

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Diagnostische Radiologie
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Direktor: Prof. Dr. med. R. P. Spielmann

Aus dem Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus
Chefarzt: Doz. Dr. med. habil. C.-P. Muth

**Ergebnisse und Komplikationen perkutaner CT-gestützter Punktionen
mit verschiedenen Punktionsnadeln**

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

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

von Heiko Marschan
geboren am 19. Juni 1968 in Lauchhammer

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. R. P. Spielmann
2. Prof. Dr. med. V. Jacobi
3. Doz. Dr. med. habil. C.-P. Muth

Datum der Verteidigung: 30. Juni 2005

urn:nbn:de:gbv:3-000008860

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000008860>]

Widmung

Diese Dissertation widme ich meinen Eltern, ohne deren Unterstützung und Vertrauen so vieles nicht möglich gewesen wäre.

CT-gestützte Punktionen sind seit Jahren eine etablierte Methode zur diagnostischen Sicherung suspekter, vorwiegend tumoröser Raumforderungen.

Ziel der Arbeit war es, die Daten von insgesamt 286 CT-gestützten Punktionen, die im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus im Zeitraum vom 01.01.1992 bis zum 31.12.2002 durchgeführt wurden, aufzuarbeiten und mit den Ergebnissen aus Studien internationaler Literatur zu vergleichen. Hier sollte insbesondere der hohe Stellenwert von CT-gestützten Punktion herausgearbeitet werden, die die Punktionen unter Durchleuchtung praktisch völlig zurückgedrängt haben und aufgrund der besseren Bildgebung deutliche Vorteile gegenüber sonographischer Methoden bieten.

Das Hauptaugenmerk der Betrachtung wurde auf den Vergleich der Komplikationsrate und der Anzahl der Fehlpunktionen bei Verwendung unterschiedlicher Punktionssysteme gelegt. Daneben sollte eine Aussage über die Genauigkeit der im CT erhobenen Diagnosen gemacht werden, die mit den histopathologischen Diagnosen, erstellt durch das Pathologische Institut des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus, verglichen wurden.

Im Ergebnis der Betrachtung war festzustellen, dass die durchschnittliche Komplikationsrate bei den CT-gestützten Punktionen bei 10,1 % lag. Keine der Komplikationen war behandlungsbedürftig. Insofern sind die CT-gestützten Punktionen als ein sehr sicheres diagnostisches Hilfsmittel einzuschätzen.

Eine mangelhafte Gewebegewinnung bei einer Punktion lässt eine histopathologische Diagnose nicht zu und wurde hier als Fehlpunktion definiert. Von 286 Punktionen waren 31 nicht verwertbar (10,8 %), d. h., es war eine nochmalige Punktion erforderlich bzw. es mussten andere, zum Teil für den Patienten belastendere, diagnostische Methoden angewandt werden.

Insgesamt konnte das Punktionssystem BioPince der Firma Peter Pflugbeil als das Effektivste der im Beobachtungszeitraum verwendeten Systeme herausgearbeitet werden. Hier waren statistisch signifikant die wenigsten Fehlpunktionen zu eruieren.

Die Übereinstimmung der anhand der Bildmorphologie gestellten Diagnose durch den Radiologen und der histopathologischen Diagnose betrug im Durchschnitt 89,4 % und liegt damit auf einem sehr guten Niveau im Vergleich mit internationaler Literatur.

Marschan, Heiko: Ergebnisse und Komplikationen perkutaner CT-gestützter Punktionen mit verschiedenen Punktionsnadeln. Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 72 Seiten, 2004

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
2 Bildgebende Verfahren zur Unterstützung von Punktionen und verschiedene Punktionsnadeln in der Literatur	3
2.1 Bildgebende Verfahren	3
2.1.1 Durchleuchtung	3
2.1.2 Sonographie	4
2.1.3 Computertomographie	7
2.1.4 Magnetresonanztomographie	9
2.2 Punktionsnadeln	11
2.3 Allgemeine Anforderungen an eine Punktionsnadel	14
3 Material und Methoden	15
3.1 Material	15
3.2 Retrospektive Auswertung	17
3.3 Statistik	18
4 Ergebnisse	21
4.1 Organbiopsien	21
4.1.1 Thoraxbiopsie (Lunge – Pleura)	21
4.1.2 Mediastinum und Hilus	22
4.1.3 Leber	23
4.1.4 Skelett	24
4.1.5 Pankreas	25
4.1.6 Nieren und Nebennieren	25

4.1.7	Retroperitoneum und Becken	27
4.2.	Komplikationen bei CT-gestützten Punktionen unter Berücksichtigung verschiedener Punktionssysteme	28
4.3	Fehlpunktionen	31
4.4	Diagnostische Übereinstimmung zwischen CT- und histopathologischer Diagnose	34
4.5	Statistische Betrachtung	36
4.5.1	Statistische Betrachtung der Punktionskomplikationen der Punktionssysteme BioPince und Auto-Vac	36
4.5.2	Statistische Betrachtung der Fehlpunktionen der Punktionssysteme BioPince und Auto-Vac	37
4.5.3	Konfidenzintervall für binominalverteilte Zufallsgrößen	39
4.5.4	Statistische Betrachtung der Punktionskomplikationen und Fehlpunktionen der Punktionskanülen 1,2 x 150 mm und 0,8 x 150 mm	41
5	Diskussion	45
5.1	Organbiopsien	45
5.1.1	Thoraxbiopsie (Lunge und Pleura)	45
5.1.2	Mediastinum und Hilus	47
5.1.3	Leber	48
5.1.4	Skelett	50
5.1.5	Pankreas	51
5.1.6	Nieren und Nebennieren	51
5.1.7	Retroperitoneum und Becken	52
5.2	Komplikationen bei CT-gestützten Punktionen	53
5.2.1	Komplikationen bei Punktionen des Thorax	54
5.2.2	Komplikationen bei Punktionen des Mediastinums	55
5.2.3	Komplikationen bei Punktionen der Leber	56

5.2.4	Komplikationen bei Punktionen anderer Organbereiche	56
5.3	Fehlpunktionen	58
5.4	Diagnostische Übereinstimmung zwischen CT- und histopathologischer Diagnose	59
5.5	Klinische Schlussfolgerung	60
6	Zusammenfassung	61
7	Literaturnachweis	62
8	Thesen	72

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
dB	Dezibel
d. h.	das heißt
Fa.	Firma
FNAB	Feinnadelaspirationsbiopsie
gg.	Gage
i.v.	intravenös
kV	Kilovolt
kHz	Kiloherz
MHz	Megahertz
min	Minute
mind.	mindestens
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

1 Einleitung und Zielstellung

Bildgebende Verfahren, wie Sonographie, Röntgen, Computertomographie und Kernspintomographie, lassen nicht in jedem Fall eine genaue Diagnosestellung bei Raumforderungen fraglicher Dignität zu. Deshalb sollte bei allen unklaren Fällen Gewebe des suspekten Areals gewonnen werden, um es histologisch bzw. zytologisch untersuchen zu können.

Diagnostische Punktionen sind seit 1851 bekannt. LEBERT führte 1851 in Paris und PAGET 1853 in London eine Tumorbiopsie durch. Die ersten Veröffentlichungen im deutschsprachigen Raum liegen seit 1912 vor. MARTIN und ELLIS [34] entwickelten seit 1925 eine Nadelaspirationstechnik, die bis heute den aktuellen Punktionsmethoden zugrunde liegt.

Ultraschall- und Computertomographie-gesteuerte Punktionen gehören zu den etablierten Techniken der nichtoperativen Diagnosestellung [9,10,29,31,42,51,64]. Sie erlauben es, eine Raumforderung in Kopf, Thorax, Abdomen, Retroperitoneum und Skelett abzuklären. Im Gegensatz zur offenen Biopsie sind Punktionen damit sicherer und weniger invasiv möglich. Operative Eingriffe zur bioptischen Sicherung einer Diagnose, die unter Umständen längere Krankenhausaufenthalte erforderlich machen, werden deutlich reduziert. So können beispielsweise durch die CT-gesteuerte Lymphknotenbiopsie in allen Körperregionen die sehr aufwändigen und psychisch belastenden Staging-Laparotomien von Lymphompatienten reduziert werden.

Die detaillierte und reproduzierbare Größen- bzw. Volumenmessung der pathologischen Strukturen sowie ihre Distanzbeziehungen zur Haut, zu den vaskulären bzw. neuronalen Strukturen und zu umliegenden Organen ist mit hoher Dichte- und Ortsauflösung nur durch die Computertomographie bzw. die Kernspintomographie möglich. Gegenüber der Sonographie liegt der große Vorteil der Computertomographie darin, dass das System in sich nicht bewegt wird. Somit ist eine exakte Reproduzierbarkeit der Schichtebene jederzeit möglich.

Die früher häufiger verwendete Durchleuchtungs-gesteuerte Punktion ist durch den Einsatz der Computertomographie zurückgedrängt worden [13].

Diagnostische Punktionen mit Hilfe der Kernspintomographie sind wegen der beschränkten Verfügbarkeit und des sehr hohen technischen Aufwandes zur Zeit

für die Routinediagnostik nicht immer einsetzbar. Sie bleiben speziellen Fragestellungen vorbehalten.

Die Größe und die Lage des zu biopsierenden Herdes bestimmen die Wahl der Biopsienadel. Dies bedeutet, dass eine dünne Nadel in vielen Fällen nur eine zytologische, eine dicke Nadel (z. B. die Tru-Cut-Nadel) einen Stanzzylinder gewinnen lässt, der eine eindeutige histopathologische Diagnosestellung erlaubt. Nicht nur die Größe der zu biopsierenden Läsion, sondern auch der Punktionsweg bestimmen vielfach die Wahl der Nadelgröße, um eine mögliche Komplikation, z. B. eine Blutung, zu vermeiden [31,37,59,62,63,66].

Ziel der Arbeit soll die retrospektive Betrachtung der CT-gestützten Punktionsen im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus vom 01.01.1992 bis 31.12.2002 unter den Aspekten der Verwertbarkeit im Hinblick auf die histologische bzw. zytologische Diagnosestellung, der Verwendung verschiedener Punktionsysteme und der aufgetretenen Komplikationen sein. Weiterhin ist für die interne Qualitätskontrolle von Interesse, in wieweit sich die im CT erhobenen Diagnosen kongruent zu den histopathologischen Diagnosen verhalten bzw. ob hier widersprüchliche Aussagen auftraten.

Dazu sollen die Daten von insgesamt 274 Patienten aufgearbeitet und die Ergebnisse der CT-gestützten Punktionsen und der histopathologischen Diagnosen, erbracht vom Institut für Pathologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus, ausgewertet werden.

Vergleichende Betrachtungen zu den Ergebnissen anderer Autoren in internationaler Literatur sollen den hohen Stellenwert der diagnostischen Punktionsen verdeutlichen.

2 Bildgebende Verfahren zur Unterstützung von Punktionen und verschiedene Punktionsnadeln in der Literatur

2.1 Bildgebende Verfahren

2.1.1 Durchleuchtung

Die Durchleuchtung ermöglicht die Verfolgung einer Röntgenuntersuchung auf einem Monitor mittels Bildverstärkertechnik. Röntgenquanten fallen auf einen Eingangssleuchtschirm und werden hier in Lichtphotonen umgewandelt. Diese lösen Elektronen aus der Photokathode des Eingangsschirms, die in einem elektrischen Feld von 25 kV beschleunigt werden. Sie prallen auf eine Anode auf und bewirken so eine Emission von Lichtquanten aus dem Ausgangssleuchtschirm. Der Patient wird zwischen Röntgenröhre und Bildverstärker positioniert. Der Bildverstärker wandelt die aus dem Patienten austretenden Röntgenquanten zunächst in Licht, dann in Elektronen und schließlich wieder in Licht um. Dieses Lichtsignal wird von einer Fernsehkamera an einen Monitor weitergeleitet. Auf diese Weise kann der Röntgenvorgang dynamisch verfolgt werden. Parallel besteht die Möglichkeit der Dokumentation statischer Bilder mit normalen Filmkassetten bzw. die digitale Speicherung der Bilder. Die Durchleuchtung wird als Zusatzuntersuchung zur Ergänzung von Übersichtsaufnahmen eingesetzt, insbesondere der Thoraxaufnahme, um eine bessere Lokalisation pathologischer Prozesse durch Drehung oder Lageänderung des Patienten zu ermöglichen (z. B. Klappenverkalkungen, Lungenrundherde) und um dynamische Vorgänge zu beobachten (z. B. Herzpulsationen). Sie ist elementarer Bestandteil dynamischer Untersuchungen wie der Magen-Darm-Diagnostik oder der Angiographie.

Allerdings stellt die Strahlenbelastung des Patienten und auch des Untersuchers ein wesentliches Problem dar. Röntgenstrahlung kann schädigende molekulare Veränderungen und biochemische Reaktionen im biologischen Gewebe bewirken. Deshalb kommt dem Strahlenschutz des Patienten der Rang einer wichtigen Nebenbedingung zu. Strahlenschutz kann nur soweit realisiert werden, wie es die technische Durchführung des Eingriffes zulässt. Jedoch verhalten sich optimaler Informationsgewinn und geringste Strahlendosis oft konträr zueinander. Folgende Beispiele sollen dafür genannt werden: Das für die Erkennung feiner Details im Durchleutungsbild sehr störende Bildrauschen kann nur durch eine Erhöhung der Strahlendosis verringert werden. Die zur Erzielung eines möglichst hohen Objekt-

kontrastes verwendete niederenergetische Röntgenstrahlung ist gerade deshalb so günstig, weil sie vom Körper am stärksten absorbiert wird. Die Wahrscheinlichkeit für die Wahrnehmung eines Details im Bild nimmt mit der Durchleutungszeit zu. Deshalb können optimaler Strahlenschutz des Patienten und Gewährleistung der erforderlichen Abbildungsqualität nur als Kompromiss realisiert werden. Trotzdem kommt zumindest bezüglich des Patienten dem Faktor Strahlengefährdung in der interventionellen Radiologie im Vergleich zur übrigen Röntgendiagnostik ein geringerer Stellenwert zu. Der für den Patienten erwartete Nutzen einer interventionellen Maßnahme ist vergleichsweise hoch. Er besteht im unmittelbaren therapeutischen Effekt, in der Vermeidung der meist merklich höheren Risiken chirurgischer Eingriffe oder in der Erhöhung der Zuverlässigkeit der diagnostischen Aussagen [14].

2.1.2 Sonographie

Als Ultraschall bezeichnet man Schallwellen, deren Frequenzen oberhalb des hörbaren Bereiches liegen (> 16 kHz). In der Ultraschalldiagnostik werden zur Zeit Frequenzen von 1 – 10 MHz verwendet.

Trifft eine Schallwelle auf eine Grenzfläche zwischen zwei Medien, so wird die Energie reflektiert, gebrochen, gestreut und durch das Medium absorbiert.

Reflexion:

Reflexion findet an Grenzflächen zweier Medien statt, deren Wellenwiderstand oder akustische Impedanz unterschiedlich ist. Je größer dieser Unterschied, desto größer die Reflexion. Beim Übergang von Luft in Gewebe wird ca. 99 % reflektiert. Daher benötigt man ein Kontaktgel zur Reduzierung der Reflexion. Ferner ist der Grad der Reflexion vom Einfallswinkel abhängig. Das bedeutet für den Untersucher, dass sich parallel zur Sondenoberfläche befindliche Grenzflächen heller abbilden als schräge.

Brechung:

Wenn eine Schallwelle statt senkrecht schräg auf eine Grenzfläche trifft, wird sie mit einem entsprechenden Winkel in Abhängigkeit von der Schallgeschwindigkeit beider Medien zueinander gebrochen. In der Ultraschalltechnik ist dieser Effekt

wenig relevant. Nur bei der Punktion flüssigkeitsgefüllter Organe ist er zu berücksichtigen.

Streuung:

Trifft die Schallwelle auf eine Oberfläche, deren Rauigkeit in der Größenordnung der Wellenlänge liegt oder kleiner ist, so wird die Welle ungerichtet durch Streuung reflektiert.

Da die Ultraschalltechnik hauptsächlich auf dem Effekt der Reflexion basiert, wird die Streuung als unangenehmer Effekt empfunden. Nur in der Dopplertechnik wird die Streuung ausgewertet.

Absorption:

Durchdringt eine Schallwelle ein Medium, so nimmt die Energie mit Zunahme der Eindringtiefe ab. In der Praxis wird die Dämpfung für den Hin- und Rückweg mit ca. 1 dB/cm/MHz angegeben, das heißt, bei einer Schallsondenfrequenz von 0,5 MHz hat man in 6 cm Tiefe eine Dämpfung von 30 dB. Für den Anwender bedeutet dies, dass er seine Schallsondenfrequenz nach der gewünschten Abbildungstiefe auswählen muss und einen Teil des Dämpfungseffektes mit der Verstärkungsregelung ausgleichen kann.

Die Sonde besteht aus einem Kristall (Bleizirkonattitanat), einem Dämpfungsmaterial, verschiedenen Anpassungsschichten (Matchinglayers) und einer aufgeklebten Linse aus Silikon. Damit der Kristall nicht zu lange nachschwingt und so die axiale Auflösung verschlechtert, wird er rückseitig durch ein zähes Material gedämpft, was wiederum die Empfangsempfindlichkeit reduziert. Die nach vorn austretende Schallwelle wird an den Körper weitergegeben, wobei die Matchinglayers den akustischen Widerstand beim Übergang Kristall/Körper möglichst gering halten sollen. Die Silikonlinse fokussiert den Ultraschallstrahl akustisch auf einen Fixierpunkt.

Verschiedene Schallsondenformen finden Verwendung:

- Einzelelementsonde
- Mechanische Sektorsonde
- Annular-array-Sonde
- Linearsonde
- Konvexsonde
- Minikonvexsonde
- Phased-array-Sonde

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Echoinformationen darzustellen:

A-Mode:

Amplitude-Mode ist die Bezeichnung für einen Modus, der die empfangenen Echos als Amplituden darstellt. Ihre Höhe entspricht dem Reflexionsgrad der Grenzschichten und wird auf der y-Achse dargestellt. Die x-Achse stellt die Tiefe im Körper dar.

M-Mode:

Motion-Mode stellt die zeitliche Bewegung dar. Die y-Achse stellt die Tiefe im Körper dar, die x-Achse ist eine konstante Zeitablenkung, während die z-Achse von dem A-Mode-Signal angesteuert wird. Dieses wandelt die Reflexionsgrade in Helligkeitsinformationen um. Je höher die Amplitude, desto heller der Bildpunkt. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, zeitabhängige Veränderungen der Grenzflächen darzustellen und wird hauptsächlich in der Kardiologie verwendet.

B-Mode:

Der Brightness-Mode verwendet als z-Achse das A-Mode-Signal, dessen Amplituden in Helligkeitspunkte umgewandelt werden. Die x- und y-Achsen stellen eine räumliche Zuordnung dar und erzeugen so ein Abbild eines Körperschnittes. Je nach Schallkopf ist die Form des Bildes linear oder sektorförmig [41].

Für die perkutane Punktion mit Realtimekontrolle und permanenter Sicht bieten sich drei verschiedene Wege an:

1. Die Nadel wird durch einen zentral perforierten Transducer geführt und dringt senkrecht zur Kristallfläche in die Tiefe.
2. Die Nadel kann am mechanischen oder elektronischen Sektor-Scanner von der Seite her über eine laterale Nadelhalterung in das Gesichtsfeld eingeschoben werden.
3. Die freie Punktion, und zwar nach vorheriger Markierung der Haut und nach Tiefenmessung, mit oder ohne gleichzeitige sonographische Kontrolle der Nadelspitze über einen mit der Nadel nicht mehr verbundenen, seitlich gehaltenen Transducer.

Alle Methoden bieten Vor- und Nachteile, jedoch hat sich bald herausgestellt, dass kleinere Herde in der Tiefe perkutan nur unter permanenter sonographischer Kontrolle und dauernder Sicht mit hinreichender Genauigkeit erreicht werden. Zudem kann gerade die wenig traumatisierende, sehr elastische Feinnadel nur in der Vertikalen appliziert werden, um einen Herd mit hoher Sicherheit zu treffen. Die Ver-

wendung eines zentral perforierten Transducers ist daher die einfachste und sicherste Methode mit kürzestem Punktionsweg [14].

2.1.3 Computertomographie

Die Aufgabe der CT liegt in der Erzeugung überlagerungsfreier Transversalschnitte. Wenn anatomisch möglich, können bei speziellen Fragestellungen zusätzlich Scans in koronarer Ebene dargestellt werden. In der CT wird die interessierende Körperschicht von einem eng begrenzten Röntgenstrahlenbündel in verschiedenen, in einer Ebene liegenden Projektionsrichtungen durchstrahlt. Die durch das Objekt bedingte Schwächung des Fächerstrahlenbündels wird durch Detektoren registriert. Aus einer Vielzahl von Schwächungsprofilen werden die Schwächungswerte, Hounsfieldeinheiten, der Volumenelemente ermittelt. Durch deren Umsetzung in Grautöne ist eine räumliche Darstellung der jeweiligen Körperschicht möglich. Die kleinste Einheit des Computertomogramms ist das Bildelement, das, bedingt durch die Dicke der durchstrahlten Schicht und der Detektorgröße, ein bestimmtes Gewebevolumen, Volumenelement, darstellt. Daraus ergibt sich, dass der ermittelte Dichtewert einen Mittelwert der Schwächungskoeffizienten aller in dem betreffenden Volumenelement befindlichen Gewebe repräsentiert. Das Ausmaß der Beeinflussung des Dichtewertes wird durch das Absorptionsverhalten der verschiedenen Gewebe entsprechend ihres prozentualen Volumenanteils am Volumenelement bestimmt. Dies wird als Partialvolumeneffekt bezeichnet. Die von den Detektoren ermittelten Daten können nach verschiedenen Rechenvorschriften, sogenannten Algorithmen, bearbeitet und danach in möglichst originalgetreue CT-Abbildungen umgewandelt werden. Durch diese Algorithmen, z. B. die Faltung, ist eine Detailkontrastveränderung möglich. Beim Einsatz eines glättenden Faltungskernes wird der sichtbare Dichtewert eines Bildelementes aus den Dichten des untersuchten Volumenelementes und dessen Umgebung ermittelt. Je größer der Einfluss der Umgebung wird, desto kleiner werden die Kontraste benachbarter Bildpunkte und das Bild erscheint homogener. Der kantenbetonende Algorithmus ermöglicht einen stärkeren Kontrast von Grenzstrukturen und ist bei der Abbildung von Körperregionen mit hohem Gewebekontrast, z. B. in der Lungendiagnostik, hilfreich [24].

