.

Sagittale Rekonstruktion:

Die Bilder des 4 Zeilen Gerätes wurden im Lungenhilusbereich 6 mal und im Lungenkernbereich 6 mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Die Bilder des 64 Zeilen Gerätes wurden im Lungenkernbereich 0 mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Coronare Rekonstruktion:

Die Bilder des 4 Zeilen Gerätes wurden im Lungenhilusbereich 6 mal und im Lungenkernbereich 2 mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Die Bilder des 64 Zeilen Gerätes wurden im Lungenkernbereich kein mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Bei Betrachtung der Daten wird deutlich, dass in den sagittalen und coronaren Aufnahmen die linksseitigen Hilus und Lungenkernbereiche eine Differenz zwischen dem 64 Zeilen und dem 4 Zeilen Gerät aufweisen. Bei näherer Betrachtung der Rohdaten sieht man eine deutlich bessere Bewertung der Bildqualität des 64 Zeilen Multidetektor Gerätes bei Untersucher 2.

Untersucher 3:

Untersucher 3	axial rechts	axial links	sagittal rechts	sagittal links	coronar rechts	coronar links
Hilus	0	0	0	0	0	0
Lungenkern	0	0	0	1	0	1
Lungenmantel	0	0	0	0	0	0

(0= kein signifikanter Unterschied; 1= signifikanter Unterschied)

Tabelle 4-37 : McNemar Test Untersucher 3

Axiale Schichtungen: Es finden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Geräten

Sagittale Rekonstruktion:

Die Bilder des 4 Zeilen Gerätes wurden im Lungenkernbereich 11 mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Die Bilder des 64 Zeilen Gerätes wurden im Lungenkernbereich 3 mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Coronare Rekonstruktion:

Die Bilder des 4 Zeilen Gerätes wurden im Lungenkernbereich 5 mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

Die Bilder des 64 Zeilen Gerätes wurden im Lungenkernbereich kein einziges mal mit dem Kriterium „nicht verwertbar“ bewertet.

In den sagittalen und coronaren Datenrekonstruktionen bestand links eine Differenz zwischen dem 64 Zeilen und dem 4 Zeilen Gerät im Lungenkernbereich. Bei näherer Betrachtung der Daten zeigte sich eine bessere Bewertung der Bildqualität des 64 Zeilen Multidetektor Gerätes bei den coronaren und sagittalen Aufnahmen der linken Lunge.

Zusammenfassung:

Bei Untersucher 2 waren die Aufnahmen des 64 Zeilen Computertomographen in der axialen (MDCT 4 vs. MDCT 64:Median/Minimum-Maximum 22/20-24 vgl. 24/22-24), in der sagittalen (MDCT 4 vs. MDCT 64:Median/Minimum-Maximum 19/15-22 vgl. 22/19-24).

als auch in den coronaren (MDCT 4 vs. MDCT 64:Median/Minimum-Maximum 19,5/17-22 vgl. 22/18-24) Schichtungen jeweils als signifikant besser gewertet worden.

Bei der differenzierten Betrachtung der einzelnen Lungenabschnitte, mit Aufteilung der Lunge in Hilus, Lungenkern und Lungenmantelbereich, sind Geräteintern keine signifikanten Unterschiede zu beobachten. Bei dem Vergleich der Geräte untereinander waren Unterschiede hauptsächlich im linken Lungenlappen zu beobachten. Untersucher 2 hat in den sagittalen Rekonstruktionen jeweils sechs mal im Hilus und im Lungenkernbereich die Bilder als nicht verwertbar bezeichnet. In den coronaren Rekonstruktionen sind die Bilder sechs mal im Hilus und zwei mal im Lungenkernbereich als nicht verwertbar bezeichnet.

Bei Untersucher 3 war die sagittale Rekonstruktion (MDCT 4 vs. MDCT 64:Median/Minimum-Maximum 16/11-18 vgl. 16/14-21) signifikant besser bewertet worden.

Die axialen (MDCT 4 vs. MDCT 64:Median/Minimum-Maximum 15/10-17 vgl. 16/14-20) und coronaren (MDCT 4 vs. MDCT 64:Median/Minimum-Maximum 15/12-18 vgl. 16/14-19) Schichtungen waren nicht signifikant besser gewertet worden.

Untersucher 3 bewertete gerätintern sämtliche Lungenkern und Lungenmantelbereiche signifikant besser als den Lungenhilusbereich. Sieben mal wurde der Lungenmantelbereich besser als der Lungenkernbereich bewertet. In 5 Vergleichen sind keine Unterschiede zwischen Lungenkern und Lungenmantelbereich aufgefallen. Das sind einmal in den sagittalen Schichtungen des 4 Zeilen Gerätes und zweimal in den sagittalen und zweimal in den coronaren Schichtungen des 64 Zeilen Gerätes. Es lässt sich nur ein sehr geringer Vorteil des 64 Zeilen MDCT im Vergleich zum 4 Zeilen MDCT beobachten.

5. Diskussion

Im Zuge der rasanten Weiterentwicklung der Computertomographietechnik wurden in kürzester Zeit immer schnellere CT Geräte mit höherer Bildqualität entwickelt [18]. Es wurde möglich, in immer schnelleren Untersuchungssequenzen qualitativ hochwertigere Bilddatensätze zu generieren. Dies wurde nicht zuletzt durch die Entwicklung von Multidetektorsystemen revolutioniert [13]. Bedingt durch diese Entwicklung gewann die CT Diagnostik und Intervention immer mehr an Bedeutung, wodurch die medizinisch verursachte Strahlenexposition durch die Computertomographie immer mehr Zuwachs gewonnen hat [7]. Ein Schritt, dieser Strahlenexposition entgegen zu wirken bestand darin, Niedrig – Dosis - Protokolle zu entwickeln. Ein gutes Einsatzgebiet dieser Niedrig – Dosis - Untersuchungen ist aufgrund der physiologisch gegebenen hohen Dichteunterschiede zwischen Lungengewebe und Luftraum die CT – Untersuchung des Thorax [13]. 1990 zeigten Naidich et al., dass die Qualität der Darstellung der parenchymalen Strukturen nicht von einem Abfall der Stromstärke beeinflusst wird [88]. Im Jahre 1991 beschrieben Zwirewich et al., dass Niedrig Dosis Protokolle im Thoraxbereich bis zu den sekundären Lobuli die selbe Diagnostische Aussagekraft haben wie Standarddosis Aufnahmen . Problematisch erschien die Darstellung von diskreten Bronchiektasen und Lungenemphysemen und sehr feinen Milchglastrübungen [89]. Diesen Ansätzen folgend untersuchten 1998 Takahashi et al. in Patienten und Phantomstudien, ob es signifikante Unterschiede in der Qualität der Thoraxaufnahmen gibt. Sie stellten fest, dass es schwierig ist, mediastinale Weichteilstrukturen zu differenzieren und empfahlen bei Fragestellungen, die kleine Weichteilprozesse detektieren sollen, weiterhin die Standard – Dosis - Protokolle zu nutzen. Bei Prozessen, die das Lungengerüst betreffen, ist die Niedrig – Dosis - Aufnahme aber eine gute Alternative, besonders bei Patienten mit häufigen Kontrolluntersuchungen [24]. 2003 verglich Rehbock Thoraxaufnahmen mit 2 verschiedenen Niedrig – Dosis - Protokollen, bei 120 kV und 140 kV, und stellte fest, dass bei den 120 kV Untersuchungen lediglich im Weichteilmantel signifikante Unterschiede herrschen. Bei den anderen Strukturen wurde nur ein geringer Anteil von mehr Artefakten festgestellt [10]. 2004 verglichen Coppenrath et al. Niedrigdosis Spiral CT Aufnahmen des Thorax mit Standarddosis Spiral CT Aufnahmen. Sie stellten fest, dass bei Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen, welche CT-Kontrolluntersuchungen benötigen, eine deutliche Dosisreduktion um bis zu 80 – 90 % möglich ist. Dabei sind aber einbußen in der Auflösung in den peripheren Lungenabschnitten zu verzeichnen [8]. Bestärkt wurde diese Aussage auch durch die Studien von Gierada et al. Im Jahre 2007. Er hat Niedrig – Dosis - Protokolle mit Standard

Dosis Protokollen bei Emphysem - Patienten verglichen und stellte wiederum keine größeren Auflösungsseinbußen fest [17]. Diesen Ansätzen folgend und den Trend der Zeit beobachtend stellt sich die Frage, ob es Unterschiede zwischen der neueren Generation der Multidetektor - CT Scanner und älteren Multidetektor - CT Scannern gibt. Durch den Einsatz von einer höheren Detektordichte ergeben sich gewisse Vorteile in der Datenaufnahme und der Bildqualität [13]. Mit der Untersuchung von Niedrig - Dosis -Aufnahmen soll festgestellt werden, ob die Vorteile der modernen Multidetektor Geräte auch auf Strahlenhygienisch ökonomischere Vorgehen bei CT Thorax Aufnahmen anwendbar sind.

Da die parallel angeordneten Detektorzeilen beim Multidetektor Scanner gleichzeitig ausgelesen werden können, ergibt sich die Möglichkeit, die Schichtdicke und Scandauer zu verringern und die Scanlänge zu erhöhen [14].

Der 64 Zeilen Scanner hat im Vergleich zu dem 4 Zeilen Scanner gewisse Vorteile. Bei dem 64 Zeilen Scanner ist die Ausprägung der durch die physiologischen im Körper ablaufenden Vorgänge erzeugten Artefakte geringer [13]. Die Frage war, ob signifikante Unterschiede dieser beiden Gerätetypen in der Niedrig Dosistechnik bei Mukoviszidose Patienten festzustellen sind. Da Mukoviszidosepatienten, bedingt durch ihre Erkrankung, häufiger als der Gesamtdurchschnitt der Bevölkerung Thoraxaufnahmen erhalten, sollte festgestellt werden, ob es durch Einsatz modernerer Geräte möglich ist, diagnostisch wertvollere Bilder zu erzeugen. Der Vorteil für die Patienten bestünde darin, dass man bei einem früherem oder genauerem Erkennen von Pathologien oder einer Krankheitsprogredienz frühzeitig intervenieren könnte und welches ggf. Einfluss auf den Erkrankungsverlauf hätte [3]. Die Computertomographie ist eine hervorragende Möglichkeit, frühzeitig pathologische Veränderungen im Thoraxbereich darzustellen [90]. Brody et al. untersuchten den Einsatz der Computertomographie bei Mukoviszidose Patienten in Anlehnung an die Arbeit von Jacobsen et al. [90]. Jacobsen et al. konnten feststellen, wie viel sensitiver die Computertomographie des Thoraxbereiches im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik des Thorax ist. In ihrer Arbeit dokumentierten sie einen Zuwachs von 50% auf 90% bei der Detektion von Bronchiektasien, von 33% auf 58% bei der Detektion von mukösen Ablagerungen und von 8% auf 75% bei der Detektion von hiliären Affektionen [91]. Maffessanti et al. veröffentlichte eine Vergleichsstudie, in welcher die HRCT mit der konventionellen Röntgenthoraxdiagnostik und Lungenfunktionsuntersuchungen verglichen wurden. Sie stellten fest, dass die Aussagen aus den HRCT Ergebnissen sehr gut mit den Ergebnissen der Lungenfunktionsuntersuchungen korrelieren und empfahlen bei unklaren Befunden in der konventionellen Radiographie der Lunge HRCT aufnahmen anzufertigen [92]. Ein Jahr darauf untersuchten Shah et al., ob man mit der HRCT eine akute Exacerbation der Mukoviszidose diagnostizieren kann und in wie weit pathologische Veränderungen reversibel sind. Sie stellten fest, dass in einer akuten Exacerbation die HRCT Korrelationen mit der

Lungenfunktionsdiagnostik liefert [5]. Desweiteren konnten Shah e al. feststellen, dass zentrilobuläre Lymphknoten, muköse Ablagerungen und Bronchialwandverdickungen reversibel sind [5].

Die Wichtigkeit der frühzeitigen Intervention und welche Möglichkeiten sich dabei bieten, zeigen Smyth und Elsborn in ihrer Veröffentlichung aus dem Jahre 2008 [93].

Uffmann et al. bezeichnen den Sprung von der Spiral Technologie zur Multidetektor Technologie als genauso bedeutsam wie den Sprung von der konventionellen CT zur Spiral CT. Aber sie bemerken auch, dass mehr denn je auf den Strahlenschutz geachtet werden muss [94].

