

JUSTUS-LIEBIG-



UNIVERSITÄT
GIESSEN

Klinikum

Aus dem Institut und der Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin
des Universitätsklinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen
(Komm. Leiter: Prof. Dr. Joachim Schneider)

Wertigkeit der statischen Compliance-Messung bei Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen der Lunge und der Pleura

G. Hauser-Heidt, R. Arhelger und J. Schneider

Wissenschaftlicher Abschlussbericht

Wertigkeit der statischen Compliance-Messung bei Asbestfaserstaub-
verursachten Erkrankungen der Lunge und der Pleura

Dr. med. Gabriele Hauser-Heidt

Dipl. Ing. Rolf Arhelger

Prof. Dr. med. Joachim Schneider

in wissenschaftlicher Kooperation
mit Herrn Chefarzt Dr. med. Kurt Hering,
und Herrn Chefarzt Dr. med. Wolfgang Raab

Gefördert durch die
Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie und dem
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 5
2. Fragestellung	Seite 12
3. Methodik	Seite 13
3.1 Klinische Untersuchungen	Seite 13
3.2 Röntgendiagnostik und Computertomografie (HRCT)	Seite 13
3.3 Lungenfunktionsanalyse	Seite 14
3.4 Datenerfassung und Datenauswertung	Seite 15
4. Patientenkollektiv	Seite 17
5. Ergebnisse	Seite 19
5.1 Befunde der bildgebenden Verfahren	Seite 19
5.1.1 Pleurale Befunde im Röntgenbild	Seite 19
5.1.2 Lungenbefunde im konventionellen Röntgenbild	Seite 20
5.1.3 Vergleich der Lungenbefunde zwischen der Erst- und Zweitbeurteilung im Röntgenbild	Seite 21
5.1.4 Pleurale Befunde im HRCT	Seite 22
5.1.5 Lungenbefunde im HRCT	Seite 23
5.1.6 Pleurale Befunde im Röntgenbild und HRCT	Seite 23
5.1.7 Lungenbefunde im Röntgenbild und HRCT	Seite 24
5.1.8 Spezifität, Sensitivität und prädiktive Werte der Befunde im Röntgenbild und HRCT	Seite 27
5.2 Lungenfunktionsanalytische Ergebnisse	Seite 28
5.3 Korrelation der Röntgenbefunde mit den Lungenfunktionsbefunden	Seite 33
5.3.1 Vitalkapazität	Seite 35
5.3.2 Diffusionskapazität	Seite 37
5.3.3 Statische Compliance	Seite 39
5.3.4 Statische Compliance in Abhängigkeit vom Schweregrad der Lungenasbestose	Seite 41

5.3.5	Parameter der Obstruktion in Abhängigkeit von den Röntgenbefunden	Seite 43
5.3.6	Weitere Lungenfunktions-Parameter in Abhängigkeit von den Röntgenbefunden	Seite 49
6.	Diskussion	Seite 54
7.	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	Seite 68
8.	Literatur	Seite 69
9.	Danksagung	Seite 75
	Anhang	

1. Einleitung

Den arbeitsbedingten Staublungenerkrankungen (Pneumokoniosen) kommt nicht nur aus arbeitsmedizinischer, sondern auch aus sozio-ökonomischer Sicht nach wie vor eine wesentliche Bedeutung zu. Die durch Asbestfaserstäube hervorgerufenen Erkrankungen gemäß der Nr. 4103 der Berufskrankheitenverordnung (BKV) zeigen in den Statistiken seit Anfang der 80er Jahre weiterhin einen deutlichen Anstieg, siehe **Abb. 1.1**.