Darüber hinaus können Kontrastmittel verabreicht werden, die insbesondere bei kritischen Punktionen in der Nähe von großen Gefäßen Anwendung finden.

Ist der entsprechende Bereich gescannt und die zu punktierende Struktur identifiziert worden, erfolgt die Planung des Zugangsweges. Nachdem am Monitor der Einstichwinkel und die Einstichtiefe elektronisch eingezeichnet werden, kann der erfahrene Arzt zumindest den Einstichwinkel auf den Patienten übertragen. Dies erfordert eine intensive Schulung und ein ausgeprägtes dreidimensionales Vorstellungsvermögen. Nach der elektronischen Einstellung am Monitor wird mit Hilfe des Positionierlichtes die Schichtebene auf den Patienten mit Filzstiftmarkierungen übertragen und die Punktionsstelle markiert. Die elektronisch vorgegebene Distanzmessung auf der Haut erfolgt sinnvollerweise anhand von markanten anatomischen Strukturen, wie z. B. den Rippen, den Processus spinosi, oder von speziellen Muskeln, wie z. B. dem M. sternocleidomastoideus. Nach vorsichtiger Oberflächenanästhesie erfolgt die Punktion mit der entsprechenden Punktionsnadel. Anhand der aufgetragenen Skalierung lässt sich die Einstichtiefe ab dem Hautniveau ermitteln. Die Richtung der Punktion kann mittels Kontrollscans überprüft werden.

Im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus wird seit 1993 der Computertomograph Somatom Plus S eingesetzt, der ein anderes CT-Gerät ablöste. Seit September 2001 ist der Computertomograph Somatom Emotion und seit Januar 2002 zusätzlich der Computertomograph Somatom Emotion Duo im Einsatz.

Das kontinuierlich drehende Röhren-Detektor-System ist die Voraussetzung für eine lückenlose Abtastung der zu untersuchenden Körperschicht. Durch den Verzicht auf Beschleunigungs- und Abbremszeiten kann die Scannzeit und damit die Gefahr von Bewegungsartefakten reduziert werden. Die mehrfache Abtastung jedes Objektdetails aus verschiedenen Richtungen wird durch das Multifan-Prinzip mit einer Flying-Focal-Spot-Röhre realisiert. Somit werden eine exakte, lückenlose Datenerfassung, eine Begrenzung von Bewegungsartefakten sowie eine Steigerung der räumlichen Auflösung ermöglicht [52].

2.1.4 Magnetresonanztomographie

Für die MRT spielen die Atome eine Rolle, die ein nach außen wirkendes resultierendes magnetisches Moment besitzen. Der wichtigste Atomkern mit einem derartigen magnetischen Moment ist der Wasserstoff, der an Sauerstoff gebunden, als Wasser in genügend großer Anzahl für eine ausreichende Signalintensität im menschlichen Körper vorhanden ist. Die zu untersuchende Person wird in dem MRT-Gerät in ein starkes statisches Magnetfeld gebracht. Dieses Magnetfeld kann entweder horizontal oder vertikal ausgerichtet sein, also in Richtung der Längsachse des Patienten oder quer dazu. In einem derartigen Magnetfeld richtet sich ein Teil der magnetischen Momente der Protonen in Richtung des Magnetfeldes (parallel) und ein anderer Teil in entgegengesetzter Richtung (antiparallel) aus, wobei ein leichter Überschuss an parallel ausgerichteten Momenten entsteht, den man als Magnetisierung bezeichnet. Diese Magnetisierung ist proportional zur magnetischen Flussdichte B . Mittels eines von außen gepulst eingestrahlten hochfrequenten elektromagnetischen Feldes, von dem aber nur der magnetische Anteil Verwendung findet (Anregungsimpuls), und das senkrecht zum statischen Magnetfeld gerichtet ist, werden die Protonen aus ihrer ursprünglichen Richtung ausgelenkt. Somit kann die ursprüngliche Längsmagnetisierung verkleinert, ausgelöscht oder sogar umgepolt werden. Dabei entsteht eine Querkomponente der Magnetisierung. Die Frequenz für dieses hochfrequente Feld ist an die Flussdichte des statischen Magnetfeldes gebunden und beträgt $42,58 \text{ MHz/Tesla}$, sie wird auch als Larmor-Frequenz bezeichnet. Nur bei dieser Frequenz lassen sich die Spins (Protonen) überhaupt auslenken, was auf ihr Resonanzverhalten zurückzuführen ist. Die Auslenkung der Spins (Protonen) kann, je nach eingestrahlter Energie, unterschiedlich groß sein (Amplitude des Anregungsimpulses) und wird gezielt und definiert eingesetzt. Nach Abschalten des Anregungsimpulses kehren die Spins der Protonen in ihre ursprüngliche Ausrichtung zurück, sie relaxieren. Während dieser Relaxation verlieren sie die bei der vorherigen Anregung zugeführte Energie, indem sie diese in Form von elektromagnetischen Signalen abstrahlen. Der magnetische Anteil dieser abgestrahlten Signale wird in einer Empfängerspule registriert und trägt nach weiterer Verarbeitung zur Bildgebung oder anderer Informationsgewinnung bei. Durch unterschiedliche Relaxation in verschiedenen Geweben entstehen Kontraste zwischen verschiedenen Gewebearten

oder zwischen gesundem und Tumorgewebe. Diese Relaxation verläuft in erster Näherung exponentiell und wird daher durch ihre Zeitkonstante T_1 charakterisiert. Beispielsweise weist die graue Hirnsubstanz T_1 -Werte um 900 Millisekunden auf, während sie bei der weißen Hirnsubstanz bei 500 Millisekunden liegen. Die Spin-Spin-Relaxation bezeichnet die Abnahme der Quermagnetisierung und wird durch die Zeitkonstante T_2 charakterisiert. Diese Relaxation ist erheblich schneller als die Spin-Gitter-Relaxation, da die in die Querebene ausgelenkten Spins in sehr starke Wechselwirkung mit den anderen Spins treten und die resultierende Quermagnetisierung schneller abnehmen lassen. Diese Wechselwirkung mit anderen Spins ist ebenfalls gewebeabhängig, sodass auch hier Kontraste zwischen verschiedenen Geweben zu gewinnen sind. Die erzeugten und anschließend empfangenen Signale müssen natürlich innerhalb des Patienten räumlich zugeordnet werden, um die erwünschte Bildgebung zu ermöglichen. Dies geschieht durch ein zeitlich genau definiertes Einschalten von zusätzlichen linearen Gradienten-Magnetfeldern in allen drei Raumrichtungen. Durch gleichzeitiges Einschalten eines solchen Gradienten senkrecht zur gewünschten Bildebene und Einstrahlen eines speziell geformten Anregungsimpulses werden nur die Spins innerhalb der gewählten Schicht angeregt.

Bilderzeugung:

Nach jeder einzelnen (selektiven) Anregung einer bestimmten Schicht werden die in x-Richtung frequenzkodierte Signale aus allen Bildelementen empfangen. Nach jeder derartigen Anregung wird eine andere Phasenkodierung in y-Richtung vorgenommen. Auf diese Weise werden Signale aus allen Bildpunkten, also Pixeln, einer Schicht empfangen. Jede MRT-Untersuchung beginnt immer mit einer schnellen Orientierungsaufnahme (Localizer). Mit Hilfe dieser Bilder werden dann die folgenden Untersuchungen geplant. Nach Feststellung entsprechender pathologischer Veränderungen kann ein Kontrastmittel verabreicht werden. Generell ist die MRT aufgrund der hohen Kontraste von Weichteilen besonders für den Nachweis tumoröser, entzündlicher und traumatischer Erkrankungen geeignet [35].

Auch unter MRT-Kontrolle lassen sich diagnostische Punktionen durchführen. Der Vorteil ist die hohe Detailgenauigkeit gerader tumoröser Erkrankungen und die fehlende Strahlenbelastung. Der Nachteil besteht darin, dass diese Untersuchung wegen der starken Magnetfelder Patienten mit Metallimplantaten, wie z. B. Endoprothesen oder etwa Herzschrittmachern, nicht zugänglich gemacht werden

kann. Auch müssen nicht-magnetische Punktionssysteme verwendet werden. Daneben kann man Patienten mit Klaustrophobie, zumindest in einem geschlossenen MRT, nicht untersuchen, da man Untersuchungszeiten von 30 - 40 Minuten erreicht. Zudem gestaltet sich die Punktionstechnik hier als kompliziert, da der Patient zur Kennzeichnung des Punktionsweges und zur Punktionkontrolle mehrmals in und aus der Röhre bewegt werden muss. Hier wären offene oder halboffene MRT-Geräte besser geeignet. Diese sind jedoch wegen der Kosten und der damit geringen Verbreitung für Standarduntersuchungen nicht flächendeckend vorhanden.

2.2 Punktionssnadeln

Unterschieden wird zwischen Feinnadelaspirationsbiopsien und Stanzbiopsien. Bei Verwendung von Feinnadeln soll das Gewebe möglichst aus dem Randbereich des Tumors aspiriert werden, weil sich im Gegensatz zum oft zentral nekrotischen Bereich hier die zur Differenzierung wichtigen vitalen Tumorzellen befinden. Nach Einsaugen von Zellmaterial in die Nadelspitze wird diese ohne weiteren Sog aus dem Herdbefund zurückgezogen, um die Gefahr der Tumorverschleppung durch Einsaugen in den Punktionsskanal zu vermindern. Zur zytologischen Untersuchung wird das gewonnene Material auf einen Objektträger aufgebracht und unter sanftem Druck durch einen zweiten Objektträger dünn ausgestrichen. Zufällig gewonnene Gewebepartikel von ausreichender Größe können histologisch aufgearbeitet werden. Entsprechend der erwarteten Tumorformation erfolgen die jeweilige Färbung und die entsprechende Fixierung (Lufttrocknung oder Alkoholfixierung). In alkoholfixierten Ausstrichpräparaten sind Zellkernstrukturen besser differenzierbar, in luftgetrockneten Ausstrichen Zytoplasma und extrazelluläre Substanzen. Das Vorgehen muss mit dem Pathologischen Institut abgesprochen werden. Wenn das zytologische Ergebnis keine ausreichende Differenzierung zulässt oder kein repräsentatives Material vorliegt, muss ein zweiter Punktionssversuch oder eine Stanzbiopsie mit histologischer Aufarbeitung durchgeführt werden. Wenn ein infiziertes Areal angenommen wird, kann für die bakteriologische Untersuchung ein Ausstrichpräparat nach Gram gefärbt werden. Weil sich aus infizierten Arealen jedoch meist genügend putrides Material aspirieren lässt, sollte dar-

aus eine genaue bakteriologische Differenzierung eventuell mit Anlage von Kulturen durchgeführt werden.

Stanzbiopsien können durch zwei unterschiedliche Verfahren gewonnen werden. Die Sure-cut-Nadeln (14 - 27 gg.) gewinnen das Biopat durch Erzeugen eines Unterdruckes der Nadel. Nach Entfernen des Mandrins in der Zielregion wird durch Zurückziehen des Kolbens ein Unterdruck erzeugt und dadurch der Gewebezylinder aus dem Verband herausgelöst. Danach wird dieser vorgegebene Sog durch Arretierung des Spritzenkolbens erhalten und die Nadel zurückgezogen. Nach Lösen der Arretierung wird der Gewebezylinder aus der Nadel herausgedrückt. Nach dem gleichen Prinzip, jedoch mit unterschiedlich angeschliffenen Nadeln, arbeiten die Greene-Nadeln sowie die Otto-Nadeln. Die Otto-Nadel enthält zwei schneideartige Zähne, die mit einer Drehbewegung das Biopat abschneiden.

Im Gegensatz zum Vakuumprinzip beim Sure-cut-System wird bei der Tru-cut-Nadel das Biopat in einer in die Nadel eingelassene Biopsiekammer, die geöffnet und geschlossen wird, geborgen. Das System wird geschlossen in den Körper eingeführt, in der Zielregion wird die Nadel ausgefahren, indem der innere Teil, der Mandrin, nach vorne geschoben wird. Das Gewebe gleitet in die Aussparung im Mandrin (Biopsiekammer). Danach wird die Nadelhülse der Biopsienadel über die Biopsienadel geschoben und das sich in der Biopsiekammer befindliche Gewebe durch die Kante der äußeren Nadelhülse abgetrennt. Geschlossen wird die Nadel zurückgezogen und das Gewebe aus der Biopsiekammer entnommen. Herkömmliche Tru-cut-Nadeln sind in einer Stärke von 14 - 18 gg. lieferbar. Sowohl für die Stanzbiopsien mit Sure-cut-Nadel als auch mit Tru-cut-Nadeln wurden Punktionspistolen in verschiedenen Ausführungen entwickelt. Der beschriebene Vorgang zur Biopatgewinnung wird über einen ausgelösten Mechanismus in hoher Geschwindigkeit durch die Biopsiepistole durchgeführt. Dadurch lassen sich gut verwertbare Punktionszylinder schneiden. Der Biopsievorgang lässt sich mit der Biopsiepistole einhändig und exakter in der Zielregion durchführen als manuell (herkömmliche Tru-cut-Nadel). Durch Sure-cut-Nadeln (Endschnittpistolen mit Vakuumsaugen des Stanzmaterials) lassen sich breitere Stanzzyylinder gewinnen als in der ausgesparten Biopsiekammer (Side-notch-Technik) der Tru-cut-Nadel. Andererseits lassen sich, insbesondere bei harter Gewebekonsistenz (Verkalkungen) und sehr weicher Gewebekonsistenz (gallertartige Tumoren), nach dem Va-

kuumprinzip die Gewebepartikel schlecht herauslösen und z. T. unvollständig bergen, es besteht die Gefahr der Tumorverschleppung. Diese wird in der Side-notch-Technik (Tru-cut-Nadel) verhindert, technisch bedingt ist jedoch der in der Biopsiekammer befindliche Stanzzylinder schmäler als der Nadeldurchmesser. Eine neuartige Biopsiepistole (BioPince) versucht, die Vorteile der Sure-cut-Nadel und der Tru-cut-Nadel miteinander zu verbinden und die Nachteile des jeweiligen Verfahrens zu vermeiden. Nach Platzierung der Nadel im Zielgebiet wird eine Schneidnadel durch Auslösen der Biopsiepistole mit Hilfe eines Mandrins über eine definierte Länge ausgefahren, die einen Gewebezylinder in ihr Lumen einstanzt. Darauf folgend wird durch die Biopsiepistole entlang der Nadel eine Feder ausgefahren, die an der Spitze einhakt und den Stanzzylinder in der Nadel ohne Vakuumsystem festhält. Das Bioptat wird im geschlossenen System entfernt. Die gewonnenen Gewebeproben besitzen die Größe des gesamten Nadeldurchmessers und die Feder verhindert die Tumorverschleppung sowie Biopsieversuche, bei denen kein Gewebe erhalten wird [48].

Die Wahl der Nadel richtet sich nach der Größe des zu punktierenden Areals und dem Risiko des Zugangsweges.

Als Beispiele für verwendbare Punktionsnadeln seien genannt:

1. Grobnadeln:

- Tru-cut-Nadel
- Menghini-Nadel
- Knochenstanznadel
- Otto-Nadel
- Greene-Nadel
- BioPince-Nadel

2. Feinnadeln:

- Vacu-cut nach Köhler
- Chiba-Nadel mit Mandrin
- Lumbalpunktionskanüle

Zunächst wurden aufgrund der niedrigen Komplikationsrate Aspirationsbiopsien mit Feinnadeln durchgeführt. Üblicherweise ist hiermit nur eine Dignitätsbeurtei-

lung möglich. Eine histologische Klassifizierung eines Tumors und eine verlässliche Einordnung benigner und maligner Läsionen sind dagegen problematisch. Eine histologische Auswertung des mittels Feinnadel gewonnenen Materials ist nur in etwa 40 % - 70 % der Fälle möglich. Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die durch 18 gg. Nadeln gewonnenen Gewebezylinder etwa vier- bis fünfmal mehr Material enthalten als solche, die mit 22 gg. Nadeln entnommen worden sind. ERLEMANN et al. [7] beschreiben bei Punktionen der Lunge an 149 eigenen Patienten eine diagnostische Treffsicherheit von 68,4 % mittels FNAB und 86,7 % mit Hilfe einer 18 gg. Stanzbiopsie.

2.3 Allgemeine Anforderungen an eine Punktionsnadel

Praktisch alle Organbereiche lassen sich mittels Punktion erreichen, um Zell- bzw. Gewebematerial zu gewinnen. Diagnostische Vorteile lassen sich häufiger durch die Verwendung von Stanz- oder Schneidbiopsien weitlumigerer Systeme erreichen. In Abhängigkeit von der zu punktierenden Organregion können hierbei jedoch Risiken auftreten (z. B. Blutungen, Pneumothoraces), die durch eine gute Punktionsplanung minimiert werden können.

Einen wesentlichen Beitrag hierzu liefert die Punktionsnadel selbst. Um eine optimale Gewebeausbeute bei gleichzeitig minimalem Risiko zu erzielen, müssen die Punktionsysteme bestimmte Anforderungen erfüllen. Hierzu zählen eine gewisse Richtungsstabilität, um auch in tief liegenden Regionen das Zielgebiet sicher und genau erreichen zu können und eventuelle Korrekturen zu ermöglichen. Zudem müssen die Punktionsnadeln über eine entsprechende cm - Markierung verfügen, um die errechnete Eindringtiefe bestimmen zu können. Je nach verwendetem bildgebenden Verfahren ist eine entsprechend gute Echogenität notwendig.

Weiterhin besteht generell das Problem der Tumorzellverschleppung durch den Stichkanal, die durch Systeme mit Biopsiekammer (z. B. BioPince) weitgehend verhindert werden kann.

3 Material und Methoden

3.1 Material

Im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus wurden vom 01.01.1992 bis 31.12.2002 insgesamt 274 Patienten CT-gestützt punktiert, zwölf von ihnen zweimal, sodass im Beobachtungszeitraum insgesamt 286 Punktionen betrachtet werden konnten.

Hierbei handelte es sich um 86 Frauen (31,4 %), von denen sechs zweimal punktiert wurden und 188 Männer (68,6 %), von denen ebenfalls sechs eine wiederholte Punktion erfahren haben.

Zudem wurden im Beobachtungszeitraum verschiedene Nadeltypen verwendet. Eine Übersicht hierzu zeigt Tabelle 1.

Tabelle1: Anzahl der Punktion und der Geschlechtsverteilung je Berichtsjahr mit zugeordnetem Punktionssystem (die Biopsie-Kanüle 1,2 x 150 mm entspricht ca. 17 gg. Außendurchmesser, die Biopsie-Kanüle 0,8 x 150 mm entspricht ca. 20 gg. Außendurchmesser)

Jahr	Zahl der Punktionen		Nadel-Typ
	Frauen	Männer	
1992	2	9	Biopsie-Kanüle 1,2 x 150 mm
1993	11	13	Biopsie-Kanüle 0,8 x 150 mm
1994	7	13	Auto-Vac-System 18 gg.
1995	13	13	Auto-Vac-System 18 gg.
1996	16	13	Auto-Vac System 18 gg.
1997	5	22	Auto-Vac-System 18 gg.
1998	5	17	Auto-Vac-System 18 gg.
1999	15	34	BioPince-System 18 gg.
2000	5	23	BioPince-System 18 gg.
2001	3	12	BioPince-System 18 gg.
2002	10	25	BioPince-System 18 gg.

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 11 Jahren wurden folgende Organsysteme von erfahrenen Radiologen punktiert:

- Thorax
- Leber
- Retroperitoneum und Becken
- Pankreas
- Skelett
- Mediastinum
- Nieren und Nebennieren
- Weichteile

Hierzu ist in der Tabelle 2 die Gesamtzahl der Punktionen für das entsprechende Organsystem dargestellt.

Tabelle 2: Anzahl der Punktionen für jedes Organsystem im gesamten Berichtszeitraum

Organsystem	Zahl der Gesamtpunktionen
Thorax	102
Leber	57
Retroperitoneum und Becken	46
Pankreas	43
Skelett	16
Mediastinum	13
Nieren und Nebennieren	7
Weichteile	2

Anlass zur Punktion war die Gewebegewinnung zur histologischen Diagnostik unklarer Raumforderungen. Therapeutische Punktionen, z. B. im Rahmen einer Drainage bei Abszedierungen oder die Facetteninfiltration bei Wirbelsäulenerkrankungen, wurden hier nicht berücksichtigt.

Im Bereich des Thorax war der Verdacht auf ein Bronchialkarzinom die häufigste diagnostische Fragestellung des hier untersuchten Patientengutes. Außerdem erfolgte bei einem Teil der Patienten eine diagnostische Punktion zur Primärtumor-suche bei multiplen pulmonalen Metasten.