In der vorliegenden Studie bei Untersucher 2, Oberarzt der Radiologie mit 15 Jahren Erfahrung radiologischer Diagnostik und Intervention, machte sich in allen 3 Rekonstruktionen ein signifikanter Unterschied bemerkbar.

Bei Untersucher 3, Assistenzärztin im dritten Weiterbildungsjahr für Radiologie, machte sich nur einmal ein signifikanter Unterschied in den sagittalen Rekonstruktionen bemerkbar. Die axialen und coronaren Schichtungen sind trotz besserer Bewertung, nicht signifikant besser beurteilt worden.

Bei der weiteren Differenzierung der einzelnen Lungenabschnitte, wobei die Lunge in einen Hilusbereich, Lungenkern und Lungenmantelbereich eingeteilt wird, und dem Vergleich zwischen den beiden Computertomographen bewertet Untersucher 2 alle Abschnitte Gerätintern als qualitativ gleichwertig. Bei den Vergleichen der einzelnen Lungenabschnitte zwischen den Geräten stellte Untersucher 2 signifikante Unterschiede in den sagittalen und coronaren Schichtungen fest, wobei diese Unterschiede hauptsächlich im linken Lungenlappen zu beobachten waren.

Untersucher 3 bewertete gerätintern sämtliche Lungenkern und Lungenmantelbereiche signifikant besser als den Lungenhilusbereich. Signifikant besser wurde der Lungenmantelbereich im Vergleich zum Lungenkernbereich bewertet. Der Trend zeigt, dass Untersucher 3 die die Lungenabschnitte besser bewertet desto peripherer sie gelegen sind. Der Vergleich zwischen den Geräten erbrachte bei Untersucher 3 statistisch gesehen qualitativ bessere Aufnahmen für den 64 Zeilen Scanner in den sagittalen und coronaren Schichtungen des linken Lungenlappens.

Es ergaben sich letztendlich geringe Vorteile mit dem 64 Zeilen Computertomographen im Vergleich zum 4 Zeilen Computertomographen in der Bildauflösung.

Es entsteht der Eindruck, dass der 64 Zeilen Computertomograph bei Diagnostikern mit einer größeren Erfahrung in der Befundung von CT Thoraxaufnahmen mehr Vorteile für den erfahrenen Radiologen bietet. Die Radiologin mit der geringeren Berufserfahrung konnte die technischen Vorteile des 64 Zeilen Scanners in der Bildbetrachtung nicht wahrnehmen.

Die Unterschiede in der Erfahrung der Auswertung von Niedrig Dosis CT Thorax Aufnahmen der einzelnen Radiologen ist auch in dem initial durchgeführten Reproduktionsvergleich getestet worden. Der nach dem Matchen als erstes zusammengestellte Bilddatensatz wurde jeweils, in einem Abstand von 3-6 Monaten, ein zweites mal von den gleichen Radiologen in gleicher Weise befundet. Die Ergebnisse wurden in einem Bland Altman Test überprüft. Dadurch konnte die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Radiologen ermittelt werden. Durch dieses Procedere konnte die Grenze ermittelt werden ab wann eine Aufnahme mit dem MDCT 64 nicht mehr für den Vergleich mit dem MDCT 4 benutzt werden kann. Ein weiterer Effekt dieses Verfahrens war, dass dadurch die individuelle Fertigkeit in Bezug auf die Bildbewertung ermittelt werden konnte. Bei Untersucher 2, Oberarzt der Radiologie, ergab sich eine durchschnittliche Abweichung von +/- 3 Punkten im Vergleich zur durchschnittlichen Punktzahl des Brody Score. Bei Untersucher 3, Assistenzärztin der Radiologie, ergab sich eine durchschnittliche Abweichung von 21 Punkten. Dies zeigt, dass ein Radiologe mit mehr Berufserfahrung die Bilddatensätze mit höherer Reproduzierbarkeit befundet und daher geringe Abweichungen, auch in der Bildqualität, stärker wahrnimmt, als ein Weiterbildungsassistent. Diese Aussage trafen auch Wang et al. in einer Studie die sich mit der Darstellung der Prostata mit der Magnetresonanztomographie befasste [95] . Diese Beobachtung bekräftigt die Aussage, dass ein Radiologe mit mehr Erfahrung in der Diagnostik, die Vorteile der Bildqualität der MDCT 64 gegenüber der MDCT 4 bei Aufnahmen in Niedrig Dosis Technik besser nutzen kann.

Dass der linke Lungenflügel in den Hilus und Lungenkernbereichen schlechter bewertet wurde liegt an der Tatsache, dass das Herzartefakt durch die anatomische Lage des Herzens nahe an der linken Lunge eine größere Wichtung hat. Es liegt nahe zu Vermuten, dass die Rolle des Herzartefaktes eine größere Rolle in der Qualität der Niedrig Dosis Aufnahmen spielt, als die in den äusseren Lungenbezirken der Lungenperipherie erzeugten Atemartefakte. Dies ist vielleicht ein Ansatz für weiter führende Studien in Bezug auf die Verbesserung der Bildqualität bei Niedrig Dosis CT Aufnahmen.

Als weiterer Vorteil des 64 Zeilen Computertomographen ist aber auch die geringere Scandauer im Vergleich zum 4 Zeilen Computertomographen. Durch die 16 fach höhere Anzahl an Detektorzeilen ergibt sich eine theoretisch bis zu 16 fach geringere Scandauer, zu beachten ist allerdings das die einzelnen Zeilen Abstände bei den 16 - 64 Zeilen MDCT Geräten deutlich weniger breit sind (0,625 mm im Vergleich zu mindestens 1,25 mm bei 4 Zeilen) , und das deswegen diese vereinfachte Rechnung in der Praxis nicht ganz aufgeht. Weiterhin sind Differenzen in der räumlichen und zeitlichen Auflösung bei der Rekonstruktion zu beachten, die dadurch zustande kommen, dass die volle Leistung durch die zusätzlichen Detektoren nicht ganz ausgenutzt werden kann. Aber letztendlich wird die Scandauer in der Summe erheblich verkürzt

und dies ermöglicht auch, die für den Patienten als unangenehm empfundenen Atempausen zu verkürzen [13]. Besonders Mukoviszidose Patienten, die meistens respiratorische Probleme aufweisen profitieren davon. Besonders bei nativen Aufnahmen kann man diesen Vorteil nutzen. Bei Fragestellungen die eine Kontrastmittelapplikation erforderlich machen muss darauf geachtet werden das die Scangeschwindigkeit nicht die Kontrastmittelverteilungsgeschwindigkeit übertrifft [13]

Problematik der Fallzahl:

Die relativ geringe Fallzahl ist darin begründet, dass zum einen immer noch in vielen Krankenhäusern die Röntgenthorax Untersuchung zur Diagnostik und Verlaufskontrolle der Mukoviszidose dient und gedient hat. Deswegen fehlen bei einem Teil der Patienten vergleichende CT Voraufnahmen, die in die Studie mit einfließen hätten können. Ein weiteres Problem ist das Studiendesign:

Da die CT Untersuchung, auch im Niedrig Dosis Bereich, ein erhöhtes Strahlenrisiko beinhaltet [7, 8, 96] , sind nur die Computertomographischen Datensätze von Patienten in Studie aufgenommen, die bereits vorhanden waren und es wurde zugunsten des Strahlenschutzes keine neuen Patienten rekrutiert oder zusätzliche Aufnahmen gemacht. Es besteht leider auch bei Anwendung dieser Protokolle zwar ein geringeres aber erhöhtes Strahlenschadenrisiko [97]. Deswegen sind in die Studie nur Patienten miteingeflossen die in unserem Institut zwischen 2003 bis Ende 2006, und zusätzlich nach 2007 eine CT Thorax Aufnahme in Niedrig Dosis Technik erhalten haben. Dadurch war es möglich retrospektiv die Datensätze zu regenerieren und ohne zusätzliche Strahlenbelastung die Patientendaten auszuwerten.

Durch dieses Vorgehen kam es allerdings zum nächsten Problem, die Frage, ob die jeweiligen Aufnahmen Vergleichbar sind:

Zur Objektivierung der Aufnahmen ist der Brody Score eingesetzt worden. Dieser von Alan Brody [83] entwickelte Score dient zur Evaluation von 5 typischen Merkmalen einer an Mukoviszidose erkrankten Lunge. Aufgrund des hauptsächlich betroffenen Kollektives setzte Brody seinen Score hauptsächlich bei Kindern ein. Bei seinen Versuchen konnte Brody eine Reproduzierbarkeit von 95 % seiner Datensätze darstellen. Er demonstrierte, dass der Brody Score sensitiv in Bezug auf den Schweregrad und die Reproduzierbarkeit von CT Thoraxaufnahmen bei Mukoviszidose Patienten ist [90]. Den Versuch, einen geeigneten Score zur Evaluierung von CT Bildern bei Mukoviszidose - Patienten zu etablieren, gibt es schon lange. 2007 wurde von de Jong et al. der Brody Score als der empfehlenswerteste Score angesprochen [78]. Er beinhaltet sämtliche typischen CT - morphologischen Veränderungen, die bei einer Mukoviszidose auftreten

können. Im Vergleich zu anderen Scoring Systemen bewies der Brody Score seine gute Qualität [98]

Diesem Ansatz folgend wurden die CT Datensätze mit dem Brody Score evaluiert. So konnte festgestellt werden, ob zu große Änderungen der Lungenpathologie zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Datensätzen vorhanden sind.

Um eine geeignete Abweichungsgrenze zwischen den beiden Datensätzen zu finden ist ein Datensatz 2 mal von 3 unabhängigen Radiologen evaluiert worden. Diese Daten wurden mit Hilfe eines Bland Altman Testes auf ihre Abweichung geprüft. Das Ergebnis ist, dass es zu einer durchschnittlichen Abweichung von 21 Punkten im Brody Score gekommen ist. Demzufolge sind alle CT Vergleiche die eine größere Differenz von 20 zwischen den 4 Zeilen und 64 Zeilen Aufnahmen bei dem jeweiligen Untersucher haben aus der Bewertung ausgeschlossen.

Dadurch ist die Zahl der in die Bewertung einfließenden Datensätze zusätzlich gesunken.

Die mit Hilfe des Brody Score selektierten Daten sind auch in Auswertung durch den Chi Quadrat und McNemar Test eingeflossen. Es sollte eine Homogene Struktur geschaffen werden um Abweichung, wie z.B. durch zu große pathologische Veränderungen zu vermeiden. Theoretisch wäre es auch möglich gewesen, die Datensätze die nicht mit dem Brody Score selektiert worden für den differenzierten Vergleich heranzuziehen. Aber dadurch wäre die Gefahr aufgetreten, dass es zu einer Ergebnisverfälschung durch ungleichwertige Untersuchungsdaten gekommen wäre.

Die Wahl der statistischen Testverfahren:

1) Bland Altman Test: Dieses statistische Hilfsmittel dient zum Vergleich zweier Testverfahren [85]. In dieser Studie wurde der Bland Altman Test zur Reliabilitätsprüfung herangezogen. Anhand der Abweichung der beiden Untersuchungen konnte ein geeigneter Wert ermittelt werden, um die Ausschlusskriterien für die weitere Studie zu definieren.

2) Wilcoxon Test: Der Wilcoxon Test ist eine besondere Art des Vorzeichen Rang test und dient bei Fragestellungen mit gepaarten Stichproben als statistischer Test. Er zeigt sowohl die Richtung der Differenzen als auch ihre Stärke. Der Grund, warum der Wilcoxon Test gewählt wurde und nicht z.B. der t- Test ist die Tatsache, dass der Wilcoxon Test im Gegensatz zu anderen Testverfahren keine Normalverteilung der Merkmalsausprägung in der Stichprobe voraus setzt. Ein weiteres positives Argument für den Wilcoxon Test ist die leichte und übersichtliche Anwendung mit zuverlässiger Kontrolle.

3) Chi – Quadrat Test: Der χ^2 – Test ist ein spezielles Verfahren für den Vergleich von Häufigkeitsunterschieden zweier Merkmale. Den Ausgangspunkt bilden im einfachsten Fall zwei qualitative Merkmale mit je zwei möglichen Ausprägungen. Die Bilddaten aus den einzelnen Untersuchungen wurden unterteilt in je einen zentralen (Merkmal 1) und je einen peripheren (Merkmal 2) Lungenabschnitt. Als zentraler Anteil wird der Hilus und Lungenkernbereich bezeichnet und als peripherer Anteil der Lungenmantelbereich. Die Bildqualität konnte unterteilt werden in diagnostisch verwertbare (Ausprägung 1) und in diagnostisch nicht verwertbare (Ausprägung 2) Bilder. Durch diese Merkmale konnte eine Vier Felder erstellt werden und es hat sich die Durchführung der Berechnungen mit dem Chi Test angeboten, mit diesem wurde berechnet ob bei den zwei Gruppen von Beobachtungseinheiten ein Merkmal mit zwei Ausprägungsmöglichkeiten gleich oder verschieden häufig vorkommt.