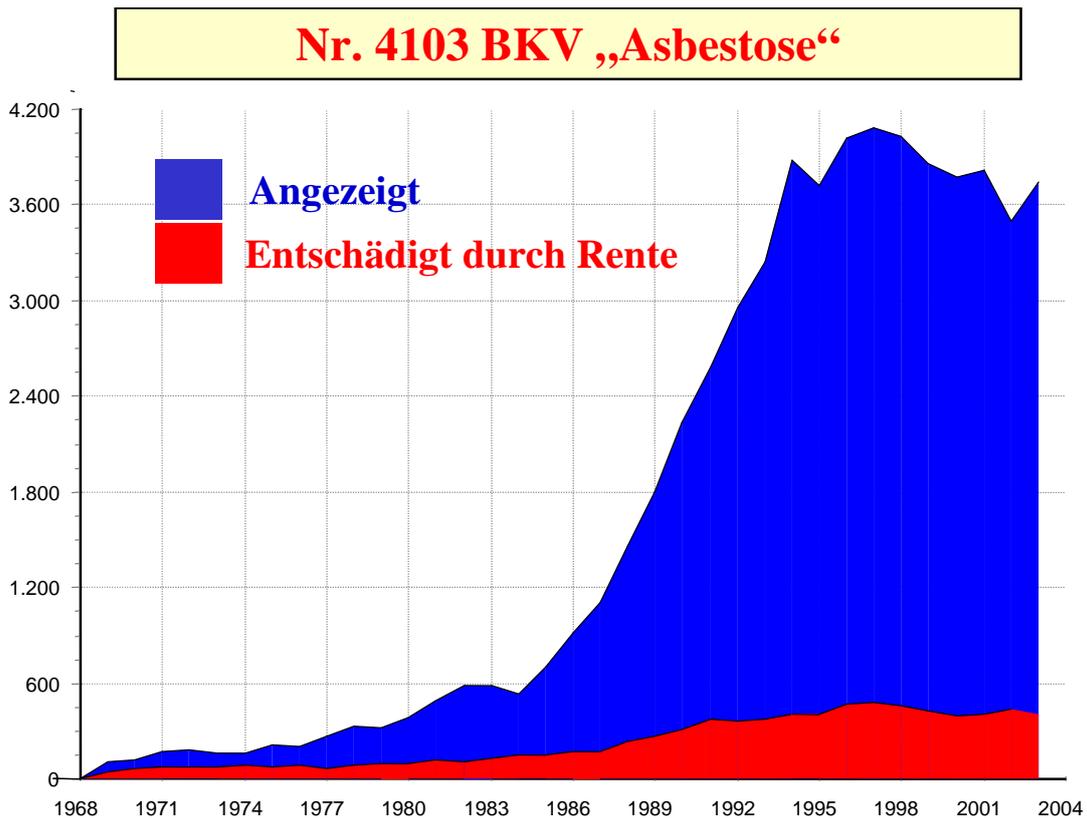


Abb. 1.1: Angezeigte und entschädigte Berufskrankheiten der Nr. 4103 BKV „Asbeststaublungenerkrankung (Asbestose) oder durch Asbeststaub-verursachte Erkrankungen der Pleura“

Hierbei ist anzunehmen, dass in den nächsten 10 bis 20 Jahren die Häufigkeit der fortgeschrittenen Asbestosen zurückgehen wird, während Frühstadien und insbesondere Asbest-verursachte Pleuraveränderungen deutlich zunehmen werden. Insbesondere nehmen auch maligne Erkrankungen der Pleura, wie das diffuse maligne Pleuramesotheliom, das als sog. „Signaltumor“ für eine ehemals stattgehabte Asbestfaserstaub-Exposition zu gelten hat, in den nächsten Jahren weiter zu. Coenen und Mitarbeiter haben bereits 1991 für die alten Bundesländer Deutschlands anhand des Datenbestandes der Zentralen Erfassungsstelle für

Asbestfaserstaub-gefährdete Arbeitnehmer (ZAs) bei der Textil- und Bekleidungs-Berufsgenossenschaft, Augsburg bis 1998 eine Prognose über die zukünftige Entwicklung des Berufskrankheitengeschehens für Deutschland veröffentlicht.

Hiernach wird das Maximum der neu hinzukommenden Asbestfaserstaub-verursachten Berufskrankheiten etwa für das Jahr 2013 vorhergesagt. Von allein ca. 1.000 als Berufskrebs anerkannten Mesotheliom-Todesfällen (Nr. 4105 BKV) und einer etwa gleich hohen Fallzahl an Lungenkrebserkrankungen (Nr. 4104 BKV) kann ausgegangen werden. Die seit 1989 entschädigten Erkrankungen an Pleuramesotheliom weisen eine weitgehende Übereinstimmung mit den prognostizierten Fallzahlen auf, wobei nach 1990 die Einbeziehung der neuen Bundesländer zu berücksichtigen ist. Die Pleura gilt als sensitives Organ einer früheren Asbestfaserstaub-Einwirkung. Auch bei nicht malignen pleuralen Asbestinhalationsfolgeschäden ist noch keine Abnahme der Fallzahlen absehbar.