Bei den Patienten mit unklaren Raumforderungen im Bereich der Leber lag entweder der Verdacht auf ein primäres Leber- oder Cholangiokarzinom vor, häufiger bestand jedoch der Verdacht auf Metastasen bei unklarem Primärtumor.

Im Bereich des Beckens bzw. des Retroperitoneums waren bildmorphologische Hinweise auf Lymphome, maligne gynäkologische Erkrankungen oder auf Rezidive von Malignomen (z. B. Rektum-Karzinom) Anlass für eine Punktion.

Entsprechende klinische Symptomatik bzw. Auffälligkeiten bei bildgebenden Verfahren im Bereich des Pankreas waren bei den Patienten verdächtig auf ein Pankreaskarzinom, häufig im Gebiet des Pankreaskopfes. Nicht selten führten jedoch auch entzündliche Veränderungen nach stattgehabter Pankreatitis zu punktionsbedürftigen Befunden.

Punktionen im Bereich des Skelettes waren bei den hier untersuchten Patienten eher selten erforderlich. Sind waren Folge einer entsprechenden klinischen Symptomatik und röntgenmorphologischem Verdacht auf eine Osteolyse bei maligner Grunderkrankung (z. B. Mamma-Karzinom). Sie dienten oftmals auch der Primärtumorsuche.

Im Bereich des Mediastinums erfolgten die Punktionen bei dem hier betrachteten Patientengut infolge unklarer Raumforderungen, häufig bei Verdacht auf Lymphome.

Raumforderungen der Nieren oder Nebennieren müssen mittels Punktion abgeklärt werden, wenn bildgebende Verfahren zu keiner sicheren Diagnostik führen. Bei den hier betrachteten Patienten bestand der Verdacht auf Nieren- bzw. Nebennierenmetastasierung.

CT-gestützte Weichteilpunktionen waren sehr selten und dienten in den hier genannten Fällen der diagnostischen Sicherung eines unklaren Schilddrüsen-Tumors bzw. einer supraclavikulären Raumforderung.

3.2 Retrospektive Auswertung

Über einen Beobachtungszeitraum von 11 Jahren wurden im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus an 274 Patienten insgesamt 286 Punktionen CT-gestützt durchgeführt. In einer retrospektiven Betrachtung wurden die Daten unter mehreren Gesichtspunkten analysiert. Einerseits war die Qualität des

gewonnenen Materials für die histologische bzw. zytologische Auswertung von Interesse. Andererseits sollte eine Aussage über die Komplikationshäufigkeit bei Verwendung unterschiedlicher Punktionssysteme getroffen werden.

3.3 Statistik

Zu den wichtigsten Aufgaben der beurteilenden Statistik gehört es zu prüfen, ob eine Stichprobe repräsentativ für die Gesamtmenge ist, d.h., ob sie hinreichend genaue Angaben über die Gesamtmenge zulässt. Es ist einsichtig, dass die durch eine Stichprobe gewonnene Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Zufallsvariable mit ihrer wahren Verteilung in der Grundgesamtheit umso besser übereinstimmt, je größer der Umfang der Stichprobe ist. Um über die Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Zufallsvariablen eine Aussage machen zu können, testet man eine Vermutung, die man Hypothese nennt. Dabei muss das Testverfahren festgelegt sein [3,61].

Der Binomialtest

Dieser Test wird dann verwendet, wenn bei einer Stichprobe entweder ein Zustand vorliegt oder eben nicht, z. B. Kopf oder Zahl bei Münzwurf.

Bei den Punktionen gibt es entweder eine Komplikation ($x_i = 1$) oder keine ($x_i = 0$) bzw. eine Fehlpunktion ($y_i = 1$) oder nicht ($y_i = 0$).

Bezeichnet man mit P_1 und P_2 die relativen Häufigkeiten der unterschiedlichen Merkmale in den Stichproben, die den Umfang n_1 bzw. n_2 aufweisen, dann ist die Prüfgröße

$$Z = (P_1 - P_2) / \text{Wurzel} \{P * (1 - P) * (n_1 + n_2) / (n_1 * n_2)\}$$

für diesen Test anzuwenden, wenn n_1 und n_2 sehr groß sind (mind. > 100). Aufgrund dieser Bedingung, ist der Binomialtest nicht für Biopsie-Kanüle 0,8 mm und 1,2 mm anwendbar.

n_1 ... Stichprobenumfang von Auto-Vac

n_2 ... Stichprobenumfang von BioPince

$P_1 = (\text{Anzahl der auftretenden Komplikationen (Fehlpunktionen) von Auto-Vac}) / n_1$

$P_2 = (\text{Anzahl der auftretenden Komplikationen (Fehlpunktionen) von BioPince}) / n_2$

$P = (n_1 \cdot P_1 + n_2 \cdot P_2) / (n_1 + n_2)$ gemeinsames arithmetisches Mittel für Auto-Vac und BioPince

Allgemeines Vorgehen zur Durchführung eines Tests

1. Ermittlung der Stichprobe
2. Aufstellen der Hypothese
3. Bestimmen des Fehlers

Entscheidung	Wahrer Zustand	
	H_0 trifft zu	H_0 trifft nicht zu
H_0 wird nicht abgelehnt	Richtige Entscheidung	β -Fehler (Fehler 2. Art)
H_0 wird abgelehnt	α -Fehler (Fehler 1. Art)	Richtige Entscheidung

α heißt Irrtumswahrscheinlichkeit, $1-\alpha$ statistische Sicherheit

Das Ziel ist es, das Testverfahren so zu konzipieren, dass die Wahrscheinlichkeit für den α -Fehler und auch die für den β -Fehler in vertretbaren Grenzen gehalten werden. Als Nullhypothese sollte diejenige Annahme festgelegt werden, der die größere Bedeutung zukommt.

4. Festlegen der Entscheidungsregel
5. Durchführen des Tests und Entscheidungsfindung

Der Fisher-exact-Test

Dieser Test ist bei kleinen Fallzahlen (Einzelwerte kleiner fünf) anwendbar, d. h. in dem hier dargestellten Fall, dass die Anzahl der auftretenden Komplikationen bzw. Fehlpunktionen kleiner als fünf ist (trifft für die Biopsie-Kanüle 1,2 mm und 0,8 mm zu). Mit Hilfe dieses Tests ist es möglich, den P-Wert (Signifikanzniveau zwischen H_0 ablehnen und H_0 annehmen) zu ermitteln. Ist z. B. $P = 0,05$, so kann die Nullhypothese H_0 mit einem Signifikanzniveau von 5 % abgelehnt werden.

Beim "exakten Test" nach Fisher lautet die Nullhypothese X und Y sind unabhängig, d.h., Nadeltyp und Komplikationen bzw. Nadeltyp und Fehlpunktionen stehen in keinem Zusammenhang.

Zuerst wird eine Vierfeldertafel aufgestellt.

Tabelle 3: Darstellung einer Vierfeldertafel mit Variablen

	Merkmal		Zeilensummen
	+	-	
Stichprobe 1	a	b	a + b = N1
Stichprobe 2	c	d	c + d = N2
Spaltensummen	a + c	b + d	N

Diese wird dann durch das Vertauschen von Zeilen und Spalten solange umgestellt bis das Produkt der Hauptdiagonale das kleinstmögliche ist. Zudem muss auch noch das kleinste Element dieser Diagonale links oben stehen.

Der P-Wert berechnet sich dann wie folgt:

$$P = \frac{(a+b)! * (c+d)! * (a+c)! * (b+d)!}{N!} * \text{Summe}$$

$$\text{Summe} = \frac{1}{a! * b! * c! * d!} + \frac{1}{a''! * b''! * c''! * d''!}$$

4 Ergebnisse

4.1 Organbiopsien

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Punktionen für jeden Organbereich einzeln dargestellt. Für den Beobachtungszeitraum von 11 Jahren sind hierbei insgesamt 286 CT-gestützte Punktionen bei 274 Patienten betrachtet worden. Zur besseren Veranschaulichung ist für jeden Organbereich beispielhaft eine Abbildung dargestellt.

4.1.1 Thoraxbiopsie (Lunge – Pleura)

Im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus wurden im Beobachtungszeitraum von 1992 bis 2002 insgesamt 102 CT-gestützte Thoraxpunktionen durchgeführt.

Tabelle 4: Anzahl der Thoraxpunktionen je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	1	2	8	7	9	16	7	22	14	6	10

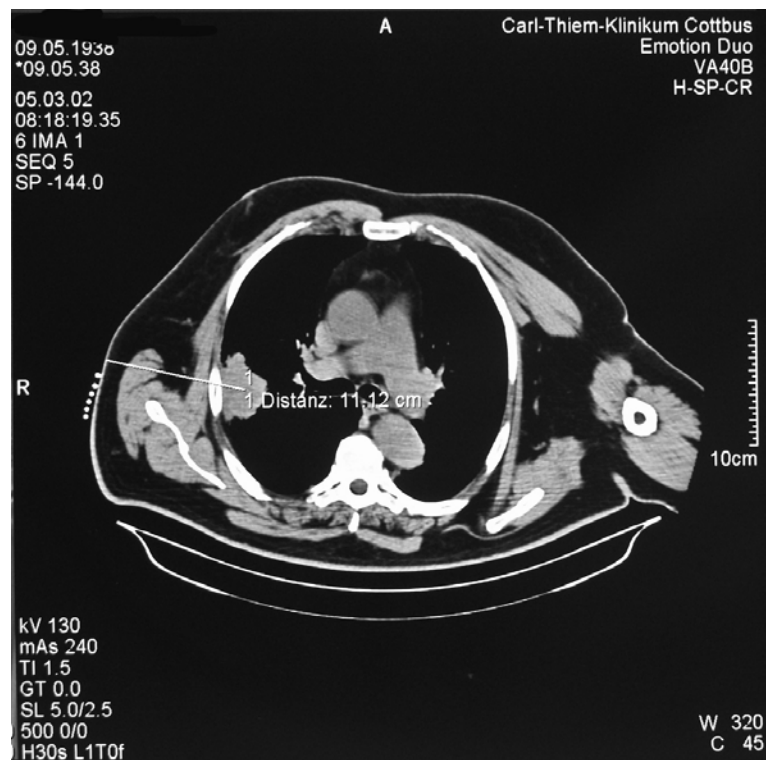


Abbildung 1: Lungenbiopsie, 63-jähriger Patient, tumoröse Raumforderung rechter Thorax

4.1.2 Mediastinum und Hilus

Im Beobachtungszeitraum von 11 Jahren wurden insgesamt 13 CT-gestützte Punktionen des Mediastinums durchgeführt.

Tabelle 5: Anzahl der Punktionen des Mediastinums je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	1	3	0	0	2	0	2	0	5	0	0

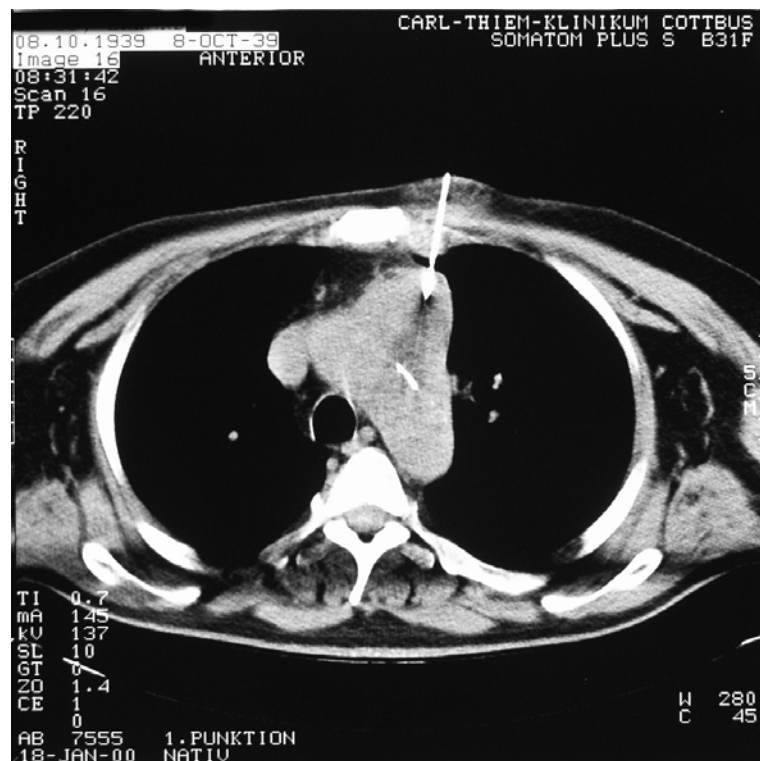


Abbildung 2: Punktion des Mediastinums, 60-jähriger Patient, Zugang von ventral-parasternal, tumoröse Raumforderung

4.1.3 Leber

Insgesamt 57 CT-gestützte Leberpunktionen wurden im Beobachtungszeitraum von 1992 bis 2002 im Institut für Radiologie durchgeführt.

Tabelle 6: Anzahl der Leberpunktionen je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	2	7	5	4	3	4	3	9	3	5	12

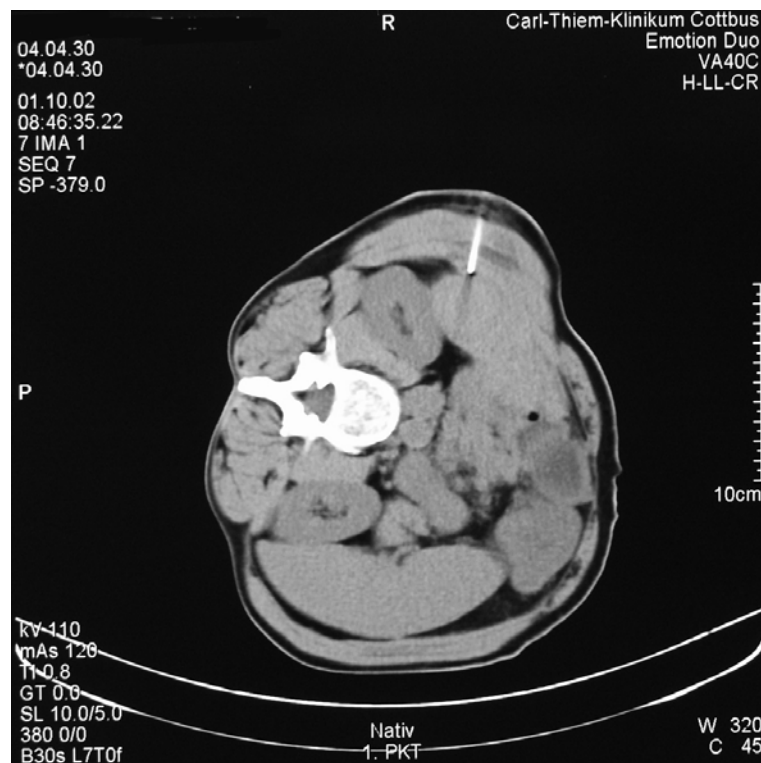


Abbildung 3: Leberpunktion in Linksseitenlage, 72-jährige Patientin mit Verdacht auf Lebertumor

4.1.4 Skelett

Von 1992 bis 2002 wurden im Institut für Radiologie insgesamt 16 CT-gestützte Skelettpunktionen, insbesondere der Wirbelkörper und des Os sacrum, durchgeführt.

Tabelle 7: Anzahl der Skelettpunktionen je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	0	2	0	1	6	2	3	1	0	1	0

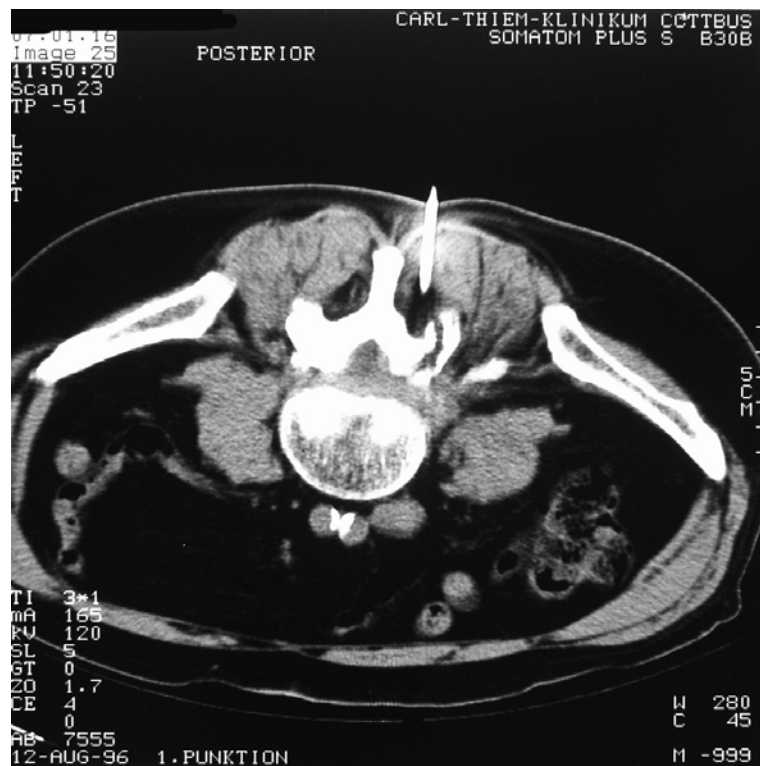


Abbildung 4: Punktion eines Lendenwirbelkörpers, 80-jähriger Patient, Verdacht auf Knochenmetastasierung

4.1.5 Pankreas

Im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus wurden im Beobachtungszeitraum von 1992 bis 2002 insgesamt 43 CT-gestützte Pankreaspunktionen durchgeführt.

Tabelle 8: Anzahl der Pankreaspunktionen je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	4	7	5	2	4	1	4	10	1	1	4

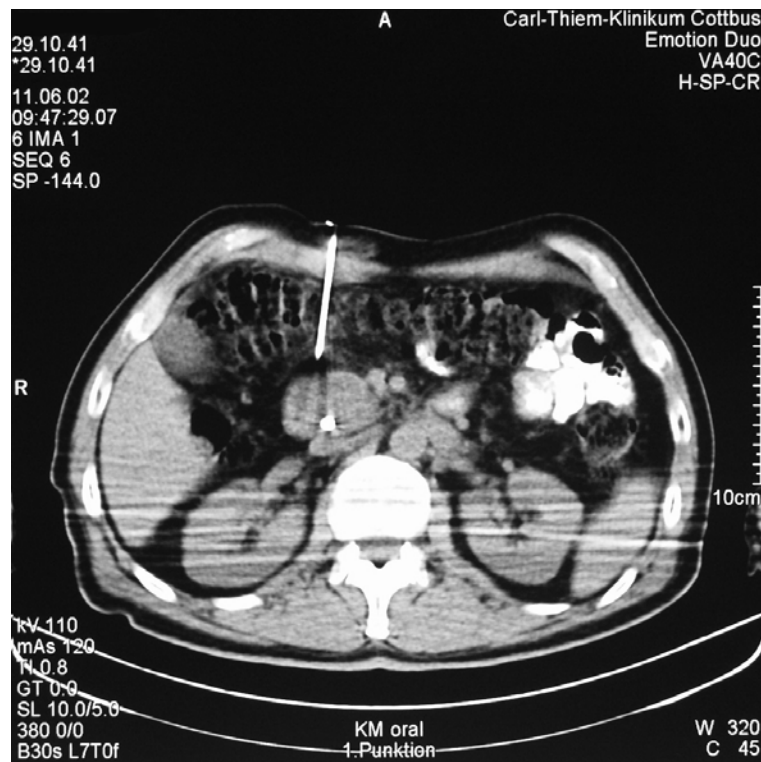


Abbildung 5: Pankreaspunktion, 60-jähriger Patient, Verdacht auf Pankreaskopfkarcinom

4.1.6 Nieren und Nebennieren

CT-gestützte Nieren- und Nebennieren-Punktionen wurden im Beobachtungszeitraum von 1992 bis 2002 insgesamt sieben mal im Institut für Radiologie durchgeführt.

Tabelle 9: Anzahl der Nieren- und Nebennierenpunktionen je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	2	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1

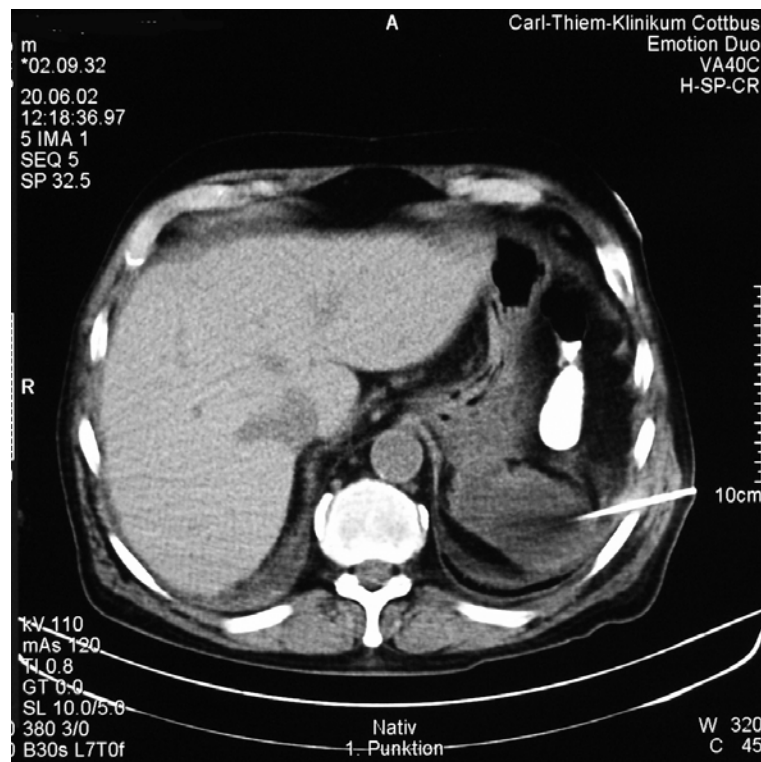


Abbildung 6: Nierenpunktion links, 69-jähriger Patient, Verdacht auf Nierenkarzinom links

4.1.7 Retroperitoneum und Becken

Im Institut für Radiologie wurden im Beobachtungszeitraum von 11 Jahren insgesamt 46 CT-gestützte Punktionen des Retroperitoneums und des Beckens durchgeführt.