4) Mc Nemar Test: Der McNemar-Test ist ein statistischer Test für verbundene Stichproben, bei denen ein dichotomes Merkmal betrachtet wird, wie dies bei einer Vierfeldertafel vorkommen kann. Eine Stichprobe ist dann „Verbunden“ wenn zwischen den Beobachtungseinheiten ein Zusammenhang besteht. In dieser Studie erhielten die Patienten jeweils eine Untersuchung mit dem 4 Zeilen Multidetektor und danach jeweils eine Untersuchung mit dem 64 Zeilen Multidetektor, da es jeweils die gleichen Patienten sind, also „Verbunden“. Da nur eine Verhältnismäßig kleine Patientengruppe in der Studie bewertet wurde, musste die Yates Korrektur angewendet werden. Die Tatsache, dass der Mc Nemar test zweiseitig erfolgt, ist ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens. Dadurch ist es möglich zu sehen, welches Verfahren, wenn es zu einem statisch signifikanten Unterschied kommt, nun besser ist.

Schlussfolgerung:

Der 64 Zeilen MDCT (Philips- Brilliance- CT64, Philips Medical Systems, Hamburg) zeigt in der Darstellung von pathologischen Veränderungen bei Mukoviszidose – Patienten, bei Aufnahmen in Niedrig Dosis Technik, signifikant bessere Bildergebnisse, als das 4 Zeilen MDCT (Philips-MX8000, Philips Medical Systems, Hamburg).

Größere Vorteile durch die modernere Technik der 64 Zeilen MDCT und der daraus folgenden schnelleren Patientenscannung und artefaktärmeren Bilddarstellung, bieten sich Radiologen mit einer größeren Erfahrung in der Bildbefundung, als wie Radiologen, die zu Beginn Ihrer Weiterbildungzeit stehen.

6. Zusammenfassung

Die Mukoviszidose ist eine der häufigsten Erbkrankheiten. Die hohe Variabilität der Ausprägungen dieser Erkrankung erschwert die prognostischen Aussagen über Verlauf und Progredienz. Umso wichtiger ist die frühe Diagnostik und Evaluation des Krankheitszustandes des Patienten. Durch frühzeitige Veränderungen im Verlauf der Erkrankung bieten sich dem Kliniker verschiedene Interventionsmöglichkeiten. Die radiologische Bildgebung gehört zu einem Grundpfeiler der Diagnostik bei Patienten mit Mukoviszidose. Im Zuge der technischen Entwicklungen hat sich die Computertomographie als eines der führenden Verfahren zur Thorax Diagnostik etabliert. Diese Entwicklung führte jedoch zu einer Diskrepanz zwischen Strahlenhygiene und Dringlichkeit der CT Diagnostik. Dieser Problematik folgend wurden verschiedene Strategien entwickelt um die applizierte Strahlendosis bei noch annehmbarer Bildqualität zu reduzieren. Mit der Einführung von Niedrig Dosis Protokollen gelingt es eine Ersparnis der Strahlendosis von bis zu 80 – 90 % zu erreichen [8]. Im Zuge des großen Fortschrittes in CT Technologie wurden immer neuere und bessere CT Geräte entwickelt. Die konventionellen CT Geräte wurden von Spiral CT Geräten abgelöst. Den Spiral CT Geräten sind die Multidetektor Geräte gefolgt. Die Multidetektortechnologie errang sehr schnell große Popularität und wurde in rasanten Schritten durch die Entwicklung schnellerer Geräte immer weiter verbessert. Diese Studie befasst sich mit dem Thema, ob es Unterschiede zwischen einem Multidetektor Gerät der älteren Generation und einem neuen Multidetektor Gerät gibt. Drei unabhängige Radiologen untersuchten die Bildgüte von CT Thorax Aufnahmen von 27 Patienten. Verglichen wurden ein MDCT 4 und ein MDCT 64 der Firma Phillips. Die Patienten erhielten sowohl eine Aufnahme mit einem Phillips MDCT 4 Gerät, als auch eine Aufnahme mit einem Phillips 64. Der Brody – Score wurde eingesetzt um ein Fortschreiten der Mukoviszidose auszuschließen, da diese Studie einen retrospektiven Ansatz hat und die Bilddatensätze bereits vorlagen. Zur Beurteilung, ob bei den Aufnahmen, bei der jeweiligen Verwendung der beiden Geräte die Pathologischen Veränderungen sich stark unterscheiden, wurde ein Mukoviszidose CT Thorax Evaluations Score verwendet. Der HRCT Score von Alan Brody [84]. Bei diesem Vergleich sind bei Untersucher 2, Oberarzt der Radiologie, 19 Patienten in die weitere Auswertung eingeflossen. Bei Untersucher 3, Assistenzärztin in der Radiologie, sind 17 Patienten in die weitere Auswertung geflossen. Die weitere Auswertung erfolgte mit dem Anatomie Score zur Beurteilung der Bildqualität. Dieser Score teilt die Lunge in 3 Abschnitte (Hilus, Lungenkern und Lungenmantel) ein und ist ein Hilfsmittel zur Evaluation der Darstellbarkeit der einzelnen

Lungenstrukturen. Es wurden separat die axialen, sagittalen und die coronaren Rekonstruktionen bewertet. Die statistische Auswertung erfolgte zweizeitig mit dem Wilcoxon Rangsummen Test für gepaarte Daten. Bei Untersucher 2 zeigte sich bei dem Vergleich MDCT4 versus MDCT 64 bei dem Anatomie Score in den axialen (Median/Minimum-Maximum 22/20-24 vgl. 24/22-24), in sagittalen (Median/Minimum-Maximum 19/15-22 vgl. 22/19-24) und coronaren Rekonstruktionen (Median/Minimum-Maximum 19,5/17-22 vgl. 22/18-24) eine signifikant bessere Bildqualität. Bei Untersucher 3 zeigte sich im Vergleich MDCT 4 versus MDCT 64 bei dem Anatomie Score in den axialen (Median/Minimum-Maximum 15/10-17 vgl. 16/14-20), sagittalen (Median/Minimum-Maximum 16/11-18 vgl. 16/14-21) und coronaren Rekonstruktionen (Median/Minimum-Maximum 15/12-18 vgl. 16/14-19) nur in den sagittalen Rekonstruktionen eine signifikant bessere Bildqualität. Die axiale und coronare Rekonstruktion wurde nicht signifikant besser bewertet worden.

Das MDCT 64 konnte Vorteile gegenüber dem MDCT 4 aufweisen.

Weiterhin wurde überprüft, wie die Untersucher die Bildqualität in den einzelnen thorakalen Abschnitten (Hilus, Lungenkern und Lungenmantel) der CT Aufnahmen empfanden. Untersucher 2 bewertete alle thorakalen Abschnitte der Aufnahmen bei den jeweiligen Geräten als gleichwertig gut, bewertete aber die Aufnahmen des MDCT 64 im Vergleich zum MDCT 4 insgesamt besser. Untersucher 3 bewertete den zentralen Bereich schlechter, als die peripheren thorakalen Abschnitte mit besonderer Ausprägung im linksthorakalen Bereich. Diese Unterschiede zwischen rechtsthorakalen und linksthorakalen Abschnitten sind wohl auf die Herzartefaktbildung zurückzuführen, die durch die anatomische Lage bedingt, stärker im linken Brustkorb zur Geltung kommt.

Bei einem initialen Vergleich der Bewertungsqualität der einzelnen Untersucher, bei dem ein Datensatz (sieben MDCT Aufnahmen) in einem Abstand von 3-6 Monaten mit dem Brody Score zweimal evaluiert worden sind, zeigte sich bei Untersucher 2 eine Schwankung der Ergebnisse um 3 Punkte, bei Untersucher 3 eine Schwankung der Ergebnisse um 21 Punkte.

Bei Betrachtung der Ergebnisse scheint der MDCT 64 gegenüber dem MDCT 4 bei Aufnahmen in Niedrig Dosis Technik einem erfahrenen Untersucher Vorteile in der Bildqualität zu bieten.

Radiologen mit geringerer Berufserfahrung können möglicherweise nicht das volle Potential der neueren Geräte in Bezug auf die Bildqualität ausnutzen. Neben den anderen Vorteilen der MDCT 64 gegenüber den MDCT 4 Zeilen Geräten, wie z.B. kürzere Untersuchungszeiten, bessere Steuerbarkeit der Kontrastmittelphasen zeigt sich auch eine bessere Qualität der Bildauflösung.

7. Anhang

Zu: 4.1.

Die Zusammenstellung der einzelnen Datenpakete nach dem Matching Verfahren mit 3 Würfeln:

Legende:

-Tabelle 7.1.: Zusammenstellung der einzelnen Datensätze.

- CT/Zeiler = CT Gerät

- Nummer = Mit den 3 Würfeln bestimmte Nummerierung der einzelnen Bildmaterialien

- Reihe/ Kasten = Rang des gesamten Datenpaketes (graues Feld)

-Tabelle 7.2.: Verteilung der einzelnen Datenpakete auf die Untersucher und Untersuchungsreihenfolge

Tabelle:

CT/Zeiler	Nummer	Reihe/Kasten	CT/Zeiler	Nummer	Reihe/Kasten
		1			
4	113	1//1			9
64	116	2//1	4	333	1//5
4	120	3//1	64	345	2//5
4	121	4//1	4	346	3//5
64	125	5//1			10
4	132	6//1	64	365	4//5
4	153	7//1	64	411	6//5
		2			11
64	165	1//2	4	412	7//5
4	212	2//2	64	414	1//6
4	213	3//2	64	416	2//6
		3			12
4	214	4//2	4	421	3//6
4	221	5//2	64	436	4//6
4	231	6//2	64	441	5//6
		4			13
4	232	7//2	4	522	6//6
64	241	1//3	64	524	7//6
64	251	2//3	4	542	1//7
		5			14
64	252	3//3	4	544	2//7
64	253	4//3	4	552	3//7
4	254	5//3	4	563	4//7
		6			15
64	255	6//3	4	565	5//7
64	256	7//3	64	612	6//7
64	264	1//4	64	613	7//7
		7			16
4	314	2//4	64	616	1//8
4	315	3//4	4	623	2//8
64	316	4//4	4	626	3//8
		8			17
64	325	5//4	64	636	4//8
4	326	6//4	64	656	6//8
64	331	7//4	64	664	7//8

Tabelle 7.1: Zusammenstellung der einzelnen Datensätze

Tabelle

Untersucher 2	Untersucher 1	Untersucher 3	Untersucher 2	Untersucher 1	Untersucher 3
1	1	1	4	16	13
			15	6	14
			13	14	3
2	8	7			
			5	9	10
7	2	8			
			11	12	4
8	3	9			
			6	13	12
17	4	16			
			12	11	5
16	5	17			
			10	7	11
3	17	15			
			9	10	6
14	15	2			

Tabelle 7.2: Verteilung der Datenpakete auf die Untersucher und Reihenfolge der Auswertungsreihenfolge
(r 1=Radiologe 1, r 2=Radiologe 2, r 3=Radiologe3)

4.4.4. Chi Quadrat Test Untersucher 2

Der Chi Quadrat Test dient dem Vergleich ob es zwischen den peripheren und den zentralen Lungenabschnitten Differenzen gibt. Um eine Homogenität in der Datenauswertung zu schaffen ist mit den aus dem Brodie Score selektierten Datensätzen die Auswertung gemacht worden.

4.4.4.1 Axiale Schichtungen

Zum Vergleich ob in den axialen Schichtungen Unterschiede zwischen den zentralen (Hilus + Lungenkern) und den peripheren (Lungenmantel) in der Bildqualität sind ist bei dem Chi Quadrat Test folgendes Ergebnis erzielt worden:

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den zentralen wie in den peripheren Lungenabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den zentralen wie in den peripheren Lungenabschnitten zu finden“

Die ermittelten Anatomy Score Werte für den rechten und für den linken Lungenlappen sind bei Untersucher 2 identisch. Der Übersicht wegen werden als Messgröße nur die Bewertungen für den Lobus dexter in die Rechnung einfließen. Ausserdem sind die Werteverteilungen sowohl beim 64 Zeilen Scanner als auch beim 4 Zeilen Scanner identisch, deswegen kann man die Rechnung analog für beide Geräte verwenden:

Hilus re 64 Zeilen	Hilus re 4 Zeilen	Lungenkern re 64 Zeilen	Lungenkern re 4 Zeilen	Lungenmantel re 64 Zeilen	Lungenmantel re 4 Zeilen
4	4	4	3	4	3
4	4	4	4	4	3
4	4	4	3	4	3
3	4	4	4	3	3
4	4	4	4	4	3
4	4	3	4	2	3
4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	3	3
4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	3	2
4	4	4	3	3	2
4	3	4	4	2	3
4	4	4	3	4	3
4	4	4	4	3	4
4	4	4	4	4	4
4	3	4	4	3	4
4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	3

Tabelle 7-3: Axiale Schichtungen des 64 Zeilen und des 4 Zeilen Gerätes

Bei Untersucher 2 sind Hilusbereich und Lungenkernbereich fast identisch bewertet worden. Lediglich bei 2 Datensätzen in der Untersuchung der 64 Zeilen Bilder gab es einen Unterschied. Dieser Unterschied verändert aber nichts an der Richtigkeit der Statistik, deswegen werden sie zusammen als zentraler Lungenteil betrachtet. Demgegenüber der Lungenmantel als peripherer Lungenteil. Die Bewertungen 1 und 2 sprechen für eine schlechte Bildqualität. Die Bewertungen 3 und 4 für eine gute Bildqualität.

Daraus ergibt sich folgende vier Felder Tafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	2	2
gute Bildqualität	19	17	36
Gesamt	19	19	38

Tabelle 7.4 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 2

Daraus ergeben sich für die Häufigkeiten folgende Erwartungswerte

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	1	1	2
gute Bildqualität	18	18	36
Gesamt	19	19	38

Tabelle 7.5 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 2

Laut der Formel ergibt sich folgender Wert für das Chi:

$$(0-1)^2/1 + (2-1)^2/1 + (19-18)^2/18 + (17-18)^2/18 = 2,111$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\chi = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 2,111 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.4.2 Sagittale Schichtungen

Bei den sagittalen Schichtungen verhält sich das ganze etwas anders. Die Unterschiede zwischen den 4 Zeilen und 64 Zeilen Aufnahmen sind größer. Deswegen werden die 4 und die 64 Zeilen Datensätze separat betrachtet. Auffällig ist auch eine Differenz zwischen rechter und linker Lunge. Die rechte Lunge wurde insgesamt besser beurteilt als die linke Lunge. Dies liegt daran das in den linken Lungenabschnitten in den sagittalen Schichtungen das durch die Myokardkontraktion erzeugt Artefakt höheren Einfluß hat als in den rechten Lungenabschnitten

Wieder als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den zentralen wie in den peripheren Lungenabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese HI: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den zentralen wie in den peripheren Lungenabschnitten zu finden“

4.4.4.2.1 Sagittale Schichtungen des 4 Zeilen Computertomographen:

H re	H li	LK re	LK li	LM re	LM li
4	4	4	4	3	3
4	4	4	3	3	2
4	3	4	3	3	3
3	2	3	2	2	2
4	3	4	3	3	3
4	2	4	3	3	3
4	3	4	3	3	3
3	2	3	3	3	3
4	2	4	2	3	2
4	3	3	3	3	2
3	2	3	3	3	3
4	3	4	3	3	3
4	3	3	3	3	3
4	3	4	2	3	3
3	2	4	2	3	3
4	3	4	3	4	4
3	3	3	3	2	2
3	3	3	2	2	2

Tabelle 7-6: Sagittale Schichtungen des MDCT 4

1) Die rechte Lunge:

Hilusbereich rechts und Lungenkernbereich rechts sind in ihrer Auflösung annähernd gleich, deswegen werden beide als Zentrum zusammengefasst, der Lungenmantel ist wieder die Lungenperipherie.

Dadurch ergibt sich folgende Vierfelder Tafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	3	3
gute Bildqualität	18	15	33
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.7 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 2

Und analog dazu die Häufigkeitenverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	1,5	1,5	3
gute Bildqualität	16,5	16,5	33
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.8 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (0-1,5)^2/1,5 + (3-1,5)^2/1,5 + (18-16,5)^2/16,5 + (15-16,5)^2/16,5 = 3,272$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 3,272 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

2) Die linke Lunge

Hilusbereich links und Lungenkernbereich links sind in ihrer Auflösung annähernd gleich, der Lungenkernbereich hat 1 bessere Bewertung, wiederum werden beide als Zentrum zusammengefasst, der Lungenmantel ist wieder die Lungenperipherie.

Dadurch ergibt sich folgende Vierfelder Tafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	6	6	12
gute Bildqualität	12	12	24
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.9 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	6	6	12
gute Bildqualität	12	12	24
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.10 :Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 2

→ da beide identisch sind ergibt sich ein Chi Wert von 0

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

→ $0 < 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.4.2.2. Sagittale Schichtungen des 64 Zeilen Computertomographen

H re	H li	LK re	LK li	LM re	LM li
4	3	4	4	4	4
4	4	4	4	3	4
4	3	4	4	4	4
3	3	4	4	3	4
4	3	3	3	3	3
4	4	4	4	3	4
4	4	4	4	3	3
4	3	4	4	3	3
4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	3
4	3	4	4	3	4
4	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	3
3	3	4	4	3	3
4	4	4	4	4	4
4	3	4	4	4	3
4	3	4	4	3	4

Tabelle 7-11 :Axiale Schichtungen des MDCT 64

Bei den Aufnahmen der 64 Zeilen Computertomographie ist folgendermaßen vorgegangen worden. Die Bewertung 1 und 2 sind eine schlechte Bildqualität und die Bewertungen 3 und 4 sind eine gute Bildqualität. Deswegen können der Hilusbereich und der Lungenkernbereich als Zentrum zusammengefasst werden.

1) Die rechte Lunge

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	0	0
gute Bildqualität	18	18	36
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.12 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitstafel:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	0	0
gute Bildqualität	18	18	36
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.13 :Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 2

Es sind keine Unterschiede zwischen den Peripheren und den Zentralen Lungenabschnitten in der rechten Lunge festzustellen

2) Die linke Lunge

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	1	1
gute Bildqualität	18	17	35
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.14 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	Zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0,5	0,5	1
gute Bildqualität	17,5	17,5	35
Gesamt	18	18	36

Tabelle 7.15 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (0-0,5)^2/0,5 + (1-0,5)^2/0,5 + (18-17,5)^2/17,5 + (17-17,5)^2/17,5 = 1,029$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,029 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.4.3. Coronare Schichtungen

Die Coronaren Schichtungen werden wieder seitengetreunt und differenziert für den 4 Zeilen und für den 64 Zeilen Scanner betrachtet. Es herrschen ähnliche Unterschiede wie bei den sagittalen Messungen.

4.4.4.3.1 Coronare Schichtungen des 4 Zeilen Computertomographen

H re	H li	LK re	LK li	LM re	LM li
4	4	4	4	3	3
3	3	4	4	3	3
2	2	3	3	2	2
3	3	4	3	3	3
3	2	4	4	3	3
4	3	4	3	3	3
4	4	3	3	3	3
4	4	3	3	2	2
2	2	3	3	4	4
3	2	3	3	3	3
4	2	4	3	4	4
3	3	4	2	3	3
3	2	4	2	4	4

3	3	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3

Tabelle 7-16: Coronare Schichtungen des MDCT 4

Bei den Coronaren Rekonstruktionen des 4 Zeilen Computertomographen muss eine etwas kritischere Betrachtung herangezogen werden. Die Zusammenfassung von Hilus und Lungenkernbereich als Zentrum ist nur bedingt möglich, da sich doch Differenzen in der Bewertung der beiden Abschnitte bemerkbar machen. Deswegen wird die vom Anatomy Score zur Bewertung vorgegebene Einteilung in Hilus, Lungenkern und Lungenmantelbereich eingehalten und die einzelnen Abschnitte gegeneinander bewertet:

Als Nullhypothese H₀: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenkernbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H₁: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenkernbereich zu finden“

1) Die rechte Lunge: Hilus versus Lungenkern:

Als Nullhypothese H₀: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenkernbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H₁: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenkernbereich zu finden“

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	Hilusbereich	Lungenkern	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	0	2
gute Bildqualität	14	16	30
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.17 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung

Häufigkeit	Hilusbereich	Lungenkern	Gesamt
schlechte Bildqualität	1	1	2

gute Bildqualität	15	15	30
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.18 : Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (2-1)^2/1 + (0-1)^2/1 + (14-15)^2/15 + (16-15)^2/15 = 2,133$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 2,133 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

2) Die rechte Lunge Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	Hilusbereich	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	2	4
gute Bildqualität	14	14	28
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.19 : Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	Hilusbereich	Lungenmantel	Gesamt
------------	--------------	--------------	--------

schlechte Bildqualität	2	2	4
gute Bildqualität	14	14	28
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.20 : Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (2-2)^2/2 + (2-2)^2/2 + (14-14)^2/14 + (14-14)^2/14 = 0$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

3) Die rechte Lunge Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Lungenkernbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Lungenkernbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	Lungenkern	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	2	2
gute Bildqualität	16	14	30
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.21 : Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	Lungenkern	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	1	1	2
gute Bildqualität	15	15	30
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.22 : Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (0-1)^2/1 + (2-1)^2/1 + (16-15)^2/15 + (14-15)^2/15 = 2,133$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 2,133 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4) Die linke Lunge Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenkernbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenkernbereich zu finden“

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	Hilus	Lungenkern	Gesamt
schlechte Bildqualität	6	2	8
gute Bildqualität	10	14	24
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.23 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	Hilus	Lungenkern	Gesamt
schlechte Bildqualität	4	4	8
gute Bildqualität	12	12	24
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.24 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (6-4)^2/4 + (2-4)^2/4 + (10-12)^2/12 + (14-12)^2/12 = 2,666$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

→ $2,666 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

5) Die linke Lunge Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Hilusbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	Hilus	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	6	2	8
gute Bildqualität	10	14	24
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.25 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	Hilus	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	4	4	8
gute Bildqualität	12	12	24
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.26 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

→ $(6-4)^2/4 + (2-4)^2/4 + (10-12)^2/12 + (14-12)^2/12 = 2,666$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

→ $2,666 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

6) Die linke Lunge Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft im Lungenkernbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft im Lungenkernbereich wie im Lungenmantelbereich zu finden

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	Lungenkern	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	2	4
gute Bildqualität	14	14	28
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.27 :Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	Lungenkern	Lungenmantel	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	2	4
gute Bildqualität	14	14	28
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.28 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

→ $(2-2)^2/2 + (2-2)^2/2 + (14-14)^2/14 + (14-14)^2/14 = 0$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$\rightarrow 0 < 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.4.3.2 Coronare Schichtungen des 64 Zeilen Computertomographen

H re	H li	LK re	LK li	LM re	LM li
4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4
3	3	4	4	4	4
4	4	3	3	2	2
4	4	4	4	4	4
3	3	4	4	3	3
4	4	4	4	3	3
3	3	4	4	4	4
4	4	3	3	2	2
4	3	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	3	3
4	3	4	4	3	3
4	4	4	4	4	4
4	3	4	4	3	3
3	3	4	4	4	4

Tabelle 7-29: Coronare Schichtungen des MDCT 64

Die Coronaren Rekonstruktionen des 64 Zeilen CT Gerätes gestatten wieder eine Zusammenfassung des Hilus und Lungenkernbereiches in einen zentralen Abschnitt und den Lungenmantelbereich in einen peripheren Bereich. Ausserdem sind bei der Befunden keine wesentlichen Differenzen zwischen rechtem und linkem Lungenlappen, also ist es auch möglich diese beiden Zusammen zufassen und in einem statistischen Schritt zu berechnen.

Zu Beginn wieder die Formulierung der Hypothesen:

Als Nullhypothese H0: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den zentralen wie in den peripheren Lungenabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H1: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den zentralen wie in den peripheren Lungenabschnitten zu finden“

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	2	2
gute Bildqualität	16	14	30
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.30 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 2

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	1	1	2
gute Bildqualität	15	15	30
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.31 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (0-1)^2/1 + (2-1)^2/1 + (16-15)^2/15 + (14-15)^2/15 = 2,133$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 2,133 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H0 sollte angenommen werden.