Tabelle 10: Anzahl der Punktionen des Retroperitoneums und des Beckens je Berichtsjahr

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Anzahl	1	3	2	11	5	4	2	6	3	1	8

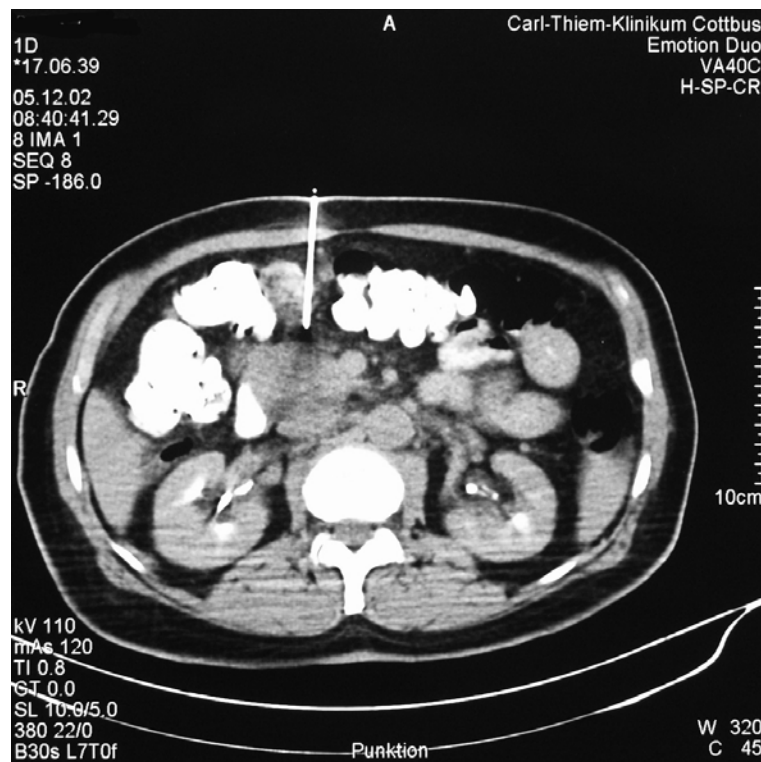


Abbildung 7: Punktion des Retroperitoneums von ventral, 63-jähriger Patient, Darstellung von Kontrastmittel i.v. und oral, großzelliges Non-Hodgkin-Lymphom unterhalb des Pankreaskopfes

4.2 Komplikationen bei CT-gestützten Punktionen unter Berücksichtigung verschiedener Punktionssysteme

Im Beobachtungszeitraum von 11 Jahren wurden im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus unter diesem Aspekt insgesamt 286 Punktionen betrachtet, die mit verschiedenen Punktionssystemen durchgeführt wurden.

Die Punktionskomplifikationen wurden zunächst unabhängig von der Schwere für jedes Jahr in Prozent errechnet und in Tabelle 11 aufgelistet.

Tabelle 11: Darstellung der Gesamtzahl an Punktionen, Komplikationen sowie der prozentualen Verteilung im Berichtszeitraum

Jahr	Gesamtpunktionen	Komplikationen	Komplikationen in %
1992	11	0	0
1993	24	1	4,17
1994	20	1	5,00
1995	26	4	15,38
1996	29	3	10,34
1997	27	1	3,70
1998	22	2	9,09
1999	49	9	18,37
2000	28	7	25,00
2001	15	1	6,67
2002	35	5	14,29

Nachfolgend wurden die Punktionskomplifikationen in vier Schweregrade unterteilt und nach der Beschreibung des Durchführenden bzw. der CT-Dokumentation zugeordnet. Hieraus ergeben sich für den gesamten Beobachtungszeitraum neun leichte Komplifikationen, 25 mittelschwere Komplifikationen, keine schwere oder sehr schwere Komplikation. Eine Übersicht hierzu zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12: Anzahl der Punktionskomplifikationen geordnet nach Schwere und Berichtsjahren

Jahr	Leichte Komplikation	Mittelschwere Komplikation	Schwere Komplikation	Sehr schwere Komplikation
1992	0	0	0	0
1993	0	1	0	0
1994	0	1	0	0
1995	0	4	0	0
1996	0	3	0	0
1997	0	1	0	0
1998	2	0	0	0
1999	5	4	0	0
2000	2	5	0	0
2001	0	1	0	0
2002	0	5	0	0

Die leichten Komplifikationen bestanden überwiegend aus Schmerzäußerungen, die unmittelbar im Zusammenhang mit der Punktion standen.

Die mittelschweren Komplifikationen setzen sich aus

- 15 Mantelpneumothoraces und
- 10 Blutungen

unterschiedlicher Intensität zusammen, die jedoch nie therapiepflichtig waren.

Im Vorfeld wurden als schwere Komplifikationen therapiepflichtige Blutungen, therapiepflichtige Pneumothoraces bzw. Volumen- oder Blutersatztherapie definiert. Ebenso wäre eine Einstufung in diese Kategorie erfolgt, wenn punktionsbedingt eine intensivmedizinische Betreuung erforderlich gewesen wäre.

Die sehr schweren Komplifikationen wurden als letaler Ausgang in unmittelbarem Zusammenhang mit der Punktion definiert.

Zur besseren Veranschaulichung sind die Komplikationshäufigkeiten pro Jahr in Prozent in Diagramm 1 dargestellt.

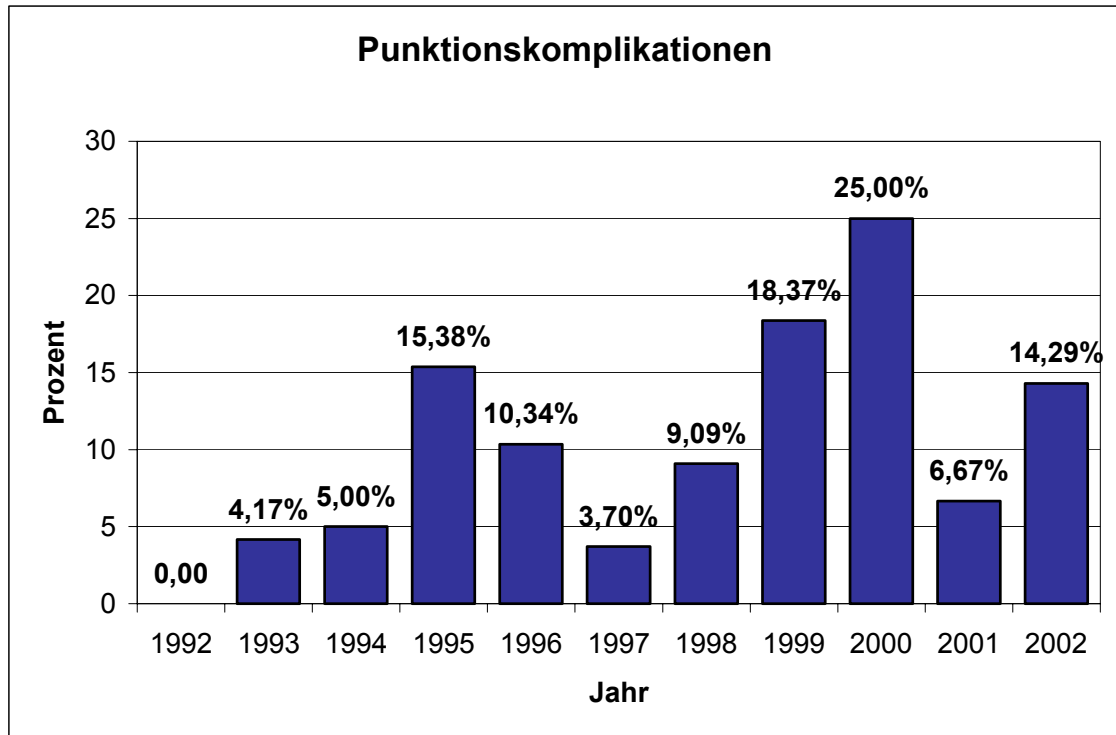


Diagramm 1: Punktionskomplifikationen unabhängig von der Schwere in Prozent für jedes Berichtsjahr

Im Beobachtungszeitraum wurden unterschiedliche Punktionsysteme verwendet. Die Biopsie-Kanülen 1,2 mm x 150 mm bzw. 0,8 mm x 150 mm wurden jeweils nur ein Jahr (1992 bzw. 1993) angewandt, während das Auto-Vac-System der Firma Angiomed über fünf Jahre (1994 – 1998) und das BioPince-System der Firma Pflugbeil in den letzten vier Jahren (1999 – 2002) verwendet wurden. Die durchschnittliche Komplikationshäufigkeit für jedes System ist in Diagramm 2 dargestellt.

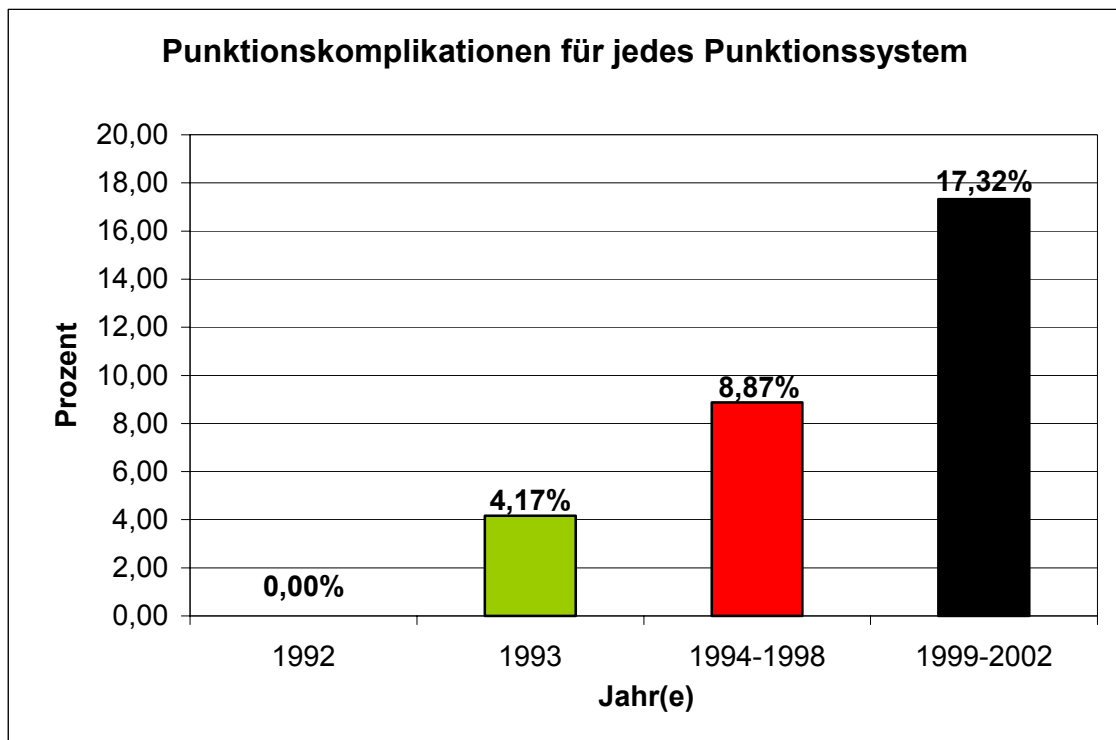


Diagramm 2: Punktionskomplifikationen in Prozent, Durchschnittswerte für jedes System im jeweiligen Verwendungszeitraum

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ■ Biopsiekanüle 1,2 mm x 150 mm | ■ Biopsiekanüle 0,8 mm x 150 mm |
| ■ Auto-Vac-System | ■ BioPince-System |

4.3 Fehlpunktionen

Im Beobachtungszeitraum wurden insgesamt 286 Punktions an 274 Patienten durchgeführt. Davon waren 119 maligne Diagnosen (41,6 %) und 136 benigne Diagnosen (47,6 %). In 31 Fällen (10,8 %) ließ sich bei der Punktion nur ungenügend Zellmaterial gewinnen, sodass eine genaue histopathologische Diagnose nicht erstellt werden konnte. Diese wurden als Fehlpunktionen interpretiert und sind in den Diagrammen 3 und 4 dargestellt:

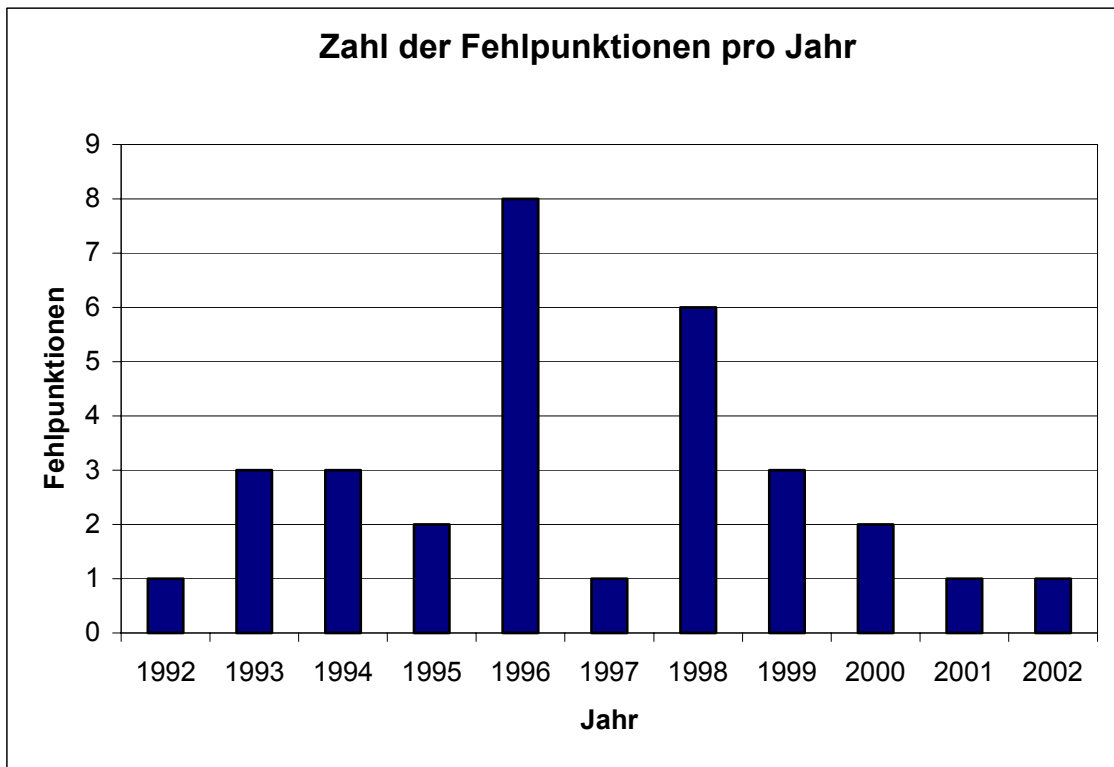


Diagramm 3: Anzahl der Fehlpunktionen je Berichtsjahr

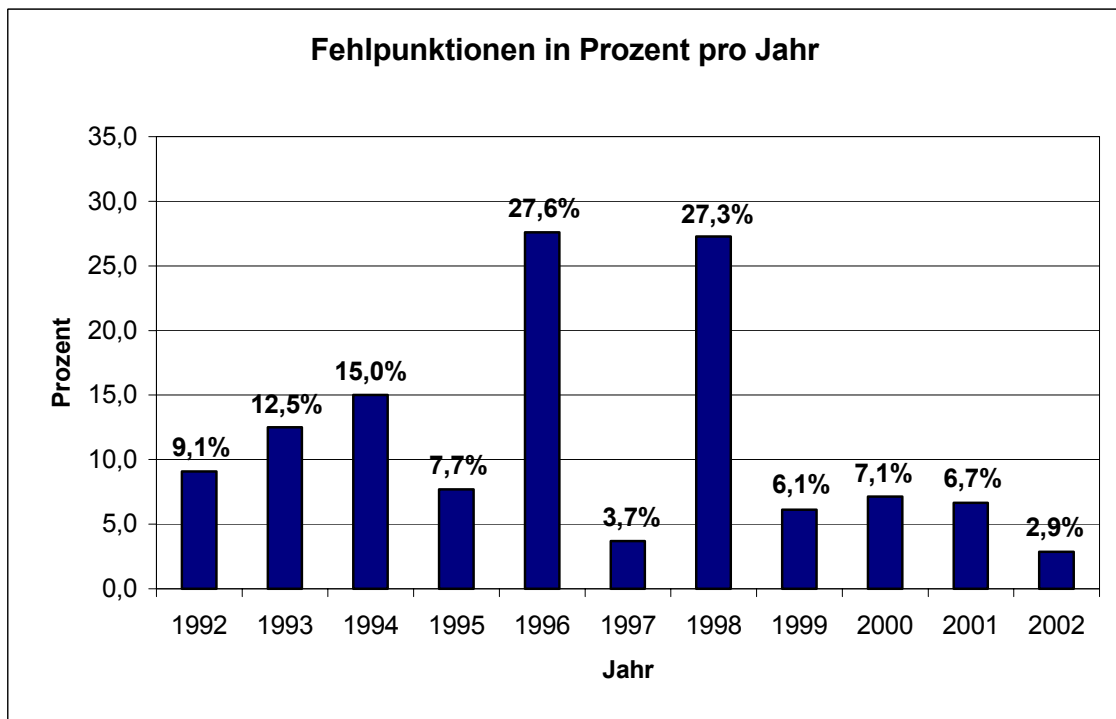


Diagramm 4: Fehlpunktionen je Berichtsjahr in Prozent

Beim Vergleich der verschiedenen Punktionssysteme im Hinblick auf die Fehlpunktionen ergibt sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Verwendungsdauer das in Tabelle 13 dargestellte Verhältnis. Graphisch sind die Ergebnisse in Diagramm 5 aufgearbeitet.

Tabelle 13: Fehlpunktionen in Prozent für das entsprechende Punktionssystem im gesamten Berichtszeitraum

Nadel-Typ	Fehlpunktionen in %
Biopsie-Kanüle 1,2 x 150 mm	25,0
Biopsie-Kanüle 0,8 x 150 mm	16,7
Auto-Vac-System	19,7
BioPince-System	5,9

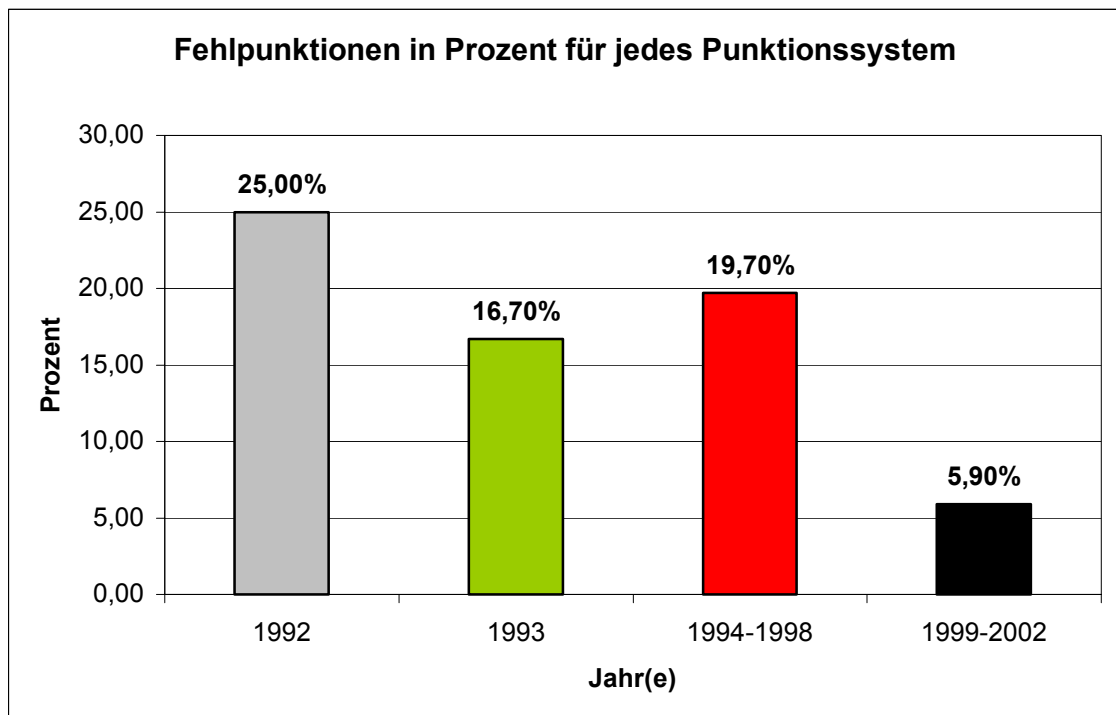


Diagramm 5: Histopathologisch nicht verwertbare Punktionen (Fehlpunktionen), Durchschnittswerte für jedes System im jeweiligen Verwendungszeitraum

- Biopsiekanüle 1,2 mm x 150 mm
- Biopsiekanüle 0,8 mm x 150 mm
- Auto-Vac-System
- BioPince-System

4.4 Diagnostische Übereinstimmung zwischen CT- und pathologischer Diagnose

Weiterhin war für die interne Qualitätskontrolle von Interesse, inwieweit sich die im CT erhobenen Diagnosen kongruent zu den histopathologischen Diagnosen verhalten bzw. ob hier widersprüchliche Aussagen auftraten. Betrachtet wurden hierbei nur die Fälle, die sowohl eine CT- als auch eine histopathologische Diagnose aufwiesen, d. h., die Fehlpunktionen wurden in diese Analyse nicht mit aufgenommen. Dazu wurden die schriftlich formulierten Diagnosen verglichen und auf Übereinstimmung geprüft. Insgesamt konnten hierbei 255 Punktionen ausgewertet werden.