4.4.5 McNemar Test Untersucher 2:

Der McNemar Test soll Aufschluss darüber geben ob Unterschiede in den einzelnen Abschnitten der Lunge bei dem Vergleich der beiden CT Geräte vorzufinden sind.

Analog dem Chi Quadrat Test wird die Bewertung aus dem Anatomy Score verwendet:
 Die Punkte 1 und 2 sind als schlechte Qualität, die Punkte 3 und 4 sind als gute Bildqualität zu
 verwerten

Als Nullhypothese gilt:

H0: Die beiden Datensätze unterscheiden sich in ihrer Qualität

Als Alternative:

HI: Die beiden Datensätze unterscheiden sich nicht in ihrer Qualität

4.4.5.1.1. Axiale Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen der zentralen Abschnitte

Tafel:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	19	0
Schlecht 4 Zeilen	0	0

Tabelle 7-32 : McNemar Test 1

In der Tafel ist schon ersichtlich das sich die 4 Zeilen Aufnahmen nicht von den 64 Zeilen
 Aufnahmen in den zentralen Abschnitten unterscheiden.

➔ H0 ablehnen

4.4.5.1.1. Axiale Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen der peripheren Abschnitte

Tafel:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	17	2
Schlecht 4 Zeilen	2	2

Tabelle 7-33 : McNemar Test 2

Formel:

$$X^2 = (|2-2| - 0,5)^2 / (2+2) = 0,0625$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,0625 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den peripheren Lungenabschnitten

4.4.5.2.1. Sagittale Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen der zentralen Abschnitte

Bei den sagittalen Schichtungen muss eine Differenzierung zwischen rechtem und linkem Lungenflügel vorgenommen werden und es muss eine 3 Teilung in Hilus, Lungenkern und Lungenmantel vorgenommen werden.

1) Hilus und Lungenkern rechts:

In der rechten Lunge sind Hilusbereich und Lungenkernbereich identisch bewertet worden. Deswegen werden die beiden zusammengefasst in einer Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	18	0
Schlecht 4 Zeilen	0	0

Tabelle 7-34 : McNemar Test 3

\rightarrow Da beide Aufnahmen in ihrer Qualität identisch sind muss die Nullhypothese abgelehnt werden

2) Hilus li

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	12	0
Schlecht 4 Zeilen	6	0

Tabelle 7-35 : McNemar Test 4

Formel:

$$\chi^2 = (|0-6| - 0,5)^2 / (0+6) = 5,0417$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

→ $5,0417 > 3,841 = \chi^2 (0,95)$

Daraus folgt das die Nullhypothese angenommen werden muss. Es besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den hiliären Lungenabschnitten im linken Lungenflügel. Der 64 Zeilen Detektor ist signifikant besser als der 4 Zeilen Detektor.

4.4.5.2.2. Sagittale Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen der peripheren Abschnitte

Bei den sagittalen Schichtungen muss eine Differenzierung zwischen rechtem und linkem Lungenflügel vorgenommen werden und es muss eine 3 Teilung in Hilus, Lungenkern und Lungenmantel vorgenommen werden. Dies kommt besonders in dem linken Lungenflügel zu tragen.

1) Lungenmantel rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	15	0
Schlecht 4 Zeilen	3	0

Tabelle 7-36 : McNemar Test 5

Formel:

$$\chi^2 = (|0-3| - 0,5)^2 / (0+3) = 2,083$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 2,083 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den peripheren Lungenabschnitten

2) Lungenmantel links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	12	1
Schlecht 4 Zeilen	6	1

Tabelle 7-37 : McNemar Test 6

Formel:

$$\chi^2 = (|1-5| - 0,5)^2 / (1+6) = 2,893$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die γ Quantile bei $\gamma = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 2,893 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den peripheren Lungenabschnitten der linken Lunge.

4.4.5.3.1. Coronare Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen der zentralen Abschnitte

Bei den Coronaren Rekonstruktionen muss wieder eine Differenzierung zwischen rechter und linker Lunge und eine Aufteilung in Hilus und Lungenkern stattfinden

1) Hilus rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen

Gut 4 Zeilen	14	0
Schlecht 4 Zeilen	2	0

Tabelle 7-38 : McNemar Test 7

Formel:

$$X^2 = (|0-2| - 0,5)^2 / (0+2) = 1,125$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,125 < 3,841 = X^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den hilären Lungenabschnitten der rechten Lunge.

2) Hilus links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	10	0
Schlecht 4 Zeilen	6	0

Tabelle 7-39 : McNemar Test 8

Formel:

$$X^2 = (|0-6| - 0,5)^2 / (0+6) = 5,042$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 5,042 > 3,841 = X^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese angenommen werden muss. Es besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den hiliären Lungenabschnitten der linken Lunge.

3) Lungenkern rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	19	0
Schlecht 4 Zeilen	0	0

Tabelle 7-40 : McNemar Test 9

Die Lungenkerne sind sowohl im 64 Zeilen als auch im 4 Zeilen Detektor identisch gut bewertet worden.

4) Lungenkern links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	14	0
Schlecht 4 Zeilen	2	0

Tabelle 7-41 : McNemar Test 10

$$X^2 = (|0-2| - 0,5)^2 / (0+2) = 1,125$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,125 < 3,841 = X^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werde muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in dem Lungenkernabschnitten der linken Lunge.

4.4.5.3.2. Coronare Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen der peripheren Abschnitte

Bei den Coronaren Rekonstruktionen muss keine Differenzierung zwischen rechter und linker Lunge stattfinden

1) Lungenmantel rechts und links

Tabelle

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	14	2
Schlecht 4 Zeilen	2	2

Tabelle 7-42 : McNemar Test 11

Formel:

$$X^2 = (|2-2| - 0,5)^2 / (2+2) = 0,0625$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,0625 < 3,841 = X^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werde muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den peripheren Lungenabschnitten rechts und links

4.4.6. Chi Quadrat Test Untersucher 3

Analog zu den Berechnungen von Untersucher 2 wird bei Untersucher 3 auch der Chi Quadrat Test zum Vergleich der einzelnen Lungenabschnitte untereinander verglichen

Die beiden Geräte werden separat voneinander ausgewertet

4.4.6.1. Axiale Schichtungen

Zum Vergleich ob in den axialen Schichtungen Unterschiede zwischen dem Hilus, dem Lungenkern und dem Lungenmantel in der Bildqualität sind ist bei dem Chi Quadrat Test folgendes Ergebnis erzielt worden:

4.4.6.1.1. Als erstes der 4 Zeilen Multidetektor:

Hilus re 4Z	Hilus li 4Z	Lungenkern re 4Z	Lungenkern li 4Z	Lungenmantel re 4Z	Lungenmantel li 4Z
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	3,0
2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
3,0	3,0	2,0	2,0	4,0	4,0
1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0
2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0
2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0
3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0

Tabelle 7-43: Axiale Schichtungen des MDCT 4

Analog zu Untersucher 2 werden die Wertungen 1 und 2 als schlechte und die Wertungen 3 und 4 als gute Bildqualität eingestuft.

4.4.6.1.1.1. Der rechte Lungenlappen:

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	14	6	20
gute Bildqualität	2	10	12
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.44 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Die Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	10	10	20
gute Bildqualität	6	6	12
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.45 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (14-10)^2/10 + (6-10)^2/10 + (2-6)^2/6 + (10-6)^2/6 = 8,533$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 8,533 > 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkerns rechts ist besser als die des Hilusbereichs rechts.

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H0: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H1: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	14	0	14
gute Bildqualität	2	16	18
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.46 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	7	14
gute Bildqualität	9	9	18
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.47 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (14-7)^2/7 + (0-7)^2/7 + (2-9)^2/9 + (16-9)^2/9 = 24,888$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

→ $24,888 > 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantels rechts ist besser als die des Hilusbereichs rechts.

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	6	0	6
gute Bildqualität	10	16	26
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.48 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	3	3	6
gute Bildqualität	13	13	26
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.49 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

→ $(6-3)^2/3 + (0-3)^2/3 + (10-13)^2/13 + (16-13)^2/13 = 7,385$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

→ $7,385 > 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantels rechts ist besser als die des Lungenkernbereichs rechts.

4.4.6.1.1.2. Der linke Lungenlappen:

1) Hilus versus Lungenkern:

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	14	7	21
gute Bildqualität	2	9	11
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.50: Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	10,5	10,5	21
gute Bildqualität	5,5	5,5	11
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.51: Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (14-10,5)^2/10,5 + (7-10,5)^2/10,5 + (2-5,5)^2/5,5 + (9-5,5)^2/5,5 = 6,788$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 6,788 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern links ist besser als die des Hilusbereichs links .

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	14	2	16
gute Bildqualität	2	14	16
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.52 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstafel:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt

schlechte Bildqualität	8	8	16
gute Bildqualität	8	8	16
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.53 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (14-8)^2/8 + (2-8)^2/8 + (2-8)^2/8 + (14-8)^2/8 = 18$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 18 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel links ist besser als die des Hilusbereichs links .

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	2	9
gute Bildqualität	9	14	23
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.54 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	4,5	4,5	9
gute Bildqualität	11,5	11,5	23
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.55 : Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (7-4,5)^2/4,5 + (2-4,5)^2/4,5 + (9-11,5)^2/11,5 + (14-11,5)^2/11,5 = 3,865$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 3,865 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel links ist besser als die des Lungenkernbereichs links .

4.4.6.1.2. Der 64 Zeilen Scanner

Bei den Aufnahmen mit dem 64 Zeilen Scanner können rechte und linke Lungenlappen bei dem Vergleich Hilus versus Lungenmantel in einem Arbeitsschritt bearbeitet werden, da keine Unterschiede zwischen rechts und links bestehen. Bei dem Vergleich mit dem Lungenkernbereich muss zwischen rechts und links differenziert werden.

Hilus re 4Z	Hilus li 4Z	Lungenkern re 4Z	Lungenkern li 4Z	Lungenmantel re 4Z	Lungenmantel li 4Z
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0

2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0
2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	3,0
2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0

Tabelle 7-56: Axiale Schichtungen des MDCT 64

4.4.6.1.2.1. Der rechte und linke Lungenlappen: Vergleich Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H0: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese HI: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	12	0	12
gute Bildqualität	4	16	20
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.57 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	6	6	12
gute Bildqualität	10	10	20
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.58 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 2

$$\rightarrow (12-6)^2/6 + (0-6)^2/6 + (4-10)^2/10 + (16-10)^2/10 = 19,2$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 19,2 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs.

4.4.6.1.2.2. Die rechte Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	12	5	17
gute Bildqualität	4	11	15
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.59 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	8,5	8,5	17
gute Bildqualität	7,5	7,5	15
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.60 : Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (12-8,5)^2/8,5 + (5-8,5)^2/8,5 + (4-7,5)^2/7,5 + (11-7,5)^2/7,5 = 6,149$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 6,149 > 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs.

2) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	5	0	5
gute Bildqualität	11	16	27
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.61 : Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	2,5	2,5	5
gute Bildqualität	13,5	13,5	27
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.62 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (12-8,5)^2/8,5 + (5-8,5)^2/8,5 + (4-7,5)^2/7,5 + (11-7,5)^2/7,5 = 5,926$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 5,926 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Lungenkernbereichs.

4.4.6.1.2.3. Die linke Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	12	4	16
gute Bildqualität	4	12	16
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.63 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	8	8	16
gute Bildqualität	8	8	16
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.64 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (12-8)^2/8 + (4-8)^2/8 + (4-8)^2/8 + (12-8)^2/8 = 8$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 8 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	4	0	4
gute Bildqualität	12	16	28
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.65 Vierfeldertafel axiale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	2	4
gute Bildqualität	14	14	28
Gesamt	16	16	32

Tabelle 7.66 Häufigkeitsverteilung axiale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (4-2)^2/2 + (0-2)^2/2 + (12-14)^2/14 + (16-14)^2/14 = 4,571$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 4,571 > 3,841 = X^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Lungenkernbereichs

4.4.6.2 Sagittale Schichten

Die Lungenabschnitte müssen unterteilt werden in einen Hilus, Lungenkern und Lungenmantel bereich

4.4.6.2.1. Der 4 Zeilen Multidetektor

4.4.6.2.1.1 Die rechte Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	14	8	22
gute Bildqualität	1	7	8
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.67 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	11	11	22
gute Bildqualität	4	4	8
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.68 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (14-11)^2/11 + (8-11)^2/11 + (1-4)^2/4 + (7-4)^2/4 = 6,136$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

→ $6,136 > 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	14	6	20
gute Bildqualität	1	9	10
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.69 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	10	10	20
gute Bildqualität	5	5	10
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.70 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (14-10)^2/10 + (6-10)^2/10 + (1-5)^2/5 + (9-5)^2/5 = 9,6$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 9,6 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	8	6	14
gute Bildqualität	7	9	16
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.71 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	7	14
gute Bildqualität	8	8	16

Gesamt	15	15	30
--------	----	----	----

Tabelle 7.72 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (8-7)^2/7 + (6-7)^2/7 + (7-8)^2/8 + (9-8)^2/8 = 0,536$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,536 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.6.2.1.2 Die linke Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	15	11	26

gute Bildqualität	0	4	4
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.72 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	13	26
gute Bildqualität	2	2	4
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.73 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (15-13)^2/13 + (11-13)^2/13 + (0-2)^2/2 + (4-2)^2/2 = 4,615$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 4,615 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	15	4	19
gute Bildqualität	0	11	11
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.74 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	9,5	9,5	19
gute Bildqualität	5,5	5,5	11
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.74 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (15-9,5)^2/9,5 + (4-9,5)^2/9,5 + (0-5,5)^2/5,5 + (11-5,5)^2/5,5 = 17,368$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 17,368 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenhilus

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	11	4	15
gute Bildqualität	4	11	15
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.75 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7,5	7,5	15
gute Bildqualität	7,5	7,5	15
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.76 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (11-7,5)^2/7,5 + (4-7,5)^2/7,5 + (4-7,5)^2/7,5 + (11-7,5)^2/7,5 = 6,533$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 6,533 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Lungenkernbereichs

4.4.6.2.2. Der 64 Zeilen Multidetektor

4.4.6.2.2.1 Die rechte Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H0: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H1: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	4	17
gute Bildqualität	2	11	13
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.77 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	8,5	8,5	17
gute Bildqualität	6,5	6,5	13
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.78 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-8,5)^2/8,5 + (4-8,5)^2/8,5 + (2-6,5)^2/6,5 + (11-6,5)^2/6,5 = 10,995$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

→ $10,995 > 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	3	16
gute Bildqualität	2	12	14
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.79 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	8	8	16
gute Bildqualität	7	7	14
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.80 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

→ $(13-8)^2/8 + (3-8)^2/8 + (2-7)^2/7 + (12-7)^2/7 = 13,393$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

→ $13,393 > 3,841 = \chi^2(0,95)$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	4	3	7
gute Bildqualität	11	12	23
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.81 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	3,5	3,5	7
gute Bildqualität	11,5	11,5	23
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.82 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (4-3,5)^2/3,5 + (3-3,5)^2/3,5 + (11-11,5)^2/11,5 + (12-11,5)^2/11,5 = 0,186$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

→ $0,186 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.6.2.2 Die linke Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	3	16
gute Bildqualität	2	12	14
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.83 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstafel:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	8	8	16
gute Bildqualität	7	7	14
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.84 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-8)^2/8 + (3-8)^2/8 + (2-7)^2/7 + (12-7)^2/7 = 13,393$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 13,393 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	1	14
gute Bildqualität	2	14	16
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.85 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitstabelle:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	7	14

gute Bildqualität	8	8	16
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.86 : Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-7)^2/7 + (1-7)^2/7 + (2-8)^2/8 + (14-8)^2/8 = 19,286$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 19,286 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	3	1	4
gute Bildqualität	12	14	26
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.87 Vierfeldertafel sagittale Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung der Erwartungswerte:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	2	4
gute Bildqualität	13	13	26
Gesamt	15	15	30

Tabelle 7.88 Häufigkeitsverteilung sagittale Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (3-2)^2/2 + (1-2)^2/2 + (12-13)^2/13 + (14-13)^2/13 = 1,154$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,154 < 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.6.3 Coronare Schichten

Bei den Coronaren Schichtungen wird wieder eine Differenzierung zwischen rechter und linker Lunge und eine Differenzierung zwischen Hilus, Lungenkern und Lungenmantel vorgenommen.

4.4.6.3.1 Das 4 Zeilen Gerät

4.4.6.3.1.1. Die rechte Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H1: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	7	20
gute Bildqualität	0	6	6
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.89 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	10	10	20
gute Bildqualität	3	3	6
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.90 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-10)^2/10 + (7-10)^2/10 + (0-3)^2/3 + (6-3)^2/3 = 7,8$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 7,8 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkernes ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	1	14
gute Bildqualität	0	12	12
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.91 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	7	14
gute Bildqualität	6	6	12
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.92 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-7)^2/7 + (1-7)^2/7 + (0-6)^2/6 + (12-6)^2/6 = 22,286$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 22,286 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H₀: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H₁: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	1	8
gute Bildqualität	6	12	18
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.93 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	4	4	8
gute Bildqualität	9	9	18
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.94 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (7-4)^2/4 + (1-4)^2/4 + (6-9)^2/9 + (12-9)^2/9 = 6,5$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

→ $6,5 > 3,841 = \chi^2 (0,95)$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Lungenkernbereichs

4.4.6.3.1.2. Die linke Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	5	18
gute Bildqualität	0	8	8
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.95 : Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	9	9	18
gute Bildqualität	4	4	8
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.96 :Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-9)^2/9 + (5-9)^2/9 + (0-4)^2/4 + (8-4)^2/4 = 11,556$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 11,556 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkerns ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	0	13
gute Bildqualität	0	13	13
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.97 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt

schlechte Bildqualität	6,5	6,5	13
gute Bildqualität	6,5	6,5	13
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.98 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-6,5)^2/6,5 + (0-6,5)^2/6,5 + (0-6,5)^2/6,5 + (13-6,5)^2/6,5 = 26$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 26 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	5	0	5
gute Bildqualität	8	13	21
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.99 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	2,5	2,5	5
gute Bildqualität	10,5	10,5	21
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.100 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (5-2,5)^2/2,5 + (0-2,5)^2/2,5 + (8-10,5)^2/10,5 + (13-10,5)^2/10,5 = 6,190$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 6,190 > 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Lungenkernbereichs

4.4.6.3.2. Das 64 Zeilen Gerät:

4.4.6.3.2.1. Die rechte Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	12	2	14
gute Bildqualität	1	11	12
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.101 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7	7	14
gute Bildqualität	6	6	12
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.102 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (12-7)^2/7 + (2-7)^2/7 + (1-6)^2/6 + (11-6)^2/6 = 15,476$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 15,476 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	12	1	13
gute Bildqualität	1	12	13
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.103 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	6,5	6,5	13
gute Bildqualität	6,5	6,5	13
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.104 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (12-6,5)^2/6,5 + (1-6,5)^2/6,5 + (1-6,5)^2/6,5 + (12-6,5)^2/6,5 = 18,615$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 18,615 > 3,841 = \chi^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H₀: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H₁: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	2	1	3
gute Bildqualität	11	12	23
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.105 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	1,5	1,5	3
gute Bildqualität	11,5	11,5	23
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.106: Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (2-1,5)^2/1,5 + (1-1,5)^2/1,5 + (11-11,5)^2/11,5 + (12-11,5)^2/11,5 = 0,377$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,377 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H₀ sollte angenommen werden.

4.4.6.3.2.2. Die linke Lunge

1) Hilus versus Lungenkern

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hiliären wie in den Lungenkernabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	0	13
gute Bildqualität	0	13	13
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.107 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	6,5	6,5	13
gute Bildqualität	6,5	6,5	13
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.108 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-6,5)^2/6,5 + (0-6,5)^2/6,5 + (0-6,5)^2/6,5 + (13-6,5)^2/6,5 = 26$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 26 > 3,841 = X^2(0,95)$$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenkern ist besser als die des Hilusbereichs

2) Hilus versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H0: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H1: „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den hilären wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	13	2	15
gute Bildqualität	0	11	11
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.109 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	7,5	7,5	15
gute Bildqualität	5,5	5,5	11
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.110 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (13-7,5)^2/7,5 + (2-7,5)^2/7,5 + (0-5,5)^2/5,5 + (11-5,5)^2/5,5 = 19,067$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

→ $19,067 > 3,841 = \chi^2_{(0,95)}$

Der errechnete Wert ist also höher als der Tabellenwert

→ Die Nullhypothese H_0 sollte abgelehnt werden.

Die subjektive Bildqualität des Lungenmantel ist besser als die des Hilusbereichs

3) Lungenkern versus Lungenmantel

Als Nullhypothese H_0 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Die Alternativhypothese H_1 : „Die Anteile des Bildmerkmals „Sehr Gut“ und „Gut“ sind nicht genauso oft in den Lungenkern wie in den Lungenmantelabschnitten zu finden“

Vierfeldertafel:

Chi Quadrat	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	0	2	2
gute Bildqualität	13	11	24
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.111 Vierfeldertafel coronare Schichtungen Untersucher 3

Häufigkeitsverteilung:

Häufigkeit	zentrale Lungenabschnitte	periphere Lungenabschnitte	Gesamt
schlechte Bildqualität	1	1	2
gute Bildqualität	12	12	24
Gesamt	13	13	26

Tabelle 7.112 Häufigkeitsverteilung coronare Schichtungen Untersucher 3

$$\rightarrow (0-1)^2/1 + (2-1)^2/1 + (13-12)^2/12 + (11-12)^2/12 = 2,167$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von 3,841

$$\rightarrow 2,167 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Der errechnete Wert ist also niedriger als der Tabellenwert

\rightarrow Die Nullhypothese H_0 sollte angenommen werden.

4.4.7. McNemar Test Untersucher 3

Der McNemar Test soll Aufschluss darüber geben, ob Unterschiede in den einzelnen Abschnitten der Lunge bei dem Vergleich der beiden CT Geräte vorzufinden sind.

Analog dem Chi Quadrat Test wird die Bewertung aus dem Anatomy Score verwendet:
Die Punkte 1 und 2 sind als schlechte Qualität, die Punkte 3 und 4 sind als gute Bildqualität zu verwenden

Als Nullhypothese gilt:

H_0 : Die beiden Datensätze unterscheiden sich in ihrer Qualität

Als Alternative:

H_1 : Die beiden Datensätze unterscheiden sich nicht in ihrer Qualität

4.4.7.1. Axiale Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen

In diesem Falle muss eine Differenzierung zwischen rechter und linker Lunge und eine Teilung zwischen Hilus und Lungenkernbereich stattfinden.

Der Hilusbereich stellt eine Ausnahme dar.

1) Hilus rechts und links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	2	2
Schlecht 4 Zeilen	4	12

Tabelle 7-113 : McNemar Test 42

Formel:

$$X^2 = (|2-4| - 0,5)^2 / (2+4) = 0,375$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,375 < 3,841 = X^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen.

2) Lungenkern rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	10	5
Schlecht 4 Zeilen	6	5

Tabelle 7-114 : McNemar Test 43

Formel:

$$X^2 = (|5-6| - 0,5)^2 / (5+6) = 0,223$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,223 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

3) Lungenmantel rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	16	0
Schlecht 4 Zeilen	0	0

Tabelle 7-115 : McNemar Test 44

Im Lungenmantelbereich lieferten beide Aufnahmen in gleichwertiger subjektiver Qualität

4) Lungenkern links:

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	9	4
Schlecht 4 Zeilen	7	4

Tabelle 7-116 : McNemar Test 45

Formel:

$$\chi^2 = (|4-7| - 0,5)^2 / (4+7) = 0,568$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,568 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werde muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen

5) Lungenmantel links:

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	14	4
Schlecht 4 Zeilen	2	0

Tabelle 7-117 : McNemar Test 46

$$\chi^2 = (|4-2| - 0,5)^2 / (4+2) = 0,375$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,375 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werde muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen.

4.4.7.2. Sagittale Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen

Es muss eine Differenzierung zwischen rechter und linker Lunge und den einzelnen Abschnitten gemacht werden.