Tabelle 14: Übereinstimmung der Diagnosen (CT und Histopathologie)

Jahr	CT-Diagnose mit histopathologischer Diagnose vereinbar	CT-Diagnose nicht mit histopathologischer Diagnose vereinbar	Punktionssystem
1992	8	2	Biopsie-Kanüle 1,2 x 150 mm
1993	19	2	Biopsie-Kanüle 0,8 x 150 mm
1994	14	3	Auto-Vac-System
1995	23	1	Auto-Vac-System
1996	20	1	Auto-Vac-System
1997	23	3	Auto-Vac-System
1998	14	2	Auto-Vac-System
1999	42	4	BioPince-System
2000	23	3	BioPince-System
2001	13	1	BioPince-System
2002	31	3	BioPince-System

Eine graphische Darstellung hierzu ist in Diagramm 6 wiedergegeben.

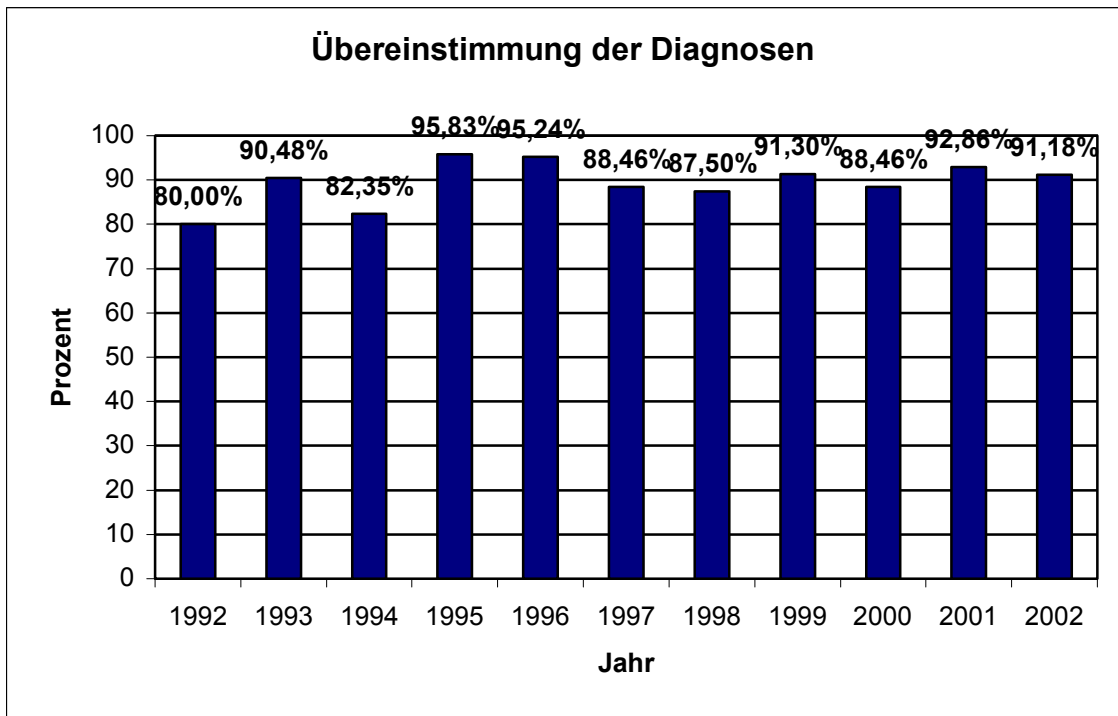


Diagramm 6: Prozentuale Übereinstimmung der CT- und histopathologischen Diagnosen für jedes Berichtsjahr

4.5 Statistische Betrachtung

4.5.1 Statistische Betrachtung der Punktionskomplifikationen der Punktions-systeme BioPince und Auto-Vac

1. Ermitteln der Stichprobe

Das Datenmaterial, das vorgegeben wurde, wird verwendet, wobei unterschieden wird, ob eine Komplifikation vorliegt ($x_i = 1$) oder nicht ($x_i = 0$).

Tabelle 15: Anzahl der Komplifikationen und Gesamtpunktionen für Auto-Vac und BioPince für den gesamten Beobachtungszeitraum

	Anzahl Komplika- tionen (x_i)	Gesamtanzahl Punktionen (n_i)
Auto-Vac ($i=1$)	11	124
BioPince ($i=2$)	22	127
Summe	33	251

2. Aufstellen der Hypothese

H_0 : Auto-Vac ist schlechter als BioPince ($\theta_1 > \theta_2$)

H_1 : Auto-Vac ist besser als BioPince ($\theta_1 < \theta_2$)

θ ist die reale, unbekannte Wahrscheinlichkeit für Komplifikationen bei einer Punktion.

3. Bestimmen des Fehlers

Die Irrtumswahrscheinlichkeit soll $\alpha = 5\%$ betragen.

4. Festlegen der Entscheidungsregel

Kritischer Bereich: alles kleiner als $-q_{1-\alpha} = -q_{0,95} = -1,645$

(aus Tabelle der Standardnormalverteilung abgelesen)

Ablehnen von H_0 , falls $Z < -q_{1-\alpha}$

5. Testdurchführung und Entscheidungsfindung

$$\begin{aligned}
 P &= (n_1 * P_1 + n_2 * P_2) / (n_1 + n_2) \\
 &= (124 * 0,0887 + 127 * 0,1732) / (124 + 127) \\
 &= \underline{0,1315}
 \end{aligned}$$

Da n_1 und n_2 groß sind ist die Testgröße Z:

$$\begin{aligned}
 Z &= (0,0887 - 0,1732) / \text{Wurzel} \{0,1315 * (1 - 0,1315) * (124 + 127) / (124 * 27)\} \\
 &= -0,0845 / 0,042665 \\
 &= \underline{-1,9805}
 \end{aligned}$$

Ablehnen von H_0 , falls $Z < -q_{1-\alpha}$

$-1,9805 < -1,645 \rightarrow H_0$ wird abgelehnt und H_1 ist zu 95 % sicher

Bezüglich des Auftretens von Komplikationen muss angenommen werden, dass BioPince schlechter ist als Auto-Vac.

4.5.2 Statistische Betrachtung der Fehlpunktionen der Punktionssysteme BioPince und Auto-Vac

1. Ermitteln der Stichprobe

Das Datenmaterial, das vorgegeben wurde, wird verwendet, wobei unterschieden wird, ob eine Fehlpunktion vorliegt ($y_i = 1$) oder nicht ($y_i = 0$).

Tabelle 16: Anzahl der Fehlpunktionen und Gesamtpunktionen für Auto-Vac und BioPince für den gesamten Beobachtungszeitraum

	Anzahl Fehlpunktionen (y_i)	Gesamtanzahl Punktionen (n_i)
Auto-Vac ($i=1$)	20	124
BioPince ($i=2$)	7	127
Summe	27	251

2. Aufstellen der Hypothese

H_0 : Auto-Vac ist besser als BioPince ($\theta_1 < \theta_2$)

H_1 : Auto-Vac ist schlechter als BioPince ($\theta_1 > \theta_2$)

θ ist die reale, unbekannte Wahrscheinlichkeit für Fehlpunktion

3. Bestimmen des Fehlers

Die Irrtumswahrscheinlichkeit soll $\alpha = 5\%$ betragen.

4. Festlegen der Entscheidungsregel

Kritischer Bereich: alles größer als $q_{1-\alpha} = q_{0,95} = 1,645$

(aus Tabelle der Standardnormalverteilung abgelesen)

Ablehnen von H_0 , falls $Z > q_{1-\alpha}$

5. Durchführen des Tests und Entscheidungsfindung

$$\begin{aligned} P &= (n_1 * P_1 + n_2 * P_2) / (n_1 + n_2) \\ &= (124 * 0,1613 + 127 * 0,0551) / (124 + 127) \\ &= \underline{\underline{0,1076}} \end{aligned}$$

Da n_1 und n_2 groß sind ist die Testgröße Z

$$\begin{aligned} Z &= (0,1613 - 0,0551) / \text{Wurzel} \{0,1076 * (1 - 0,1076) * (124 + 127) / (124 * 127)\} \\ &= 0,1062 / 0,039121 \\ &= \underline{\underline{2,7147}} \end{aligned}$$

Ablehnen von H_0 , falls $Z > q_{1-\alpha}$

$2,7147 > 1,645 \rightarrow H_0$ wird abgelehnt und H_1 ist zu 95% sicher

Bezüglich des Auftretens von Fehlpunktionen muss angenommen werden, dass Auto-Vac schlechter ist als BioPince.

Die bisherigen statistisch ermittelten Ergebnisse beschränken sich auf Aussagen wie „besser“ und „schlechter“, geben aber nicht an, wie die absoluten Zahlen aussehen. Dazu bedient man sich der Konfidenzintervalle.

4.5.3 Konfidenzintervall für binomialverteilte Zufallsgrößen

Die unbekannte Wahrscheinlichkeit θ für Komplikationen bzw. Fehlpunktionen wird wie folgt in einem Intervall eingeschränkt:

$$[p - (q_{1-\alpha/2} * \text{Wurzel} \{(p * (1-p))/n\}) ; p + (q_{1-\alpha/2} * \text{Wurzel} \{(p * (1-p))/n\})]$$

Die Irrtumswahrscheinlichkeit α liegt dabei wieder bei 5 %. Auch hier gilt wieder die Voraussetzung, dass n sehr groß ist (mind. > 100), weswegen keine Aussagen zur Biopsie-Kanüle 0,8 mm und 1,2 mm möglich sind.

I. Punktionskomplifikationen

- | | |
|-------------|---------------------|
| 1. Auto-Vac | [3,87% ; 13,87 %] |
| 2. BioPince | [10,74 % ; 23,90 %] |

II. Fehlpunktionen

- | | |
|-------------|--------------------|
| 1. Auto-Vac | [9,66 % ; 22,60 %] |
| 2. BioPince | [1,54 % ; 9,48 %] |

I.1 Komplikationswahrscheinlichkeit für AutoVac ($p = 11 / 124 = 0,0887$)

$$\begin{aligned} q_{1-\alpha/2} * \text{Wurzel} \{(p * (1-p))/n\} &= q_{0,975} * \text{Wurzel} \{(0,0887 * 0,9113) / 124\} \\ &= 1,96 * 0,0255 \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konfidenzintervall für } \theta: & [8,87 \% - 5,00 \% ; 8,87 \% + 5,00 \%] \\ & [3,87 \% ; 13,87 \%] \end{aligned}$$

I.2 Komplikationswahrscheinlichkeit für BioPince ($p = 22/127 = 0,1732$)

$$\begin{aligned} q_{1-\alpha/2} * \text{Wurzel} \{(p * (1-p))/n\} &= q_{0,975} * \text{Wurzel} \{(0,1732 * 0,8268) / 127\} \\ &= 1,96 * 0,0336 \\ &= 0,0658 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konfidenzintervall für } \theta: & [17,32 \% - 6,58 \% ; 17,32 \% + 6,58 \%] \\ & [10,74 \% ; 23,90 \%] \end{aligned}$$

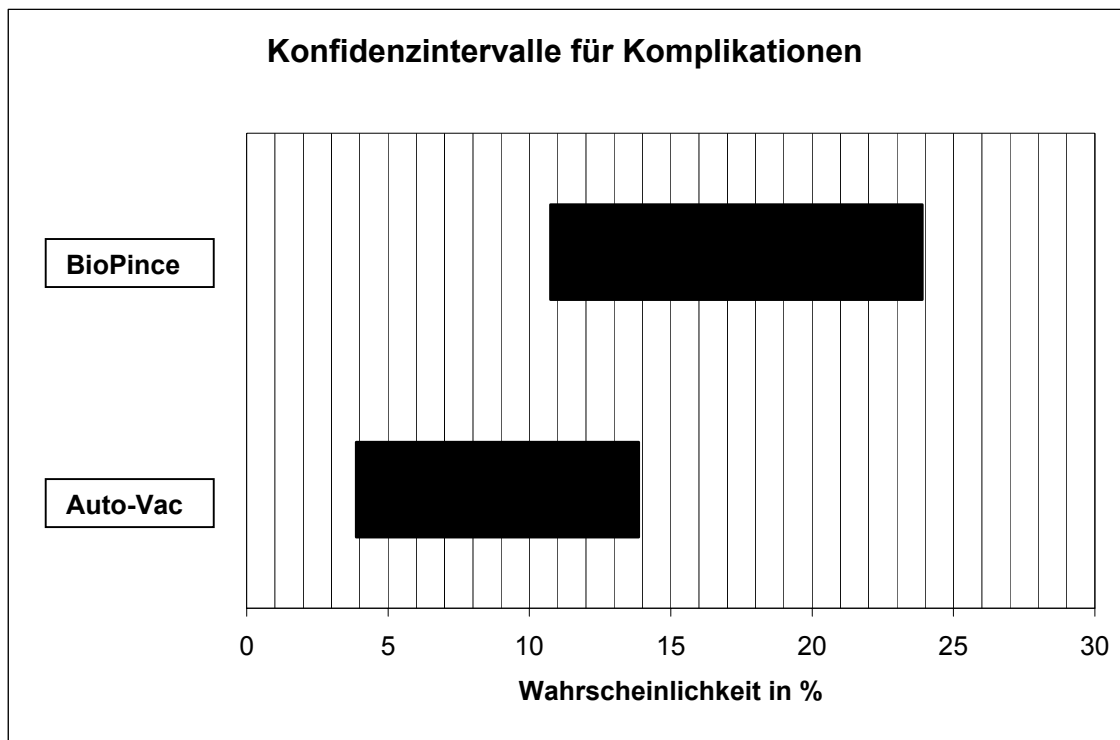


Diagramm 7: Konfidenzintervalle für Komplikationen (Auto-Vac und BioPince)

II.1 Fehlpunktionswahrscheinlichkeit für AutoVac ($p = 20/124 = 0,1613$)

$$\begin{aligned}
 q_{1-\alpha/2} \times \text{Wurzel} \{(p * (1-p))/n\} &= q_{0,975} * \text{Wurzel} \{(0,1613 * 0,8387)/124\} \\
 &= 1,96 * 0,033 \\
 &= 0,0647
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konfidenzintervall für } \theta: & [16,13 \% - 6,47 \% ; 16,13 \% + 6,47 \%] \\
 & [9,66 \% ; 22,60 \%]
 \end{aligned}$$

II.2 Fehlpunktionswahrscheinlichkeit für BioPince ($p = 7/127 = 0,0551$)

$$\begin{aligned}
 q_{1-\alpha/2} * \text{Wurzel} \{(p * (1-p))/n\} &= q_{0,975} * \text{Wurzel} \{(0,0551 * 0,9449)/127\} \\
 &= 1,96 * 0,0202 \\
 &= 0,0397
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konfidenzintervall für } \theta: & [5,51 \% - 3,97 \% ; 5,51\% + 3,97 \%] \\
 & [1,54 \% ; 9,48 \%]
 \end{aligned}$$

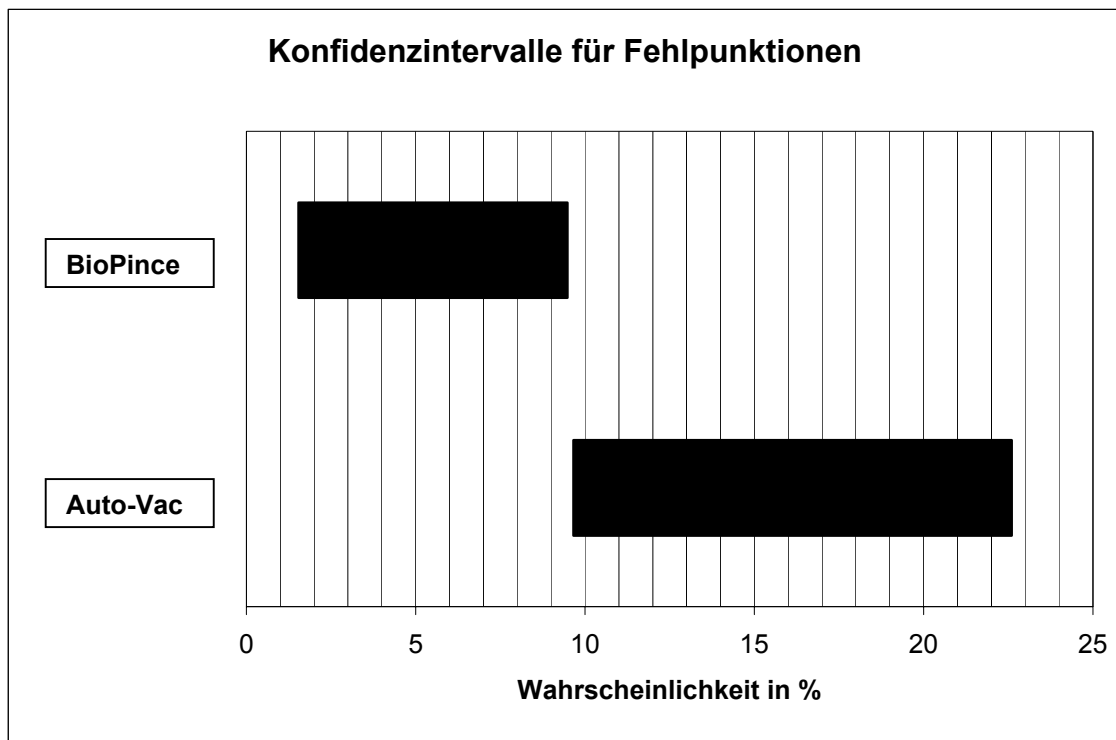


Diagramm 8: Konfidenzintervalle für Fehlpunktionen (Auto-Vac und BioPince)

4.5.4 Statistische Betrachtung der Punktionskomplika-tionen und Fehlpunk-tionen der Punktionskanülen 1,2 mm x 150 mm und 0,8 mm x 150 mm

Auf Grund der kleinen Fallzahlen (Einzelwerte der Komplikationen und Fehlpunk-tionen kleiner fünf) ist der Binominaltest für diese beiden Punktions-systeme nicht anwendbar. Um dennoch zu einer statistisch relevanten Aussage zu kommen, kann der exakte Test nach Fisher angewandt werden.

I. Fishertest für Fehlpunktionen

Zuerst wird eine normale Vierfeldertafel aufgestellt. Diese wird dann durch das Vertauschen von Zeilen und Spalten solange umgestellt bis das Produkt der Hauptdiagonale das kleinstmögliche ist. Zudem muss auch noch das kleinste Element dieser Diagonale links oben stehen.

Tabelle 17: Fisher-exact-Test; normale Vierfeldertafel für Fehlpunktionen; Vergleich der Punktionskanülen 1,2 mm x 150 mm und 0,8 mm x 150 mm

	Keine Fehlpunktionen	Fehlpktionen	Summe
Kanüle 1,2 mm	10	1	11
Kanüle 0,8 mm	21	3	24
Summe	31	4	35

Mögliche Diagonalen sind:

I. $10 * 3 = 30$

II. $21 * 1 = 21$

III. $1 * 21 = 21$

IV. $3 * 10 = 30$

$1 * 3$ ist nicht möglich, da sonst der Zusammenhang zwischen Kanüle und Fehlpunktionen verlorengeht.

Tabelle 18: Fisher-exact-Test; Vierfeldertafel für Fehlpunktionen; Vergleich der Punktionskanülen 1,2 mm x 150 mm und 0,8 mm x 150 mm; umgestellte Tabelle

III	Fehlpktion	Keine Fehlpunktionen	Summe
Kanüle 1,2 mm	1 (a)	10 (b)	11
Kanüle 0,8 mm	3 (c)	21 (d)	24
Summe	4	31	35

Als Nächstes werden alle weiteren noch schwächer besetzten Tableaus aufgestellt. Zunächst wird dafür die Hauptdiagonale um Eins reduziert, und dann werden die restlichen Positionen um Eins addiert. Dies wiederholt man solange bis links oben eine Null steht.

Tabelle 19: Fisher-exact-Test; Vierfeldertafel für Fehlpunktionen; Vergleich der Punktionskanülen 1,2 mm x 150 mm und 0,8 mm x 150 mm; extreme Verteilung: mit -1 bei (a) und (d), +1 zu (b) und (c)

III“	Fehlpktionen	Keine Fehlpunktionen	Summe
Kanüle 1,2 mm	0 (a“)	11 (b“)	11
Kanüle 0,8 mm	4 (c“)	20 (d“)	24
Summe	4	31	35

Der P-Wert berechnet sich nun wie folgt:

$$P = \frac{(a+b)! * (c+d)! * (a+c)! * (b+d)!}{N!} * \text{Summe}$$

$$\text{Summe} = \frac{1}{a! * b! * c! * d!} + \frac{1}{a"! * b"! * c"! * d"!}$$

$$P = \frac{11! * 24! * 4! * 31!}{35!} * \text{Summe}$$

$$\text{Summe} = \frac{1}{1! * 10! * 3! * 21!} + \frac{1}{0! * 11! * 4! * 20!}$$

$$P = (4,73 * 10^{26}) * (8,9896 * 10^{-28} + 4,2905 * 10^{-28})$$

$$\underline{\underline{P = 0,62815}}$$

Die Aussage dieses Wertes ist, dass Nadeltyp und Fehlpunktion zwei voneinander unabhängige Größen sind.