1) Hilus rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	1	1
Schlecht 4 Zeilen	2	13

Tabelle 7-118 : McNemar Test 47

Formel:

$$X^2 = (|2-1| - 0,5)^2 / (2+1) = 0,083$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,083 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

2) Lungenkern rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	7	7
Schlecht 4 Zeilen	8	4

Tabelle 7-119 : McNemar Test 48

Formel:

$$X^2 = (|7-8| - 0,5)^2 / (7+8) = 0,017$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,017 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen

3) Lungenmantel rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	9	3
Schlecht 4 Zeilen	6	3

Tabelle 7-120 : McNemar Test 49

Formel:

$$\chi^2 = (|3-6| - 0,5)^2 / (3+6) = 0,694$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,694 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

4) Lungenhilus li

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	0	0
Schlecht 4 Zeilen	2	13

Tabelle 7-141 : McNemar Test 50

Formel:

$$\chi^2 = (|0-2| - 0,5)^2 / (0+2) = 1,125$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,125 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

5) Lungenkern links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	4	3
Schlecht 4 Zeilen	11	3

Tabelle 7-142 : McNemar Test 51

Formel:

$$X^2 = (|3-11| - 0,5)^2 / (3+11) = 4,018$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 4,018 > 3,841 = X^2(0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese angenommen werden muss. Es besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen

6) Lungenmantel links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	11	1
Schlecht 4 Zeilen	4	1

Tabelle 7-143 : McNemar Test 52

Formel:

$$X^2 = (|1-4| - 0,5)^2 / (1+4) = 1,25$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,25 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen in den peripheren Lungenabschnitten rechts und links

4.4.7.3. Coronare Schichtungen 4 Zeilen versus 64 Zeilen

Es erfolgt wieder eine seitengetrennte Betrachtung und eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Lungenabschnitte.

1) Hilus rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	0	0
Schlecht 4 Zeilen	1	12

Tabelle 7-144 : McNemar Test 53

Formel:

$$\chi^2 = (|0-1| - 0,5)^2 / (0+1) = 0,25$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die χ^2 Quantile bei $\alpha = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,25 < 3,841 = \chi^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

2) Lungenkern rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	6	2
Schlecht 4 Zeilen	7	2

Tabelle 7-145 : McNemar Test 54

Formel:

$$X^2 = (|2-2| - 0,5)^2 / (2+2) = 2,25$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 2,25 < 3,841 = X^2(0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

3) Lungenmantel rechts

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	12	1
Schlecht 4 Zeilen	1	1

Tabelle 7-146 : McNemar Test 55

Formel:

$$X^2 = (|1-1| - 0,5)^2 / (1+1) = 0,125$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 0,125 < 3,841 = X^2(0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen

4) Hilus links

Tabelle:

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	0	0
Schlecht 4 Zeilen	0	13

Tabelle 7-147 : McNemar Test 56

Beide Aufnahmen der Geräte wurden gleich bewertet

5) Lungenkern links

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	8	0
Schlecht 4 Zeilen	5	0

Tabelle 7-148 : McNemar Test 57

Formel:

$$X^2 = (|0-5| - 0,5)^2 / (0+5) = 4,05$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 4,05 > 3,841 = X^2 (0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese angenommen werden muss. Es besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen Aufnahmen

6) Lungenmantel links

	Gut 64 Zeilen	Schlecht 64 Zeilen
Gut 4 Zeilen	11	2
Schlecht 4 Zeilen	0	0

Tabelle 7-149 : McNemar Test 58

Formel:

$$X^2 = (|2-2| - 0,5)^2 / (2+2) = 1,125$$

Bei einem Freiheitsgrad von 1 ergibt sich ein Tabellenwert für die Υ Quantile bei $\Upsilon = 0,95$ von

3,841

$$\rightarrow 1,125 < 3,841 = X^2(0,95)$$

Daraus folgt das die Nullhypothese abgelehnt werden muss. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 4 Zeilen und den 64 Zeilen

**Chi Auswertungstabelle

Qualitativ gleich = 0
Lungenbereich 1 besser bewertet = 1
Lungenbereich 2 besser bewertet = 2

Tabelle 7-150 : Bewertungsskala für den Chi Quadrattest, 1 bedeutet das Lungenbereich 1 besser bewertet wurde, 2 bedeutet das Lungenbereich 2 besser bewertet wurde, Die 0 wird vergeben wenn beide Lungenbereiche identisch bewertet wurden

Untersucher2:

rechts				links			
axial 4Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	0	0	H	0	0	0
Lk	0	0	0	Lk	0	0	0
Lm	0	0	0	Lm	0	0	0
axial 64 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	0	0	H	0	0	0
Lk	0	0	0	Lk	0	0	0
Lm	0	0	0	Lm	0	0	0
sagittal 4 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	0	0	H	0	0	0
Lk	0	0	0	Lk	0	0	0
Lm	0	0	0	Lm	0	0	0
sagittal 64 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	0	0	H	0	0	0
Lk	0	0	0	Lk	0	0	0
Lm	0	0	0	Lm	0	0	0
coronar 4 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	0	0	H	0	0	0
Lk	0	0	0	Lk	0	0	0
Lm	0	0	0	Lm	0	0	0
coronar 64 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	0	0	H	0	0	0
Lk	0	0	0	Lk	0	0	0
Lm	0	0	0	Lm	0	0	0

(H=Hilus; Lk=Lungenkern;Lm=Lungenmantel)

Tabelle 7-151: Chi Auswertungsskala Untersucher 2

Untersucher3:

rechts				links			
axial 4Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	1	1	H	0	1	1
Lk	2	0	1	Lk	2	0	1
Lm	2	2	0	Lm	2	2	0
axial 64 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	1	1	H	0	1	1
Lk	2	0	1	Lk	2	0	1
Lm	2	2	0	Lm	2	2	0
sagittal 4 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	1	1	H	0	1	1
Lk	2	0	0	Lk	2	0	1
Lm	2	0	0	Lm	2	2	0
sagittal 64 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	1	1	H	0	1	1
Lk	2	0	0	Lk	2	0	0
Lm	2	0	0	Lm	2	0	0
coronar 4 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	1	1	H	0	1	1
Lk	2	0	1	Lk	2	0	1
Lm	2	2	0	Lm	2	2	0
coronar 64 Z							
Bereich 1	H	Lk	Lm	Bereich 1	H	Lk	Lm
Bereich 2				Bereich 2			
H	0	1	1	H	0	1	1
Lk	2	0	0	Lk	2	0	0
Lm	2	0	0	Lm	2	0	0

(H=Hilus; Lk=Lungenkern; Lm=Lungenmantel)

Tabelle 7-152: Chi Auswertungsskala Untersucher 3

8. Literatur

1. Boucher, R.C., *Harrisons Innere Medizin 2*, ed. J.D. M. Dietel, N. Suttorp. Vol. 15. 2003, Berlin: the McGraw-Hill Companies.
2. Tummler, B. and M. Stuhmann, [*Molecular genetics principles in cystic fibrosis. An example of genetic illness in pneumology*]. Internist (Berl), 2003. **44 Suppl 1**: p. S7-15.
3. Farrell, P.M., et al., *Evidence on improved outcomes with early diagnosis of cystic fibrosis through neonatal screening: enough is enough!* J Pediatr, 2005. **147**(3 Suppl): p. S30-6.
4. Sinaasappel, M., et al., *Nutrition in patients with cystic fibrosis: a European Consensus*. J Cyst Fibros, 2002. **1**(2): p. 51-75.
5. Shah, R.M., et al., *High-resolution CT in the acute exacerbation of cystic fibrosis: evaluation of acute findings, reversibility of those findings, and clinical correlation*. AJR Am J Roentgenol, 1997. **169**(2): p. 375-80.
6. Leitlinien, A. *Leitlinien Mukoviszidose*. 2008 [cited; Available from: www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/068-020.htm]
7. Strahlenschutz, B.f. *STRAHLENEXPOSITION DURCH MEDIZINISCHE MASSNAHMEN*. 2001 [cited; Available from: http://www.bfs.de/de/bfs/druck/uus/jb2001_diagnostik.pdf].
8. Copenrath, E., et al., [*Low-dose spiral CT of the lung in the follow-up of non-malignant lung disease*]. Rofo, 2004. **176**(4): p. 522-8.
9. Matsui, H., et al., *Evidence for periciliary liquid layer depletion, not abnormal ion composition, in the pathogenesis of cystic fibrosis airways disease*. Cell, 1998. **95**(7): p. 1005-15.
10. Rehbock, B. and H.G. Hieckel, [*Chest examination protocol with a reduced dose using a multi-slice spiral CT*]. Rofo, 2003. **175**(7): p. 963-6.
11. Aziz, Z.A., et al., *Computed tomography and cystic fibrosis: promises and problems*. Thorax, 2007. **62**(2): p. 181-6.
12. Reiser, *Radiologie*. Vol. 1. 2003: Thieme Verlag. 4.
13. Prokop, M., *Ganzkörper- Computertomographie Spiral- und Multislice-CT*. 2006: Thieme. 50.

14. Prokop, M., *Multislice CT angiography*. Eur J Radiol, 2000. **36**(2): p. 86-96.
15. Lucaya, J., et al., *Low-dose high-resolution CT of the chest in children and young adults: dose, cooperation, artifact incidence, and image quality*. AJR Am J Roentgenol, 2000. **175**(4): p. 985-92.
16. Brenner, D.J. and E.J. Hall, *Risk of cancer from diagnostic X-rays*. Lancet, 2004. **363**(9427): p. 2192; author reply 2192-3.
17. Gierada, D.S., et al., *Comparison of standard- and low-radiation-dose CT for quantification of emphysema*. AJR Am J Roentgenol, 2007. **188**(1): p. 42-7.
18. Prokop, M., *[Radiation dose in computed tomography. Risks and challenges]*. Radiologe, 2008. **48**(3): p. 229-42.
19. Brenner, D.J., *It is time to retire the computed tomography dose index (CTDI) for CT quality assurance and dose optimization. For the proposition*. Med Phys, 2006. **33**(5): p. 1189-90.
20. Preston, D.L., et al., *Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998*. Radiat Res, 2007. **168**(1): p. 1-64.
21. Berrington de Gonzalez, A. and S. Darby, *Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries*. Lancet, 2004. **363**(9406): p. 345-51.
22. Brenner, D., et al., *Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT*. AJR Am J Roentgenol, 2001. **176**(2): p. 289-96.
23. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, F.u.F. *Arbeitsschutz und Produktsicherheit: Röntgenstrahlung*. 2006 [cited 2009; Available from: <http://www.arbeitsministerium.bayern.de/arbeitsschutz/roentgen/medizin.htm>].
24. Takahashi, M., et al., *Low-dose spiral computed tomography of the thorax: comparison with the standard-dose technique*. Invest Radiol, 1998. **33**(2): p. 68-73.
25. Medgadget. *Brilliance 64-slice CT Scanner by Philips*. 2005 [cited; Available from: http://www.medgadget.com/archives/2005/04/brilliance_64sl.html].
26. Putz, Sobotta - *Der komplette Atlas der Anatomie des Menschen in einem Band*. Vol. 22. 2007: Putz&Pabst.
27. Stern M, S.B., Wiedemann B et al. . *Qualitätsicherung Mukoviszidose – Überblick über den Gesundheitszustand der Patienten in Deutschland 2004*. 2005 [cited; Available from: <http://www.muko.info>].
28. Stuhmann, P.D.m.M., et al. *Leitlinie zur Molekulargenetischen Diagnostik der Cystischen Fibrose*. 2009 [cited; Available from: http://www.gfhev.de/de/leitlinien/LL_und_Stellungnahmen/2009_03_16_GfH_LL_Cystische%20Fibrose.pdf].

29. Stern, M., B. Wiedemann, and P. Wenzlaff, *From registry to quality management: the German Cystic Fibrosis Quality Assessment project 1995 2006*. Eur Respir J, 2008. **31**(1): p. 29-35.
30. Garry Cutting MD - Johns Hopkins University, B., MD, USA. *Cystic Fibrosis Mutation Data Base*. [website] 2007 [cited; Available from: <http://www.genet.sickkids.on.ca/cftr>].
31. Riordan, J.R., et al., *Identification of the cystic fibrosis gene: cloning and characterization of complementary DNA*. Science, 1989. **245**(4922): p. 1066-73.
32. Bear, C.E., et al., *Purification and functional reconstitution of the cystic fibrosis transmembrane conductance regulator (CFTR)*. Cell, 1992. **68**(4): p. 809-18.
33. Zielenski, J., *Genotype and phenotype in cystic fibrosis*. Respiration, 2000. **67**(2): p. 117-33.
34. Kerem, E. and B. Kerem, *The relationship between genotype and phenotype in cystic fibrosis*. Curr Opin Pulm Med, 1995. **1**(6): p. 450-6.
35. Boucher, R.C., *Cystic fibrosis: a disease of vulnerability to airway surface dehydration*. Trends Mol Med, 2007. **13**(6): p. 231-40.
36. Gendiagnostik, 2009.
37. Donaldson, S.H. and R.C. Boucher, *Sodium channels and cystic fibrosis*. Chest, 2007. **132**(5): p. 1631-6.
38. Wang, Y., et al., *Slc26a6 regulates CFTR activity in vivo to determine pancreatic duct HCO₃⁻ secretion: relevance to cystic fibrosis*. EMBO J, 2006. **25**(21): p. 5049-57.
39. Quinton, P.M., *Too much salt, too little soda: cystic fibrosis*. Sheng Li Xue Bao, 2007. **59**(4): p. 397-415.
40. Taylor, C.J. and N. Aswani, *The pancreas in cystic fibrosis*. Paediatr Respir Rev, 2002. **3**(1): p. 77-81.
41. Borowitz, D., et al., *Gastrointestinal outcomes and confounders in cystic fibrosis*. J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2005. **41**(3): p. 273-85.
42. Bargon, J., et al., *[Gastrointestinal complications of adult patients with cystic fibrosis]*. Z Gastroenterol, 1999. **37**(8): p. 739-49.
43. Kerrebijn, J.D., R.M. Poublon, and S.E. Overbeek, *Nasal and paranasal disease in adult cystic fibrosis patients*. Eur Respir J, 1992. **5**(10): p. 1239-42.
44. Dayangac, D., et al., *Mutations of the CFTR gene in Turkish patients with congenital bilateral absence of the vas deferens*. Hum Reprod, 2004. **19**(5): p. 1094-100.
45. Grey, A.B., et al., *Bone mineral density and body composition in adult patients with cystic fibrosis*. Thorax, 1993. **48**(6): p. 589-93.

46. Trout, L., et al., *Inhibition of airway liquid secretion and its effect on the physical properties of airway mucus*. Am J Physiol, 1998. **274**(2 Pt 1): p. L258-63.
47. Starkey, M., et al., *Pseudomonas aeruginosa rugose small colony variants have adaptations likely to promote persistence in the cystic fibrosis lung*. J Bacteriol, 2009.
48. Frangolias, D.D., et al., *Burkholderia cepacia in cystic fibrosis. Variable disease course*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **160**(5 Pt 1): p. 1572-7.
49. Zar, H., et al., *Binding of Pseudomonas aeruginosa to respiratory epithelial cells from patients with various mutations in the cystic fibrosis transmembrane regulator*. J Pediatr, 1995. **126**(2): p. 230-3.
50. Smith, J.J., et al., *Cystic fibrosis airway epithelia fail to kill bacteria because of abnormal airway surface fluid*. Cell, 1996. **85**(2): p. 229-36.
51. Zabner, J., et al., *Loss of CFTR chloride channels alters salt absorption by cystic fibrosis airway epithelia in vitro*. Mol Cell, 1998. **2**(3): p. 397-403.
52. Worlitzsch, D., et al., *Effects of reduced mucus oxygen concentration in airway Pseudomonas infections of cystic fibrosis patients*. J Clin Invest, 2002. **109**(3): p. 317-25.
53. Armstrong, D.S., et al., *Lower respiratory infection and inflammation in infants with newly diagnosed cystic fibrosis*. BMJ, 1995. **310**(6994): p. 1571-2.
54. Stover, C.K., et al., *Complete genome sequence of Pseudomonas aeruginosa PA01, an opportunistic pathogen*. Nature, 2000. **406**(6799): p. 959-64.
55. Singh, P.K., et al., *Quorum-sensing signals indicate that cystic fibrosis lungs are infected with bacterial biofilms*. Nature, 2000. **407**(6805): p. 762-4.
56. Hirche, T.O., et al., *[New concepts of pathophysiology and therapy in cystic fibrosis]*. Pneumologie, 2005. **59**(11): p. 811-8.
57. Chmiel, J.F., M. Berger, and M.W. Konstan, *The role of inflammation in the pathophysiology of CF lung disease*. Clin Rev Allergy Immunol, 2002. **23**(1): p. 5-27.
58. Herold, G., *Innere Medizin*. Herold Innere Medizin. 2006: Gerd Herold.
59. K. Helmke, M.A.-S., *Thorax*. Handbuch diagnostische Radiologie ed. M.Galanski. Vol. 1. 2001: J. Freyschmidt.
60. Matthys, S., *Klinische Pneumologie*, ed. Springer. Vol. 4. 2009: Springer. 13.
61. Onady, G.M. and A. Stolfi, *Insulin and oral agents for managing cystic fibrosis-related diabetes*. Cochrane Database Syst Rev, 2005(3): p. CD004730.
62. Aris, R.M., et al., *Efficacy of alendronate in adults with cystic fibrosis with low bone density*. Am J Respir Crit Care Med, 2004. **169**(1): p. 77-82.

63. Doring, G., et al., *Antibiotic therapy against Pseudomonas aeruginosa in cystic fibrosis: a European consensus*. Eur Respir J, 2000. **16**(4): p. 749-67.
64. Smyth, A. and S. Walters, *Prophylactic antibiotics for cystic fibrosis*. Cochrane Database Syst Rev, 2003(3): p. CD001912.
65. Taccetti, G., et al., *Early eradication therapy against Pseudomonas aeruginosa in cystic fibrosis patients*. Eur Respir J, 2005. **26**(3): p. 458-61.
66. Wood, D.M. and A.R. Smyth, *Antibiotic strategies for eradicating Pseudomonas aeruginosa in people with cystic fibrosis*. Cochrane Database Syst Rev, 2006(1): p. CD004197.
67. Duijvestijn, Y.C. and P.L. Brand, *Systematic review of N-acetylcysteine in cystic fibrosis*. Acta Paediatr, 1999. **88**(1): p. 38-41.
68. Bradley, J.M., F.M. Moran, and J.S. Elborn, *Evidence for physical therapies (airway clearance and physical training) in cystic fibrosis: an overview of five Cochrane systematic reviews*. Respir Med, 2006. **100**(2): p. 191-201.
69. Fuchs, H.J., et al., *Effect of aerosolized recombinant human DNase on exacerbations of respiratory symptoms and on pulmonary function in patients with cystic fibrosis. The Pulmozyme Study Group*. N Engl J Med, 1994. **331**(10): p. 637-42.
70. Liou, T.G., et al., *Survival effect of lung transplantation among patients with cystic fibrosis*. JAMA, 2001. **286**(21): p. 2683-9.
71. Keswani, S.G. and T.M. Crombleholme, *Gene transfer to the tracheobronchial tree: implications for fetal gene therapy for cystic fibrosis*. Semin Pediatr Surg, 2004. **13**(1): p. 44-52.
72. Grove, J.E., et al., *Marrow-derived cells as vehicles for delivery of gene therapy to pulmonary epithelium*. Am J Respir Cell Mol Biol, 2002. **27**(6): p. 645-51.
73. Powell, K. and P.L. Zeitlin, *Therapeutic approaches to repair defects in deltaF508 CFTR folding and cellular targeting*. Adv Drug Deliv Rev, 2002. **54**(11): p. 1395-408.
74. Hansell, D.M., *Bronchiectasis*. Radiol Clin North Am, 1998. **36**(1): p. 107-28.
75. Tiddens, H.A. and P.A. de Jong, *Imaging and clinical trials in cystic fibrosis*. Proc Am Thorac Soc, 2007. **4**(4): p. 343-6.
76. McGuinness, G. and D.P. Naidich, *CT of airways disease and bronchiectasis*. Radiol Clin North Am, 2002. **40**(1): p. 1-19.
77. Fall, A. and D. Spencer, *Paediatric bronchiectasis in Europe: what now and where next?* Paediatr Respir Rev, 2006. **7**(4): p. 268-74.
78. de Jong, P.A. and H.A. Tiddens, *Cystic fibrosis specific computed tomography scoring*. Proc Am Thorac Soc, 2007. **4**(4): p. 338-42.

79. Harms, H.K., et al., [*The usefulness of the Chrispin-Norman score in the evaluation of pulmonary status in patients with cystic fibrosis*]. *Klin Padiatr*, 1983. **195**(1): p. 24-8.
80. Bick, U., et al., [*Changes in the lungs in mucoviscidosis. Feasibility and advantages of different imaging techniques*]. *Radiologe*, 1990. **30**(12): p. 598-605.
81. de Jong, P.A., F.R. Long, and Y. Nakano, *Computed tomography dose and variability of airway dimension measurements: how low can we go?* *Pediatr Radiol*, 2006. **36**(10): p. 1043-7.
82. Jimenez, S., et al., *Computed tomography in children with cystic fibrosis: a new way to reduce radiation dose*. *Arch Dis Child*, 2006. **91**(5): p. 388-90.
83. Brody, A.S., et al., *Reproducibility of a scoring system for computed tomography scanning in cystic fibrosis*. *J Thorac Imaging*, 2006. **21**(1): p. 14-21.
84. Brody, A.S., et al., *High-resolution computed tomography in young patients with cystic fibrosis: distribution of abnormalities and correlation with pulmonary function tests*. *J Pediatr*, 2004. **145**(1): p. 32-8.
85. Bland, J.M. and D.G. Altman, *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. *Lancet*, 1986. **1**(8476): p. 307-10.
86. Büning, H.T., Götz, *Nichtparametrische statistische Methoden*. de Gruyter Lehrbuch. Vol. 2. 1994: de Gruyter.
87. Weiß, C., *Basiswissen Medizinische Statistik*. Vol. 4: Springer Verlag.
88. Naidich, D.P., et al., *Low-dose CT of the lungs: preliminary observations*. *Radiology*, 1990. **175**(3): p. 729-31.
89. Zwirerich, C.V., J.R. Mayo, and N.L. Muller, *Low-dose high-resolution CT of lung parenchyma*. *Radiology*, 1991. **180**(2): p. 413-7.
90. Brody, A.S., *Scoring systems for CT in cystic fibrosis: who cares?* *Radiology*, 2004. **231**(2): p. 296-8.
91. Jacobsen, L.E., et al., *Cystic fibrosis: a comparison of computed tomography and plain chest radiographs*. *Can Assoc Radiol J*, 1986. **37**(1): p. 17-21.
92. Maffessanti, M., et al., *Cystic fibrosis in children: HRCT findings and distribution of disease*. *J Thorac Imaging*, 1996. **11**(1): p. 27-38.
93. Smyth, A. and J.S. Elborn, *Exacerbations in cystic fibrosis: 3--Management*. *Thorax*, 2008. **63**(2): p. 180-4.
94. Uffmann, M. and M. Prokop, [*Multislice CT of the lung. Technique and clinical applications*]. *Radiologe*, 2001. **41**(3): p. 240-7.

95. Mullerad, M., et al., *Prostate cancer: detection of extracapsular extension by genitourinary and general body radiologists at MR imaging*. Radiology, 2004. **232**(1): p. 140-6.
96. Brenner, D.J., et al., *Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2003. **100**(24): p. 13761-6.
97. de Gonzalez, A.B., K.P. Kim, and J.M. Samet, *Radiation-induced cancer risk from annual computed tomography for patients with cystic fibrosis*. Am J Respir Crit Care Med, 2007. **176**(10): p. 970-3.
98. de Jong, P.A., et al., *Estimation of the radiation dose from CT in cystic fibrosis*. Chest, 2008. **133**(5): p. 1289-91; author reply 1290-1.

9. Danksagung

Ich möchte mich bei meiner Mutter bedanken, die mich immer unterstützt hat und die es geschafft hat, mich selbst an meinen tiefsten Punkten wieder hochzuziehen. Und ich danke meinem Vater der mich zu der Persönlichkeit gemacht hat die ich jetzt bin, der aber leider durch sein frühes Ableben diesen glücklichen Moment in meinem Leben nicht mehr mitbekommen kann

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Maximilian Reiser für die Möglichkeit des wissenschaftlichen Arbeitens an dem technisch optimal ausgestatteten Institut für Klinische Radiologie des Klinikums Großhadern und Innenstadt.

Ganz besonders danke ich meinem Doktorvater und Betreuer Herrn PD Dr. Müller-Lisse für die Überlassung dieses aktuellen und für mich sehr interessanten Themas. Er war stets mit kompetentem Rat an meiner Seite und opferte oftmals seine Freizeit um mich bei dem Vorschreiten dieser Arbeit zu unterstützen.

Ich danke auch Dr. Eva Coppenrath und meiner ehemaligen Betreuerin Alexandra Panteleon die sich beide in ihrer Freizeit die Zeit genommen haben um die vielen Niedrig Dosis Aufnahmen in mühevoller Arbeit auszuwerten.

Desweiteren danke ich den technischen Assistentinnen und sämtlichen Mitarbeitern des Instituts für klinische Radiologie, die bei der Erstellung der Aufnahmen behilflich waren.