Wird etwas anderes behauptet, so liegt die Wahrscheinlichkeit, dass man sich irrt bei 62,82 %. Aufgrund des gegebenen Datenmaterials ist also davon auszugehen, dass Biopsie-Kanüle 1,2 mm und Biopsie-Kanüle 0,8 mm bezüglich der Fehlpunktionsrate gleich gut arbeiten.

Allerdings muss kritisch angemerkt werden, dass das Datenmaterial für einen wirklich aussagekräftigen Test nicht ausreichend ist. Es kann also auch kein guter

(Test)-Vergleich zwischen den Nadeltypen der Jahre 1992 - 1993 und 1994 - 2002 stattfinden.

II. Fishertest für Komplikationen

Tabelle 20: Fisher-exact-Test; Vierfeldertafel für Komplikationen; Vergleich der Punktionskanülen 1,2 x 150 mm und 0,8 x 150 mm

	Komplikationen	keine Komplikationen	Summe
Kanüle 1,2 mm	0 (a)	11 (b)	11
Kanüle 0,8 mm	1 (c)	23 (d)	24
Summe	1	34	35

Da es eine extremere Verteilung nicht mehr gibt, ist

$$P = \frac{(a+b)! * (c+d)! * (a+c)! * (b+d)!}{N!} * \frac{1}{a!*b!*c!*d!}$$

$$= \frac{11! * 24! * 1! * 34!}{35!} + \frac{1}{0! * 11! * 1! * 23!} = \frac{24}{35}$$

$$P = \underline{\underline{0,68571}}$$

Die Aussage dieses Werts ist, dass Nadeltyp und Komplikationen zwei voneinander unabhängige Größen sind.

Wird etwas anderes behauptet, so liegt die Wahrscheinlichkeit, dass man sich irrt bei 68,57 %. Aufgrund des gegebenen Datenmaterials ist also davon auszugehen, dass Biopsie-Kanüle 1,2 mm und Biopsie-Kanüle 0,8 mm bezüglich der Komplikationsrate gleich gut arbeiten.

Allerdings muss kritisch angemerkt werden, dass auch hier das Datenmaterial für einen wirklich aussagekräftigen Test nicht ausreichend ist. Es kann also auch kein guter (Test)-Vergleich zwischen den Nadeltypen der Jahre 1992 - 1993 und 1994 - 2002 stattfinden.

5 Diskussion

5.1 Organbiopsien

5.1.1 Thoraxbiopsie (Lunge – Pleura)

Jeder Rundherd der Lunge muss potentiell als maligne betrachtet werden bis das Gegenteil bewiesen ist. Da einerseits eine Früherkennung von Lungentumoren durch Labordiagnostik nicht möglich ist, andererseits eine reine Röntgenmorphologie einen malignen Prozess nicht ausschließen kann, muss eine bioptische Klärung auch bei kleinen Herden angestrebt werden. Sputumzytologie und Bronchoskopie versagen in der Regel bei kleinen peripheren Rundherden. Die Sputumdiagnostik ist zudem wegen der Alteration der Zellen nicht ausreichend zuverlässig. HÜTTEMANN [20] fand bei Rundherden unter 3 cm Durchmesser nach der gezielten Bronchialsekretuntersuchung nur in 35% ein zytologisch positives Ergebnis. Nach der Bronchoskopie ist häufig nur unspezifisch entzündliches Material im untersuchten Biopat nachweisbar, wenn der Bronchus von entzündlichen Schleimhautschwellungen verlegt ist.

Mit einer histologisch verwertbaren Ausbeute von 92 % stellt die perkutane Nadelbiopsie eine sichere, risikoarme Methode zur Klärung sowohl peripherer als auch zentraler pulmonaler Verdichtungen dar. Es können sowohl peribronchiale als auch endobronchiale Proben gewonnen werden. Im Unterschied zur Bronchoskopie ist es möglich, auch bei poststenotischen Infiltraten zu einem Ursachennachweis zu gelangen. Die Nadelbiopsie verkürzt die Diagnostik sowie den stationären Aufenthalt erheblich [11,58].

Röntgenmorphologische Kriterien und Verlaufskontrollen können nur zu einer annähernden Schätzung der Dignität eines intrapulmonalen Herdes führen. Auch Alter und Anamnese über Schadstoffinhalation eines Patienten geben nur Hinweise auf die Wahrscheinlichkeit der Malignität eines pulmonalen Herdes. Je jünger ein Patient ist, desto unwahrscheinlicher wird ein maligner Prozess. Durch den weitgehend risikolosen Einsatz der perkutanen Punktion wird die iatrogene Verschleppungszeit auf ein Minimum reduziert. Die Nadelbiopsie ermöglicht Frühdiagnosen von primären Lungentumoren im präklinischen Stadium. In verschiedenen Statistiken werden bei kleinen Bronchialkarzinomen im Stadium I (nach TNM-Klassifikation) nach Resektion 5-Jahresüberlebensraten von 40 - 60 % angenommen. Bei Patienten mit einem ausgedehnten Tumorwachstum, bei denen eine Re-

sektionsbehandlung unter kurativer Zielsetzung nicht mehr möglich ist, kann von einer diagnostischen Explorativthorakotomie abgesehen und nach histologischer Klärung durch die Nadelbiopsie eine Strahlen- oder Chemotherapie eingeleitet werden [2,21].

Jede pulmonale Verdichtung primär (ohne histologische Klärung) operativ zu behandeln, bedeutet jedoch ein „overtreatment“, was die Zahlen von SINNER [53, 54] ergeben, der bei über 5300 Nadelpunktionen der Lunge mehr als 50 % benigne Prozesse fand. Ähnliche Zahlen wurden auch bei der Bearbeitung des operativ behandelten Krankengutes der Thoraxklinik Rohrbach durch TOOMES et al. [60] genannt. Auch die Zahlen aus dem eigenen Patientengut spiegeln den relativ hohen Anteil benigner Erkrankungen wider. Bei den insgesamt durchgeführten 102 Thoraxpunktionen blieben 14 (13,7 %) wegen Gewinnung ungenügenden Zellmaterials ohne histopathologisches Resultat. Bei den 88 auswertbaren Punktionen konnten 46 maligne (45,1 %) und 42 benigne (41,2 %) Diagnosen gestellt werden. Sekundäre Tumoren der Lunge erfordern nur in Ausnahmefällen eine operative Behandlung. Viele Operateure verzichten auch beim Nachweis eines kleinzelligen Bronchialkarzinoms auf eine Resektion.

Das Auftreten intrapulmonaler Rundherde nach Diagnose eines Malignoms wird häufig mit einer Metastasierung gleichgesetzt [40]. Oftmals ergibt sich daraus der Abbruch einer weiteren Therapie. Nicht selten handelt es sich jedoch um einen Zweittumor, der nach bioptischer Klärung durch die perkutane Punktion mit kurativer Zielsetzung behandelt werden kann.

Indikationen zur Nadelbiopsie:

1. Intrapulmonaler Rundherd
2. Infiltrate der Lunge
3. Intrathorakale raumfordernde Veränderungen

Verfahren:

1. Punktion unter rotierender Durchleuchtung
2. CT-gesteuerte Punktion

Komplikationen:

Die Komplikationsrate hängt ab von pulmonalen Zusatzerkrankungen, wie Emphysem oder Fibrose, sowie von der Lage des Infiltrats. Bei peripheren Veränderungen mit Pleurakontakt sind Nebenwirkungen nicht zu befürchten. Sowohl im zentralen, hilusnahen Bereich der Lunge als auch im Mediastinum ist nicht mit erhöhten Risiken zu rechnen. Kleine basale, zentral gelegene Herde können bei Punktionen wegen ihrer großen Atemverschieblichkeit einen erhöhten Zeitaufwand erfordern. Die Nadelspitze kann in diesen Fällen bei zu geringer Elastizität zur Schädigung des Lungenparenchyms und damit zu einem Pneumothorax führen. Keine Nebenwirkungen sind zu befürchten, wenn die Nadelspitze einige Minuten innerhalb eines soliden Herdes liegt. Die Häufigkeit von Komplikationen hängt auch von der Art der verwandten Biopsienadel ab.

Die häufigste Komplikation nach Nadelbiopsien der Lunge ist das Auftreten eines Teilpneumothorax. Eine Drainage ist nur erforderlich, wenn der Patient eine Dyspnoe aufweist oder ein Spannungspneumothorax eingetreten ist. Weitere Komplikationen können Hämoptysen, Schmerzen und ein Hautemphysem sein [13].

Auch hier spiegeln die Ergebnisse anhand des eigenen Patientengutes diese Erfahrungen wider. Es kam im gesamten Berichtszeitraum zu 12 Mantelpneumothoraces und zwei Einblutungen.

5.1.2 Mediastinum und Hilus

Mediastinale Tumoren wurden traditionell mittels Mediastinoskopie, Thorakoskopie oder explorativer Thoraxchirurgie diagnostiziert. Diese Prozeduren erfordern eine Anästhesie und einen Klinikaufenthalt. Die radiologisch geführte transthorakale Nadelbiopsie wurde deshalb eine akzeptierte Technik zur Bewertung mediastinaler Läsionen. Die meisten Kliniker benutzen die Feinnadelaspiration, um adäquates Gewebe zu gewinnen [12,55].

Indikationen sind bronchoskopisch bzw. mediastinoskopisch nicht oder nur sehr schwer erreichbare Tumoren. Die Gefäßstrukturen im Mediastinum machen eine besonders sorgfältige CT-kontrollierte Punktion erforderlich. Gefäßvariationen sind durch Kontrastmittelgabe von der Biopsie auszuschließen. Aufgrund des hohen

Pneumothoraxrisikos lässt sich mit Hilfe einer Injektion von 0,9 %iger Kochsalzlösung mit einer dünnkalibrigen Nadel in das subpleurale mediastinale Fettgewebe die Pleura parietalis von der Pleura mediastinalis abheben, wodurch eine künstliche Verbreiterung des vorderen bzw. des paraspinalen Mediastinums erzielt wird. Dies minimiert das Pneumothoraxrisiko erheblich und erlaubt einen gefahrlosen Zugang zu den mediastinalen Strukturen [37].

Eine Komplikationsrate von 13,4 % bei dem eigenen Patientengut spiegelt die insgesamt sichere Anwendbarkeit der perkutanen CT-gesteuerten Punktion in diesem Bereich wider.

5.1.3 Leber

Die alleinige radiologisch-morphologische Differentialdiagnostik fokaler Leberläsionen ist mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet. Hieraus resultiert das wachsende Interesse an CT-gesteuerten Punktionen. Diese Technik erlaubt insbesondere bei kleinen und tiefliegenden Läsionen eine noch sicherere Punktion als mit sonographischen Techniken. Die Vermeidung von risikoreichen Punktionswegen sowie die gezielte Entnahme von Material aus nicht nekrotischen Tumorrandbezirken gelingt mit der CT-gesteuerten Technik sicherer als mit der Sonographie.

Wegen der hohen Detailgenauigkeit bei tumorösen Raumforderungen wäre die Magnetresonanztomographie hier noch besser geeignet. Punktionen unter Verwendung offener bzw. halboffener Geräte werden jedoch wegen der geringeren Verfügbarkeit dieser Systeme und unter wirtschaftlichen Aspekten nur bei bestimmten Fragestellungen durchgeführt.

Indikationen zur CT-gesteuerten Leberpunktion stellen alle fokalen, artdiagnostisch nicht zu klärenden Läsionen dar, bei denen ein Malignomverdacht nicht auszuschließen ist und bei denen eine weiterführende Diagnostik therapeutischen Gewinn verspricht [39]. Ein genereller Vorteil der CT-gesteuerten Punktion liegt in der besseren Kontrolle der Nadelspitze sowie in der besseren Dokumentationsmöglichkeit.

Als Kontraindikationen gelten pathologische Gerinnungswerte. Die Gefahr der Punktion eines Hämangioms ist keine Kontraindikation, da inzwischen ausreichende Erfahrungen vorliegen. Das ursprünglich hoch eingeschätzte Risiko einer

Hämangiompunktion konnte inzwischen relativiert werden. Vor der Punktion zystischer Prozesse muss serologisch eine Echinokokkose ausgeschlossen werden. In manchen Fällen kann jedoch die Komplementbindungsreaktion bei Echinokokkusbefall der Leber negativ sein.

Der Zugang zu einem Leberherd wird durch dessen Topographie bestimmt. Im Allgemeinen ist die kürzeste Entfernung vorzuziehen. Ist jedoch ein Hämangiom differentialdiagnostisch möglich, so sollte ein längerer intraparenchymatöser Stichkanal gewählt werden, der selbsttamponierend wirken kann. Dies gilt insbesondere für oberflächennah gelegene Läsionen. Bei subphrenisch gelegenen Herden ist ein transpleuraler Zugang technisch einfacher durchzuführen als eine kraniomediale Punktionsrichtung zur Vermeidung der Pleurapunktion [38]. Kann durch maximale Inspiration die Pleurapunktion nicht umgangen werden, ist die Punktion in maximaler Expiration oder Seitenlage zu empfehlen, da unter diesen Bedingungen die Pleurasinus weniger oder kein Lungengewebe enthalten.

Die Wahl der Punktionsnadeln ist neben der Tumorgröße abhängig vom Punktionsweg. Insbesondere die Spezifität ist bei der Anwendung der Schneidbiopsie höher als bei der Feinnadelaspirationsbiopsie, da zusätzlich auch histochemische Untersuchungen durchgeführt werden können. LÜNING et al. [33] wiesen auf die große Anzahl der Aspiarte pro Biopsie hin. Die Autoren empfehlen eine mindestens viermalige Materialentnahme. Die Irrtumsmöglichkeiten zytologischer Diagnostik sind bekannt. Abgesehen von der Qualität des Aspirates und dem Erhaltungszustand des Präparates können Schwierigkeiten entstehen bei der Abgrenzung von entzündungsbedingten Pseudoatypien, die von echten atypischen Zellen schwer oder unmöglich zu differenzieren sind. Die Aussagekraft der Schneidbiopsie ist insbesondere bei benignen Prozessen unübertroffen. Feinnadelpunktionen über 20 gg. sollten CT-gesteuert daher vorzugsweise nur in der Nachbarschaft risikoreicher Strukturen durchgeführt werden, also in der Nähe des Leberhilus und im subphrenischen Bereich [13].

Die im Beobachtungszeitraum durchgeführten 57 Leberpunktionen setzten sich aus 27 benignen (47,4 %) und 27 malignen (47,4 %) sowie drei Fehlpunktionen (5,2 %) zusammen. Damit lässt sich auch hier der relativ hohe Anteil benigner Raumforderungen nachweisen. Im gesamten Beobachtungszeitraum betrug die Anzahl der Fehlpunktionen im Bereich der Leber 5,2 % und liegt damit deutlich niedriger als der Durchschnitt der Fehlpunktionen aller Organbereiche (11,4 %).

5.1.4 Skelett

Trotz enormer Fortschritte in der bildgebenden Diagnostik bleibt bei vielen suspekten Knochenläsionen die feingewebliche Untersuchung als Hauptkriterium für eine definitive Diagnosestellung unentbehrlich. Neben der chirurgischen offenen Biopsie zur Materialgewinnung für die histopathologische Analyse spielt die perkutane Knochenbiopsie zunehmend eine wichtige Rolle. Die Entwicklung der perkutanen Biopsietechnik geht auf die frühen 30er Jahre des 20. Jahrhunderts zurück. Erst 40 Jahre später wurde unter „Sicht“ biopsiert, so berichtete LALLI [25] 1970 erstmalig über perkutane Knochenbiopsien unter Röntgendurchleutungskontrolle. Der Einsatz moderner Bildgebungsverfahren und die Entwicklung weniger traumatisierender Knochenbiopsiebestecke machten aus der CT-gesteuerten perkutanen Knochenbiopsie ein anerkanntes Standardverfahren zur nicht-operativen Gewinnung von histologischem und zytologischem Material. Das CT-unterstützte Biopsieverfahren hat die Sicherheit der perkutanen Knochenbiopsie erhöht und diese Entnahmetechnik auch problematischen Regionen des Skelettsystems zugänglich gemacht [50]. Die Indikation für eine perkutane Knochenbiopsie ist dennoch streng zu stellen. Sie ist gegeben, wenn bei einem röntgenologisch oder szintigraphisch auffälligen Herd nur die histologische Untersuchung Aufschluss über seine Dignität und Artdiagnose geben kann, und sich daraus therapeutische Konsequenzen ergeben. Bei vielen Knochenläsionen hat die sorgfältige Analyse der konventionellen Röntgenbilder oft eine hochgradige spezifische Aussage zur Folge, sodass sich eine diagnostische perkutane Biopsie erübrigt. Darüber hinaus wird der Stellenwert der perkutanen Knochenbiopsie bei gutartigen Tumoren kontrovers diskutiert [6].

So sind auch die geringen Punktionszahlen im Bereich des Skelettes mit Bezug auf das eigene Patiengut zu interpretieren. Im gesamten Beobachtungszeitraum fanden nur 16 CT-gestützte Skelettpunktionen statt. Am häufigsten wurde dabei die Frage nach metastatischen Knochenveränderungen gestellt.

Diagnoseweisende Ergebnisse werden mit der CT-gesteuerten Knochenbiopsie in 66 - 96 % erreicht. Die CT-gesteuerte Punktion zum Nachweis von Bakterien schwankt zwischen 55 % beim Nachweis einer bakteriell bedingten Spondylodiscitis und 95 % beim Nachweis einer Knochentuberkulose. Es wurde nur in Einzelfällen von schweren Komplikationen, wie einer Tetraplegie oder aber einer dazu ver-

gleichbar leichten Komplikation, wie z. B. ein postpunktuelltes Hämatom, berichtet. Dies gilt vor allem für Punktionen der Wirbelkörper [37].

5.1.5 Pankreas

Indikation zur CT-gesteuerten Punktion des Pankreas ist die Abklärung einer tumorösen Raumforderung, die durch andere Untersuchungsverfahren, wie Sonographie, MRT, Angio-CT und Angiographie, nicht weiter abgeklärt werden können [32]. Raumforderungen des Pankreas lassen sich oft von dorsal retroperitoneal punktieren zwischen Niere und Wirbelsäule oder zwischen Niere und Colon descendens hindurch. Im Falle einer sehr schmalen Durchtrittsstrecke kann, wie in der Punktion des Mediastinums, durch schrittweises Aufspritzen mit physiologischer Kochsalzlösung der Zugangsweg verbreitert werden. Die Punktion des Pankreaskopfes und Pankreaskorpus empfiehlt sich transperitoneal unter Vermeidung eines transkolischen Zuganges. In der Literatur werden bei den durchgeführten Punktionen eine Sensitivität und Spezifität zwischen 71 % bzw. 84 % und 100 % genannt [57]. Die Häufigkeit von Blutungen, Fistelbildungen oder durch die Punktion induzierte Pankreatitiden wird in der Literatur mit einem Vorkommen von unter 1,5 % angegeben [1,37].

Bei den im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus durchgeführten 43 CT-gestützten Pankreaspunktionen ließ sich nur eine Komplikation nachweisen, die in einer geringfügigen Einblutung bestand und nicht therapiepflichtig war. Alle Punktionen wurden transperitoneal unter der Fragestellung eines Pankreaskarzinoms durchgeführt.

5.1.6 Nieren und Nebennieren

Die zunehmend sichere Diagnostik von Raumforderungen der Niere durch Sonographie, CT und MRT hat bewirkt, dass die Indikation zur Punktion renaler Läsionen nur noch in Einzelfällen gegeben ist [22]. So kann die CT-gesteuerte Nierenbiopsie noch indiziert sein, wenn es nach Tumorenukleation durch Ultraschall, CT oder MRT nicht gelingt, die Frage nach dem Vorliegen eines lokalen Rezidivs zu

klären. Im Regelfall erfolgt die Punktion von dorsal bei extraperitonealem Zugangsweg in Bauch- oder Seitenlage. Bei sehr großen Raumforderungen kann im Einzelfall die Punktion auch von ventral erforderlich sein. Läsionen am oberen Pol der rechten Niere können von dorsal oder aber durch einen transhepatischen Zugangsweg CT-gesteuert biopsiert werden [37].

Die Indikation zur Punktion tumoröser Läsionen der Nebenniere sind meist tumorverdächtige Prozesse, wie hormoninaktive Läsionen bei bekanntem Primärtumor (z. B. Metastasen eines Bronchialkarzinoms) [19]. Zysten lassen sich computertomographisch oder aber mit Hilfe der Kernspintomographie eindeutig abklären. Adenome dagegen können jedoch differentialdiagnostische Schwierigkeiten mit den genannten Verfahren geben. Die Abklärung eines Phäochromozytoms sollte primär laborchemisch erfolgen. Die CT-gesteuerte Punktion zur Abklärung eines Phäochromozytoms ist sehr riskant, sie stellt keine Indikation dar.

Der günstigste Punktionsweg ist der von dorsal in Bauch- bzw. Rechtsseitenlage. Die rechte Nebennierenrinde lässt sich transhepatisch von lateral punktieren, die linke Nebennierenrinde üblicherweise von dorsal unter Vermeidung des Lungenrezessus. Aufgrund der Größe des Organs und seiner Raumforderungen wird in der Literatur bei fast allen Autoren die Biopsie mit einer Sensitivität zwischen 90 % und 100 % angegeben. In erster Linie ist die Auslösung einer hypertensiven Krise bei vorher nicht bekanntem Phäochromozytom zu erwähnen. Auch bei Anwendung einer Tru-cut-Nadel wurde über keine punktionsbedingten Komplikationen (z. B. Blutung) berichtet [37,46,47].

Bei dem eigenen Patientengut wurden im gesamten Beobachtungszeitraum vier Nieren und drei Nebennierenpunktionen durchgeführt, alle unter der Fragestellung eines malignen Tumores bzw. einer Metastasierung. Hierbei traten keine Komplikationen auf.

5.1.7 Retroperitoneum und Becken

Primäre retroperitoneale Raumforderungen, der Verdacht eines Lymphknotenbefalls bei maligner Grunderkrankung (z. B. Prostata- oder Rektumkarzinom) oder eine systemische Erkrankung (z. B. Mb. Hodgkin) sind Indikationen für eine CT-gesteuerte Biopsie. Bei Raumforderungen des Retroperitoneums ist primär der

Zugang von dorsal, in Einzelfällen auch die Punktion von ventral, möglich. Bei interaortokavalen Raumforderungen ist die Kontrastierung der Gefäße zur Vermeidung von Gefäßverletzungen erforderlich. Punktionen im Becken werden oberhalb der Linea terminalis von ventral durchgeführt, unterhalb der Linea terminalis von dorsal über das Foramen ischiadicum direkt lateral des Os coccygium unter Umgehung von A. und V. glutea inferior sowie des N. ischiadicus. Die Punktion durch den Dickdarm ist, um Kontaminationen zu vermeiden, möglichst zu umgehen [37,49].

An den eigenen Patienten wurden im gesamten Beobachtungszeitraum 32 Becken- und 14 retroperitoneale Punktionen vorgenommen. Hauptindikation war der Verdacht auf eine Raumforderung bei malignen Systemerkrankungen, z. B. beim Mb. Hodgkin, bzw. bei Metastasen eines an anderer Stelle sitzenden Primärtumors.

5.2 Komplikationen bei CT-gestützten Punktionen

Die CT-gesteuerte Punktion ist eine anerkannte Methode, die eine wichtige Bereicherung der Palette interventionell-radiologischer Maßnahmen mit einer vertretbaren Komplikationsrate darstellt. Unter genauer Beachtung von Indikation und Kontraindikation ist sie nicht nur als minimal-invasives Diagnostikum anzusehen, sondern auch als minimal-invasive Therapie anwendbar.

Je nach Größe des zu punktierenden Prozesses ist es Aufgabe des Radiologen, die der Größe der Raumforderung angepasste Punktionsnadel zu wählen, sei es für die Gewinnung einer Zytologie oder aber eines Gewebezyllinders durch Stanzbiopsie [37].

Im Beobachtungszeitraum von 11 Jahren wurden im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus vom 01.01.1992 bis zum 31.12.2002 insgesamt 286 CT-gestützte Punktionen durchgeführt. Hierbei wurden unterschiedliche Punktionsysteme verwendet, wobei in den einzelnen Zeitabschnitten jeweils nur ein System benutzt wurde. Somit konnte eine Zuordnung zu den jeweiligen Jahren und zu den Anwendung an den Patienten erfolgen.

1. Biopsiekanüle 1,2 mm x 150 mm [1992]
2. Biopsiekanüle 0,8 mm x 150 mm [1993]
3. Auto-Vac-System der Fa. Angiomed (18 gg.) [1994 – 1998]
4. BioPince-System der Fa. Pflugbeil (18 gg.) [1999 – 2002]

Signifikante Unterschiede bei der Betrachtung der Komplikationsrate ließen sich nur im Vergleich des Auto-Vac-Systems und des BioPince-Systems finden. Bei den Vergleichen mit den Biopsiekanülen 1,2 mm x 150 mm und 0,8 mm x 150 mm ließ sich wegen der geringeren absoluten Zahlen keine signifikante Diskrimination ableiten, da die geringe Anzahl der Komplikationen und die relativ kurze Einsatzzeit dieser beiden Nadeltypen dafür unzureichend waren.

Signifikant mehr Komplikationen waren bei Verwendung des BioPince-Systems zu verzeichnen (Komplikationsrate 17,32 % versus 8,87 % beim Auto-Vac-System). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass es sich hierbei jeweils nur um leichte bzw. mittelschwere Komplikationen handelte, die in internationaler Literatur allenfalls unter leichten Komplikationen subsummiert werden. Eine wie auch immer geartete Intervention nach Punktion war in keinem Fall nötig. Es gab keine letalen Ausgänge. Somit ist die CT-gestützte perkutane Punktion als ein sehr sicheres diagnostisches Instrument zu bezeichnen.

Allein unter dem Aspekt der Komplikationsrate sollte dem Auto-Vac-System der Vorzug gegeben werden.

5.2.1 Komplikationen bei Punktionen des Thorax

Im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus wurden im Beobachtungszeitraum vom 01.01.1992 bis zum 31.12.2002 insgesamt 102 CT-gestützte Thoraxpunktionen durchgeführt. Dabei traten insgesamt 19 Komplikationen auf (18,6 %), davon fünf leichte Komplikationen (4,9 %) im Sinne von Schmerzäußerungen und 14 mittelschwere Komplikationen (13,7 %) als Mantelpneumothoraces bzw. lokale Einblutungen. Therapiepflichtig war keine der genannten Komplikationen. Schwere oder sehr schwere Komplikationen ereigneten sich nicht.

Auch in der internationalen Literatur werden geringe Komplikationsraten bei Thoraxpunktionen angegeben [5,18,26,28,65,67].

So beschreiben SAJI et al. [45] die Häufigkeit von Pneumothoraces mit 26,6 % der punktierten Patienten bei Verwendung einer 19 gg. Punktionsnadel. Außerdem waren 14,2 % dieser Patienten drainagepflichtig. Daneben wird postuliert, dass verschiedene Faktoren, wie Alter, Geschlecht, Lungenfunktion, das Vorhandensein eines Lungenemphysems, die Lokalisation des Herdes und der Nadeltyp, einen entscheidenden Einfluss auf die Komplikationshäufigkeit haben.

Nach KLOSE et al. [23] hat die Aspirationsbiopsie mit kleineren Kanülen zwar ein vermindertes Risiko infolge des geringeren Nadeldurchmessers, jedoch ist die Aussagekraft der Zytologie häufig unzureichend. Bei der hier verwendeten Trucut-Kanüle (14 gg.) war die Pneumothoraxrate mit 5 % sehr gering.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass in dem hier vorgelegten Datenmaterial die Einstufung der Komplikationen sehr weit gefasst wurde, d. h., dass bereits Schmerzäußerungen des Patienten zur Einstufung in die Kategorie leichte Komplikationen geführt haben. Insofern ist die hier ermittelte Komplikationsrate mit der anderer Autoren vergleichbar.

5.2.2 Komplikationen bei Punktionen des Mediastinums

Im Beobachtungszeitraum von 11 Jahren wurden insgesamt 13 CT-gestützte Punktionen des Mediastinums durchgeführt. Dabei traten zwei Komplikationen (15,4 %) im Sinne von kleinen Einblutungen auf, die keine Therapie erforderlich machten. Pneumothoraces waren in keinem Fall nachweisbar.

GREIF et al. [12] beschreiben bei Verwendung einer 18 gg. Stanzbiopsienadel eine Komplikationsrate von 11,3 % Pneumothoraces, davon 3,2 % drainagepflichtig und 3,2 % anhaltende Thoraxschmerzen, die eine analgetische Behandlung erforderlich machten. In einen Fall (1,6 %) trat eine Hämoptyse auf.

BRESSLER et al. [4] beschreiben eine Komplikationsrate von 6 % Pneumothoraces bei insgesamt 36 Patienten. In internationaler Literatur werden Pneumothoraxraten von 16 % - 24 % beschrieben. Entscheidend waren hierbei die Zugangswege. So konnte nachgewiesen werden, dass der transpulmonale Zugang mit der höchsten Rate an Pneumothoraces einhergeht. Der Zugang direkt mediastinal bzw. durch den Pleuraraum wurde hierbei als günstiger eingeschätzt; auch im Hinblick

auf das Auftreten von Hämoptysen. Verwendet wurden 22 – 18 gg. Stanzbiopsienadeln [15].

5.2.3 Komplikationen bei Punktionen der Leber

Bei den im Beobachtungszeitraum durchgeführten 57 CT-gestützten Leberpunktionen konnten sechs Komplikationen (10,5 %) eruiert werden, davon eine Schmerzäußerung, ein basaler Mantelpneumothorax und vier lokale Blutungen. Keine der Komplikationen war therapiepflichtig.

In der internationalen Literatur werden als häufigste begleitende Komplikationen eine Blutung, die Entwicklung eines postpunktionellen Hämatoms, biliäre Peritonitis und ein Pneumothorax angegeben. HAAGE et al. [16] geben in ihrer Studie Punktionskomplikationen von 1,5 % an. Verwendet wurden sowohl 18 gg. als auch 14 gg. Tru-cut-Nadeln. Statistisch signifikante Unterschiede ließen sich hinsichtlich der Anzahl an Komplikationen nicht sichern, tendenziell aber weniger Komplikationen bei Verwendung der dünnkalibrigeren 18 gg. Nadel.

HA et al. [17] beschreiben in ihrer Studie eine Komplikationsrate von 5,4 % bei Verwendung einer 14 gg. Nadel und von 2,3 % bei Verwendung einer 20 gg. Nadel.

5.2.4 Komplikationen bei Punktionen anderer Organbereiche

Vom 01.01.1992 bis zum 31.12.2002 wurden im Institut für Radiologie des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus 16 CT-gestützte Skelettpunktionen, 43 Pankreaspunktionen, sieben Punktionen der Nieren und Nebennieren sowie 46 Punktionen des Retroperitoneums bzw. Beckens durchgeführt. Wegen der geringen Fallzahlen und Komplikationsraten werden die genannten Organbereiche zusammen betrachtet. Insgesamt waren hier noch drei leichte Komplikationen im Sinne von Schmerzäußerungen und vier mittelschwere Komplikationen im Sinne von kleinen lokalen Einblutungen zu verzeichnen. In keinem Fall bestand die Pflicht zur Intervention.

Andere Autoren beschreiben ebenfalls sehr geringe Komplikationsraten [8,30,36].

RODRIGUEZ et al. [43] berichten bei Punktionen des Pankreas unter Verwendung einer 16,5 gg. Nadel hauptsächlich über eine passagere Erhöhung der Pankreasenzyme bzw. die Entstehung einer Pankreatitis. Die durchschnittliche Komplikationsrate lag hier bei 7 %.

SONG et al. [56] beschreiben CT-gestützte Nierenbiopsien mit 14 und 18 gg. Nadeln. Obwohl hier wegen der starken Durchblutung (jede Niere erhält 10 % des cardialen Outputs) mit einer hohen Komplikationsrate zu rechnen wäre, liegt die Inzidenz klinisch signifikanter Blutungen nur bei 5 %. Kleinere perinephritische Hämatome fanden sich hingegen bei fast 91 % der Kontrollscans im CT. Zudem trat bei allen Patienten eine Mikrohämaturie auf. Signifikante Unterschiede zwischen der 14 und der 18 gg. Nadeln waren bei Betrachtung der Komplikationsrate nicht zu verzeichnen.

Bei der Gewinnung von knöchernen Materials ist die zu punktierende Region ganz entscheidend für die Höhe der Komplikationsrate. Nach DUDA et al. [6] werden hier Inzidenzen zwischen 0 % - 10 %, im Mittel um 1 %, angegeben. Hier sind insbesondere Blutungen, Infektionen und Nervenläsionen zu nennen.

Punktionen im Bereich des Beckens und des Retroperitoneums erfordern je nach Lage des zu punktierendes Substrates unterschiedliche Zugangswege. Hier liegen die Komplikationsraten im Durchschnitt zwischen 1 % und 2,6 % [37].

5.3 Fehlpunktionen

Durch die ständige Weiterentwicklung in der bildgebenden Diagnostik (z. B. Mehrzeilen-Spiral-CT, schnelle hochauflösende MRT-Systeme, spezifische Kontrastmittel) ist in den letzten Jahren eine deutliche Verbesserung in der Detektion von pathologischen Veränderungen zu verzeichnen. Häufig ist jedoch eine zweifelsfreie differentialdiagnostische Zuordnung von Raumforderungen nach wie vor nur durch eine Biopsie zu erzielen. Die CT-gesteuerte perkutane Biopsie hat sich dabei als treffsichere und komplikationsarme Methode bewährt. Stanz- oder Schneidbiopsien werden gegenüber den Feinnadelaspirationen wegen der zu erwartenden genauen histopathologischen Klassifikation bevorzugt angewendet [27,44]. Der Nutzen eines diagnostischen Verfahrens wird nicht nur durch die Ergebnisse richtig positiv, falsch positiv, richtig negativ, falsch negativ mit den daraus berechenbaren Größen Sensitivität, Spezifität und Treffsicherheit sowie positiver und negativer Vorhersagewert bestimmt. Um kosteneffektive Medizin zu betreiben, ist neben diesen Größen auch die Kenntnis der Auswirkungen auf das weitere klinische Management erforderlich [64].

Unter diesem Aspekt wurde untersucht, ob bei der Verwendung verschiedener Punktionssysteme signifikante Unterschiede bei der Anzahl von Fehlpunktionen nachweisbar waren. Die Fehlpunktionen wurden definiert als mangelhafte Zell- bzw. Gewebeausbeute mittels Punktion, unabhängig von der Anzahl der Probenahmen in einer Sitzung. Eine histopathologische Diagnose war in diesen Fällen also nicht zu stellen.

Unter Einschluss aller punktierten Organregionen wurden hierbei 286 Punktionen im Beobachtungszeitraum von 11 Jahren betrachtet und die histopathologischen Diagnosen mit der Dokumentation des punktierenden Radiologen verglichen. Vier verschiedene Punktionssysteme wurden in diesem Zeitraum verwendet:

1. Biopsiekanüle 1,2 mm x 150 mm [nur 1992]
2. Biopsiekanüle 0,8 mm x 150 mm [nur 1993]
3. Auto-Vac-System der Fa. Angiomed (18 gg.) [1994 – 1998]
4. BioPince-System der Fa. Pflugbeil (18 gg.) [1999 – 2002]

Wie unter den Ergebnissen dargestellt, waren mit dem BioPince-System der Firma Pflugbeil hier statistisch signifikant weniger Fehlpunktionen eruiert als mit dem Auto-Vac-System der Firma Angiomed. Im Vergleich mit den anderen verwendeten Punktionssystemen sind allenfalls tendenzielle Aussagen möglich. Hier zeichnet sich insgesamt eine Überlegenheit des BioPince-Systems ab. Aufgrund der kleinen Fallzahlen lassen sich statistisch signifikante Unterschiede hier nicht nachweisen.

Man kann somit die Empfehlung ableiten, CT-gestützte Punktionen mit dem BioPince-System der Firma Pflugbeil durchzuführen. Hier waren zwar statistisch mehr Komplikationen nachweisbar, die jedoch alle als entweder leicht oder mittelschwer eingestuft werden konnten und nie einer Intervention bedurften oder etwa letal endeten. Damit erscheint das Risiko für den Patienten durch eine Punktion ersthaft geschädigt zu werden als insgesamt geringfügig und akzeptabel. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass mit dem BioPince-System die Anzahl der Punktionen mit gewonnenem Gewebematerial statistisch höher lag als bei Punktionen mit dem Auto-Vac-System und im Vergleich mit den anderen Punktionssystemen zumindest ein tendenzieller Vorteil zu erkennen war. Somit kann mehr Patienten eine erneute Punktion oder eine andere, möglicherweise belastendere, Intervention erspart bleiben. Dies ist nicht nur ein bedeutender Vorteil für den Patienten, sondern hilft auch die immer knapper werdenden Ressourcen in der Medizin besser zu nutzen.

5.4 Diagnostische Übereinstimmung zwischen CT- und histopathologischer Diagnose

Bildgebende Verfahren, wie die Computertomographie, lassen nicht in jedem Fall eine genaue Diagnosestellung bei suspekten Raumforderungen zu. Zur Sicherung der Diagnose ist deshalb in bestimmten Fällen eine weiterführende Diagnostik, z. B. eine perkutane CT-gestützte Punktion, unerlässlich. Je besser die Diagnosestellung anhand bildmorphologischer Anhaltspunkte erfolgen kann und je genauer sie ist, desto geringer ist der Aufwand für weiterführende diagnostische Maßnahmen zur Planung der Therapie. Dies kommt sowohl dem Patienten zugute und entlastet andererseits die immer knapper werdenden Ressourcen in der Medizin.

Deshalb wurde anhand der vorliegenden Daten versucht, eine Aussage über die Übereinstimmung der im CT erhobenen mit den histopathologischen Diagnosen zu treffen. Die in den Ergebnissen dargestellten Resultate zeigen hier eine gute Übereinstimmung, d. h. die Diagnosen, die durch den Radiologen anhand bildmorphologischer Kriterien gestellt wurden, trafen überwiegend zu oder waren zumindest prognostisch wegweisend.

Im gesamten Beobachtungszeitraum lag die diagnostische Übereinstimmung bei über 80 %, im Durchschnitt bei 89,4 %. Dies korreliert sehr gut mit den Angaben von GHAYE et al. [9], die in ihrer Studie Ergebnisse von 92 % - 96 % beschreiben.

5.5 Klinische Schlussfolgerung

CT-gestützte Punktionen sind ein sehr wichtiges Hilfsmittel zur diagnostischen Klärung vorwiegend tumoröser Raumforderungen und zur Planung des weiteren Therapieregimes.

Anhand der Erkenntnisse aus den Punktionen des eigenen Patientengutes und der Ergebnisse der Studien internationaler Literatur lässt sich schlussfolgern, dass großlumigere Punktionskanülen häufiger zu besseren Ergebnissen führen, da neben der Dignität auch entsprechende histologische Ergebnisse erwartet werden dürfen.

Beim Einsatz dieser weitlumigen Systeme ist eine sehr präzise Planung des Punktionsweges, insbesondere im Bereich risikoreicher anatomischer Strukturen, erforderlich.

6. Zusammenfassung

Bei einer retrospektiven Untersuchung, durchgeführt am Carl-Thiem-Klinikum Cottbus, wurden über einen Zeitraum vom 01.01.1992 bis zum 31.12.2002, die Daten von 274 Patienten aufgearbeitet, die sich einer CT-gestützten Punktion unterzogen hatten. Da 12 Patienten zweimal punktiert wurden, konnten Ergebnisse von insgesamt 286 Punktionen ausgewertet werden. Einbezogen wurden Patienten jeden Alters und alle punktierten Organregionen.

Betrachtet wurden die Qualität des durch die Punktion gewonnenen Materials sowie die Anzahl und Intensität der Komplikationen, die dabei auftraten. Weiterhin war die Anzahl von Fehlpunktionen Gegenstand der Betrachtung. Hier war eine histopathologische Diagnose wegen inadäquaten Zell- bzw. Gewebematerials nicht zu stellen.

Durchgeführt wurden die Punktionen von interventionell erfahrenen Radiologen unter Verwendung verschiedener Punktionsnadeln. Es wurde festgestellt, dass die Komplikationsrate bei den hier ausgewerteten Punktionen zwischen 0 % und 25 % lagen, im Durchschnitt bei 10,1 %. Hierbei konnten Unterschiede bei den jeweils verwendeten Punktionsnadeln herausgearbeitet werden. Im Focus der Betrachtungen lagen das Auto-Vac-System der Firma Angiomed und das BioPince-System der Firma Pflugbeil. Die anderen Punktionsnadeln wurden in den Jahren 1992 und 1993 nur relativ kurzzeitig verwendet und konnten wegen der geringen absoluten Punktionszahlen zu keinen statistisch relevanten Ergebnissen führen. Unter dem Aspekt der Punktionskomplikationen konnte das System der Firma Angiomed statistisch signifikant besser abschneiden. Beachtet werden muss hierbei jedoch, dass die Punktionskomplikationen insgesamt als geringgradig eingeschätzt werden konnten und nach der vorgenommenen Einstufung nur als leicht und mittelschwer zu klassifizieren waren. Im Vergleich mit der internationalen Literatur ist diese Einstufung als deutlich stringenter zu bewerten als in den Ergebnissen anderer Autoren. Für die Belange dieser Arbeit erschien es jedoch notwendig so vorzugehen, um mögliche Unterschiede der Punktionsysteme herauszuarbeiten. Schwere Komplikationen, die eine Intervention erforderlich machten, traten in keinem Fall auf. Somit kann die CT-gestützte Punktion als ein sehr sicheres diagnostisches Hilfsmittel betrachtet werden.

Unter dem Gesichtspunkt einer effizienten und kostensparenden Medizin ist der Einsatz der richtigen diagnostischen Mittel von zentraler Bedeutung. Zudem ist für jeden Patienten eine individuelle, möglichst wenig belastende und rasche Diagnostik von enormer Wichtigkeit. Mehrfachuntersuchungen, insbesondere mehrfach durchzuführende Punktionen, sollten vermieden werden. Die Gewinnung adäquaten Gewebematerials zur Erstellung einer eindeutigen histopathologischen Diagnose muss deshalb das Ziel jeder Gewebeentnahme zur Klärung des weiteren Therapieregimes sein. Die Anzahl von Fehlpunktionen, also solcher Punktionen, die keine eindeutigen histopathologischen Diagnosen ergaben, sollten deshalb so weit wie möglich reduziert werden. Unter diesem Gesichtspunkt wurden die 286 Punktionen mit den verschiedenen Punktionssystemen betrachtet. Wieder richtete sich das Hauptaugenmerk auf die Systeme der Firma Angiomed und Pflugbeil, da nur hierbei die absoluten Zahlen ausreichend hoch für den statistischen Vergleich waren. Statistisch signifikant weniger Fehlpunktionen ließen sich bei Verwendung des BioPince-Systems nachweisen. Bei dem Vergleich mit den 1992 und 1993 verwendeten Biopsie-Kanülen waren zumindest auch tendentiell bessere Ergebnisse für dieses System ableitbar.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Verwendung des BioPince-Systems bei CT-gestützten Punktionen unter dem Aspekt des diagnostischen und therapeutischen Behandlungsregimes einen Vorteil gegenüber dem Auto-Vac-System bot und für zukünftige Interventionen zu favorisieren ist.

7. Literaturnachweis

1. Aideyan, O., A.; Schmidt, A.; Trenkner, S., W.; Hakim, N.,S.; Grussner, R., W., G.; Walsh, J., W.: CT-guided percutaneous biopsy of pancreas transplants. *Radiology*; 201; (1996): 825-828
2. Austin, J.,H.; Cohen, M.,B.:
Value of having a cytopathologist present during percutaneous fine-needle aspiration biopsy of lung: report of 55 cancer patients and metaanalysis of the literature. *AJR. American journal of roentgenology*; VOL: 160 (1); (1993): 175-7
3. Bortz, J.; Lienert, G., A.: *Kurzgefaßte Statistik für die klinische Forschung*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York; (1998)
4. Bressler, E.,L.; Kirkham, J.,A.:
Mediastinal masses: alternative approaches to CT-guided needle biopsy. *Radiology*; VOL: 191 (2); (1994): 391-6
5. Cattelani, L.; Campodonico, F.; Rusca, M.; Solli, P.; Carbognani, P.; Spaggiari, L.; Dal Corso, H.,M.:
CT-guided transthoracic needle biopsy in the diagnosis of chest tumours. *The Journal of cardiovascular surgery*; VOL: 38 (5); (1997): 539-42
6. Duda, S.,H.; Johst, U.; Krahmer, K.; Pereira, P.; König, C.; Schäfer, J.; Huppert, P.; Schott, U.; Böhm, P.; Claussen, C.,D.:
Technique and results of CT-guided percutaneous bone biopsy. *Der Orthopäde*; VOL: 30 (8); (2001): 545-50
7. Erlemann, R.; Zimmerschied, A.; Gilge, F.; Schröder, M.:
Stanzbiopsie oder Feinnadelaspirationsbiopsie bei der perkutanen Lungenpunktion?
Punch biopsy or fine needle aspiration biopsy in percutaneous lung puncture? *Der Radiologe*; VOL: 38 (2); (1998): 126-34

8. Fields, S.; Libson, E.:
CT-guided aspiration core needle biopsy of gastrointestinal wall lesions.
Journal of computer assisted tomography; VOL: 24 (2); (2000): 224-228
9. Ghaye, B.; Dondelinger, R.,F.; Dewe, W.:
Percutaneous CT-guided lung biopsy: sequential versus spiral scanning. A
randomized prospective study.
European radiology; VOL: 9 (7); (1999): 1317-20
10. Giron, J.; Fajadet, P.; Sans, N.; Paul, J.,L.; Vernhet, H.; Senac, J.,P.:
Interventional chest radiology.
European journal of radiology; VOL: 23 (1); (1996): 58-78
11. Greif, J.; Marmur, S.; Schwarz, Y.; Man, A.; Staroselsky, A.,N.:
Percutaneous core cutting needle biopsy compared with fine-needle aspira-
tion in the diagnosis of peripheral lung malignant lesions: results in 156 pa-
tients. Cancer; VOL: 84 (3); (1998): 144-7
12. Greif, J.; Staroselsky, A.,N.; Gernjac, M.; Schwarz, Y.; Marmur, S.; Perlsman,
M.; Yellin, A.: Percutaneous core needle biopsy in the diagnosis of mediasti-
nal tumors. Lung cancer : journal of the International Association for the
Study of Lung Cancer; VOL: 25 (3); (1999): 169-73
13. Grönemeyer, D.: Interventionelle Computertomographie: Lehrbuch und Atlas
zur interventionellen Operationstechnik und Schmerztherapie
Berlin: Ueberschutter-Wiss.; (1989): 3-5; 14-24; 31-34)
14. Günther, R., W.; Thelen, M.: Interventionelle Radiologie; Georg Thieme Ver-
lag, (1988): 4-8; 485-488
15. Gupta, S.; Wallace, M.,J.; Morello, F.,A.,Jr.; Ahrar, K.; Hicks, M.,E.:
CT-guided percutaneous needle biopsy of intrathoracic lesions by using the
transsternal approach: experience in 37 patients.
Radiology; VOL: 222 (1); (2002): 57-62

16. Haage, P.; Piroth, W.; Staatz, G.; Adam, G.; Günther, R.,W.:
CT-guided percutaneous biopsies for the classification of focal liver lesions: a comparison between 14 G and 18 G puncture biopsy needles
RöFo. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der neuen bildgebenden Verfahren; VOL: 171 (1); (1999): 44-48
17. Ha, H.,K.; Sachs, P.,B.; Haaga, J.,R.; Abdul-Karim, F.:
CT-guided liver biopsy: an update. Clinical imaging; VOL: 15 (2);
(1991): 99-104
18. Haramati, L.,B.; Austin, J.,H.:
Complications after CT-guided needle biopsy through aerated versus nonaerated lung. Radiology; VOL: 181 (3); (1991): 778
19. Harisinghani, M.,G.; Maher, M.,M.; Hahn, P.,F.; Gervais, D.,A.; Jhaveri, K.; Varghese, J.; Mueller, P.,R.:
Predictive value of benign percutaneous adrenal biopsies in oncology patients.
Clinical radiology; VOL: 57 (10); (2002): 898-901
20. Hüttemann, U.: Die diagnostischen Verfahren bei den unterschiedlichen Erscheinungsformen des Bronchuskarzinoms.
Onkologie 1; (1978): 66-69
21. Ippolito, V.; Micheletti, E.; Saccalani, M.; Barbera, F.; Tonoli, S.; Motta, C.:
Radiotherapy and spinal brace: still first-choice treatment for vertebral metastasis from breast cancer. Chir. Organi Mou.; LXXXIII; (1998): 177-183
22. Jourdan, J.,L.; Stubbs, R.,S.:
Percutaneous biopsy of operable liver lesions: is it necessary or advisable?:
The New Zealand medical journal; VOL: 109 (1035); (1996): 469-70

23. Klose, K.,C.; Biesterfeld, S.; Böcking, A.:
Perkutane CT-kontrollierte Schneidbiopsie diffuser interstitieller und alveolärer Lungenerkrankungen—Technik und Ergebnisse. RöFo. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der neuen bildgebenden Verfahren; VOL: 157 (1); (1992): 26-33
24. Kwijas, C.: Thorax-CT bei ausgewählten Lungenerkrankungen am Patientengut des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus. (1999)
25. Lalli, A., F.: Roentgen-guided aspiration biopsies of skeletal lesions. Can. Assoc. Radiol. J 21; (1970): 71-73
26. Larscheid, R.,C.; Thorpe, P.,E.; Scott, W.,J.:
Percutaneous transthoracic needle aspiration biopsy: a comprehensive review of its current role in the diagnosis and treatment of lung tumors. Chest; VOL: 114 (3); (1998): 704-9
27. Laurent, F.; Latrabe, V.; Vergier, B; Michel, P.:
Percutaneous CT-guided biopsy of the lung: comparison between aspiration and automated cutting needles using a coaxial technique. Cardiovascular and interventional radiology; VOL: 23 (4); (2000): 266-72
28. Laurent, F.; Latrabe, V.; Vergier, B.; Montaudon, M.; Vernejoux, J.,M.; Dubrez, J.: CT-guided transthoracic needle biopsy of pulmonary nodules smaller than 20 mm: results with an automated 20-gauge coaxial cutting needle. Clinical radiology; VOL: 55 (4); (2000): 281-7
29. Lawler, G., A; Doyle, C., A.; Lavan, J.: CT-guided percutaneous biopsy. Radiology; 141; (1984): 867-870
30. Leffler, S.,G.; Chew, F.,S.:
CT-guided percutaneous biopsy of sclerotic bone lesions: diagnostic yield and accuracy. AJR. American journal of roentgenology; VOL: 172 (5); (1999): 1389-92

31. Li, H.; Boiselle, P.,M.; Shepard, J.,O.; Trotman-Dickenson, B.; McLoud, T.,C.:
Diagnostic accuracy and safety of CT-guided percutaneous needle aspiration
biopsy of the lung: comparison of small and large pulmonary nodules.
AJR. American journal of roentgenology; VOL: 167 (1); (1996): 105-9
32. Liu, J.; Shin, H.,J.; Rubenchik, I.; Lang, E.; Lahoti, S.; Staerkel, G.,A.:
Cytologic features of lymphoepithelial cyst of the pancreas: two preopera-
tively diagnosed cases based on fine-needle aspiration.
Diagnostic cytopathology; VOL: 21 (5); (1999): 346-50
33. Lüning, M.; Schmidt, B.; Hoppe, E.: CT-gestützte Feinnadelbiopsien bei Le-
berrraumforderungen. Ein Vergleich der Ergebnisse einer Arbeitsgruppe von
zwei Zeiträumen. Röntgenpraxis 42; (1989): 1974
34. Martin, H.,E.; Ellis, E.,B. : Biopsy by needle puncture and aspiration.
Ann. Surg.; 92; (1939): 169
35. Med-World AG: Grundlagen der Magnetresonanz-Tomographie, Berlin
(2003);[http://www.m-ww.de/enzyklopaedie/diagnosen_therapien/mrt/ grund-
lagen.html](http://www.m-ww.de/enzyklopaedie/diagnosen_therapien/mrt/grundlagen.html)
36. Mody, M.,K.; Kazerooni, E.,A.; Korobkin, M.:
Percutaneous CT-guided biopsy of adrenal masses: immediate and delayed
complications.:
Journal of computer assisted tomography; VOL: 19 (3); (1995): 434-9
37. Nöldge, G.; Richter, G.,M.; Grenacher, .L; Brado, M.; Kauffmann, G.,W.:
CT-guided puncture. Der Radiologe; VOL: 36 (9); (1996): 683-91
38. Padhani, A.,R.; Scott, W.,W, Jr,:
Re: Percutaneous transpulmonary CT-guided liver biopsy.
AJR. American journal of roentgenology; VOL: 169 (1); (1997): 313-4

39. Pagani, J., J.: Biopsy od focal hepatic lesions. *Radiology*; 147; (1983): 673-675
40. Peiß, J.; Klose, K., C.; Klever, P.: Lungenmetastasierung eines intrakraniellen Meningeoms – Diagnosesicherung durch CT-gesteuerte perkutane Biopsie. *Fortschr. Röntgenstr.*; 153,6; (1990): 728-729
41. Pickuth, D.: *Sonographie systematisch, 2. Auflage – Bremen und Lorch/Mürttemberg: UNI-MED, (1997)*
42. Pombo, F.; Rodriguez, E.; Martin, R.; Lago, M.:
CT-guided core-needle biopsy in omental pathology.
Acta radiologica; VOL: 38 (6); (1997): 978-81
43. Rodriguez, J.; Kasberg, C.; Nipper, M.; Schoolar, J.; Riggs, M.,W.; Dyck, W.,P.:
CT-guided needle biopsy of the pancreas: a retrospective analysis of diagnostic accuracy.
The American journal of gastroenterology; VOL: 87 (11); (1992): 1610-3
44. Rotte, K.,H.: CT-assisted needle biopsy in pulmonary and mediastinal space-occupying lesions. The effect of spiral CT and various biopsy needles on results
Aktuelle Radiologie; VOL: 5 (3); (1995): 136-9
45. Saji, H.; Nakamura, H.; Tsuchida, T.; Tsuboi, M.; Kawate, N.; Konaka, C.; Kato, H.:
The incidence and the risk of pneumothorax and chest tube placement after percutaneous CT-guided lung biopsy: the angle of the needle trajectory is a novel predictor. *Chest*; VOL: 121 (5); (2002): 1521-6
46. Saleh, H.; Masood, S.; Wynn, G.; Assaf, N.:
Unsuspected metastatic renal cell carcinoma diagnosed by fine needle aspiration biopsy. A report of four cases with immunocytochemical contributions.
Acta cytologica; VOL: 38 (4); (1994): 554-61

47. Sateriale, M.; Cronan, J.,J.; Savadler, L.,D.:
A 5-year experience with 307 CT-guided renal biopsies: results and complications. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR*; VOL: 2 (3); (1991): 401-7
48. Schärbele, W.: *Interventionelle Radiologie*. Springer (2000)
49. Scheer, M.; Hon, M.; Fruauff, A.; Blumenfeld, W.; Grossmann, Z., D.; Katz, D.,S.: Perinephric xanthogranulomatosis: CT-diagnosis and confirmation by CT-guided percutaneous biopsy. *Journal of Clinical Imaging* 24; (2000): 64-67
50. Schratte, M.: CT-guided percutaneous biopsy in orthopedics. *Radiologie*, (1990): 201-13
51. Scott, E.,M.; Marshall, T.,J.; Flower, C.,D.; Stewart, S.:
Diffuse pleural thickening: percutaneous CT-guided cutting needle biopsy. *Radiology*; VOL: 194 (3); (1995): 867-70
52. Siemens: *Benutzerhandbuch Somatom Plus S*. Siemens Aktiengesellschaft. Bereich medizinische Technik. Erlangen, (1996)
53. Sinner, W., N.: Wert und Bedeutung der perkutanen transthorakalen Nadelbiopsie für die Diagnose intrathorakaler Krankheitsprozesse. *Fortschr. Röntgenstr.* 123; (1975): 197-202
54. Sinner, W., N.: Fine needle biopsy of solitary pulmonary metastasis. *Europ. J. Radiol.* 4; (1984): 9
55. Sklair-Levy, M.; Polliack, A.; Shaham, D.; Applbaum, Y.,H.; Gillis, S.; Ben-Yehuda, D.; Sherman, Y.; Libson, E.:
CT-guided core-needle biopsy in the diagnosis of mediastinal lymphoma. *European radiology*; VOL: 10 (5); (2000): 714-718

56. Song, J.,H.; Cronan, J.,J.:
Percutaneous biopsy in diffuse renal disease: comparison of 18- and 14-gauge automated biopsy devices.
Journal of vascular and interventional radiology : JVIR; VOL: 9 (4); (1998): 651-5
57. Sperti, C.; Pasquali, C.; Di Prima, F.; Rugge, M.; Petrin, P.; Costantino, V.; Canton, A.; Pedrazzoli, S.: Percutaneous CT-guided fine needle aspiration cytology in the differential diagnosis of pancreatic lesions.
The Italian journal of gastroenterology; VOL: 26 (3); (1994): 126-31
58. Staroselsky, A.,N.; Schwarz, Y.; Man, A.; Marmur, S.; Greif J.:
Additional information from percutaneous cutting needle biopsy following fine-needle aspiration in the diagnosis of chest lesions.
Chest; VOL: 113 (6); (1998): 1522-5
59. Tanaka, J.; Sonomura, T.; Shioyama, Y.; Kutsukake, Y.; Tomita, K.; Ushimi, T.; Yokoyama, Y.; Abe, K.; Suzuki, K.:
“Oblique path”—the optimal needle path for computed tomography-guided biopsy of small subpleural lesions.
Cardiovascular and interventional radiology; VOL: 19 (5); (1996): 332-4
60. Toomes, H.; Delphendal, A.; Manke, H.-G.; Vogt-Moykopf, I.:
Der solitäre Lungenrundherd. Differentialdiagnose und Beurteilung.
Deutsches Ärzteblatt; (1981): 1717-1722
61. Trampisch, J.: Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie. Springer: (1997)
62. Wallace, M.,J.; Krishnamurthy, S.; Broemeling, L.,D.; Gupta, S.; Ahrar, K.; Morello, F.,A., Jr.; Hicks, M.,E.:
CT-guided percutaneous fine-needle aspiration biopsy of small (< or =1 cm) pulmonary lesions; Radiology; VOL: 225 (3); (2002): 823-8

63. Wilkinson, A.,G.; Paton, J.,Y.; Gibson, N.; Howatson, A.,G.:
CT-guided 14-G cutting needle lung biopsy in children: safe and effective.
Pediatric radiology; VOL: 29 (7); (1999): 514-6
64. Wutke, R.; Schmid, A.; Fellner, F.; Horbac, T.; Kastl, S.; Papadopoulos, T.;
Hohenberger, W.; Bautz, W.: CT-guided percutaneous core biopsy: Effective
accuracy, diagnostic utility and effective costs.
RöFo. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der neuen bild-
gebenden Verfahren; VOL: 173 (11); (2001): 1025-33
65. Yamagami, T.; Nakamura, T.; Iida, S.; Kato, T.; Nishimura, T.:
Management of pneumothorax after percutaneous CT-guided lung biopsy.
Chest; VOL: 121 (4); (2002): 1159-64
66. Yankelevitz, D.,F.; Henschke, C.,I.; Davis, S.,D.:
Percutaneous CT biopsy of chest lesions: an in vitro analysis of the effect of
partial volume averaging on needle positioning.
AJR. American journal of roentgenology; VOL: 161 (2); (1993): 273-8
67. Yeow, K.,M.; See, L.,C.; Lui, K.,W.; Lin, M.,C.; Tsao, T.,C.; Ng, K.,F.; Liu,
H.,P.:
Risk factors for pneumothorax and bleeding after CT-guided percutaneous
coaxial cutting needle biopsy of lung lesions.
Journal of vascular and interventional radiology : JVIR; VOL: 12 (11);
(2001): 1305-12

8 Thesen

1. Die CT-gestützte perkutane Punktion ist ein sicheres und effektives Verfahren zur diagnostischen Sicherung suspekter Raumforderungen.
2. Die zu erwartende Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Komplikation durch eine perkutane CT-gestützte Punktion liegt mit dem Auto-Vac-System zwischen 3,9 % und 13,9 %, mit dem BioPince-System zwischen 10,7 % und 23,9 %. Alle geschilderten Komplikationen sind insgesamt als geringfügig zu bewerten.
3. Die Punktionskomplikationen sind unter Berücksichtigung der Art und Schwere als günstiger im Vergleich zu den Ergebnissen in der internationalen Literatur einzuschätzen.
4. Die Anzahl von Fehlpunktionen muss sowohl im Interesse des Patienten als auch unter dem Gesichtspunkt einer effizienten und kostensparenden Medizin so gering wie möglich gehalten werden. Aus diesem Grund ist das Punktions-system BioPince der Firma Pflugbeil zu favorisieren. Anhand der vorliegenden Ergebnisse liegt die zu erwartende Wahrscheinlichkeit für eine Fehlpunktion zwischen 1,5 % und 9,5 %. Im Vergleich hierzu liegt die zu erwartende Wahrscheinlichkeit für eine Fehlpunktion mit dem Auto-Vac-System zwischen 9,7 % und 22,6 %.
5. Im Ergebnis des Studiums der internationalen Literatur muss generell die Verwendung großlumigerer Punktionskanülen empfohlen werden, da die Gewebeausbeute und die damit erzielbare höhere diagnostische Sicherheit Vorteile gegenüber von Feinnadelbiopsien bietet.
6. Bei Verwendung weitleumiger Punktionsysteme ist eine besonders umsichtige Planung des Zugangsweges erforderlich, insbesondere im Bereich risikoträchtiger anatomischer Strukturen, z. B. große Gefäße, Nerven, Ureteren.
7. Es besteht eine hohe Sicherheit für eine zielführende Diagnose anhand bildmorphologischer Kriterien durch die Computertomographie. Da hier die individuelle Erfahrung des jeweiligen Radiologen von entscheidender Bedeutung ist, bleibt die CT-gestützte Punktion ein entscheidendes diagnostisches Hilfsmittel.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Heiko Marschan
Adresse: 01945 Ruhland, Neugrabenweg 23b
Geburtsdatum: 19.06.1968
Geburtsort: Lauchhammer
Familienstand: verheiratet, 2 Kinder

Schulbildung

1975 – 1985 Allgemeinbildende Polytechnische
Oberschule Ruhland
1985 – 1987 Erweiterte Oberschule Senftenberg – Abitur

Wehrdienst

1987 – 1990

Hochschulbildung

1990 – 1996 Universität Leipzig, Fachrichtung Humanmedizin

Arzt im Praktikum

10/1996 – 3/1998 Bergmannskrankenhaus Senftenberg,
Innere Medizin

Arzt in Weiterbildung

4/1998 – 9/1999 Klinikum Niederlausitz GmbH,
Klinik für Innere Medizin
10/1999 – 3/2000 Klinikum Niederlausitz GmbH,
Klinik für Unfallchirurgie
4/2000 – 9/2000 Klinikum Niederlausitz GmbH,
Klinik für Urologie
10/2000 – 3/2002 Praxisgemeinschaft für Allgemeinmedizin und
Innere Medizin in Vetschau

6/2002

Facharzt für Allgemeinmedizin

Weiterbildung zum Facharzt für Arbeitsmedizin

ab 7/2002

BASF Schwarzheide GmbH,
Werksärztlicher Dienst

Erklärung

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

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

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

Danksagung

Herrn Doz. Dr. med. habil. C.- P. Muth danke ich für die Überlassung des Themas, die stets wohlwollende Betreuung sowie für die wertvollen und zielführenden Hinweise zur Durchführung der Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. med. R. P. Spielmann für seine entgegenkommende Unterstützung.

Dank sagen möchte ich auch den Mitarbeiterinnen der Institutes für Radiologie, in erster Linie der Oberleitenden MTA, Frau Kohl, für die tatkräftige Unterstützung bei der Aufarbeitung des Datenmaterials.

Ferner gilt mein Dank Herrn Dr. med. habil. O. Kaufmann für die freundliche Unterstützung bei der Sichtung der pathologischen Diagnosen.

Darüber hinaus möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen der Bibliothek des Carl-Thiem-Klinikums Cottbus bedanken, die mir jederzeit bei der Literaturrecherche behilflich waren sowie bei Herrn Dr. Preuß von der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus für die Unterstützung bei der statistischen Berechnung.

Dank gilt in besonderem Maße auch meiner Frau sowie meinen Eltern, die mich alle auf ihre Weise unterstützten und zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.