Asbestfaserstaub verursacht neben den pleuralen Läsionen in Form von hyalinen Plaques, die im weiteren Verlauf Verkalkungen aufweisen können, auch Fibrosen des Lungenparenchyms. Die kanzerogene Eigenschaft des Asbests betrifft bei Menschen insbesondere den Tracheobronchialbaum, das Lungengewebe, das Rippenfell, das Bauchfell, sowie den Kehlkopf. Bei Asbeststaub-verursachten Erkrankungen handelt es sich nicht um obligat auftretende Gesundheitsstörungen sondern um ein Krankheitsgeschehen, bei dem insbesondere Dauer und Art der beruflichen Einwirkung sowie auch Lebensgewohnheiten eine individuelle Disposition und Suszeptibilität als Risikofaktoren zu berücksichtigen sind.

Die diffuse viszerale Pleuraverdickung als Folge einer Asbestfaserstaub-Einwirkung ist schon seit Anfang des 20. Jahrhunderts bekannt. Sie wurde zunächst pathologisch-anatomisch nachgewiesen. Die Diagnose wird bei bekannter Arbeitsplatzvorgeschichte heute in der Regel röntgenologisch oder computertomografisch gestellt. Hier zeigen sich meist doppelseitige, diffuse Verdickungen der viszeralen Pleura. Differenzialdiagnostisch muss bei diesen bildgebenden Verfahren insbesondere bei adipösen Patienten eine subpleurale Fetteinlagerung im Bereich der parietalen Pleura abgegrenzt werden.

Ebenso werden pathologisch-anatomisch der parietalen Pleura beetartig aufsitzende, umschriebene weißliche Verdickungen, sog. Plaques nachgewiesen. Mikroskopisch handelt es sich um ein zellarmes kollagenes Bindegewebe, das von Mesothelzellen überzogen ist. Plaques finden sich an der parietalen Pleura der Brustwand, des Zwerchfells und seltener auch im Bereich des Perikards und des Mediastinums. Die bindegewebigen Pleuraplaques stellen

sich radiologisch als hyaline Veränderungen dar, die im weiteren Zeitverlauf zunehmend verkalken können. Kleinere Pleuraplaques lassen sich manchmal nur mittels hochauflösender Computertomografie nachweisen.

Nach Woitowitz et al. 1985 und Konietzko 1990 lassen sich bei beruflich Asbestfaserstaub-exponierten Personengruppen, je nach untersuchtem Kollektiv, in bis zu 42 % der Beschäftigten Pleuraplaques beschreiben.

Die parietal-pleuralen Asbestinhalationsfolgen haben in der Regel nur geringfügige lungenfunktionelle Rückwirkungen. Asbestinhalationsfolgen der viszeralen Pleura gehen darüber hinaus mit Fibrosierungen in dem subpleuralen Lungengewebe einher. Besonders im CT lassen sich die zum Teil weit ins Lungenparenchym reichenden Fibrosierungsstränge als sog. "Krähenfüße" darstellen. Bei Einbeziehung von Bronchien in den Schrumpfungsprozess kommt es zu deren Obstruktion mit der Folge einer Atelektasenbildung (sog. "rounded atelectasis"). Viszerale Pleuraveränderungen können zu einem einseitigen, manchmal auch doppelseitigen Pleuraerguss („Gaensler-Pleuritis“) führen, der in der Regel folgenlos ausheilt. Gelegentlich kommt es jedoch zur bindegewebigen Verschwartung beider Pleurablätter mit radiologisch feststellbarer Adhärenz des kostophrenischen Winkels. Diese "Hyalinosis complicata" führt dann zum Bild der gefesselten Lunge mit z. T. erheblichen Lungenfunktionseinschränkungen. Hierbei kann es zu Einschränkungen im Sinne einer restriktiven Ventilationsstörung, Gasaustauschstörung, vor allem unter Belastung, teilweise auch zur Ausbildung einer Diffusionsstörung kommen.

Zahlreiche Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Pleura als besonders sensibles Organ im Hinblick auf eine Asbestfaserstaub-Einwirkung anzusehen ist. Dalquen et al. wiesen den Pleuraplaques als "epidemiologischem Leitfossil einer Asbestfaserstaub-Einwirkung" eine besondere Bedeutung zu.

Die Lungenasbestose ist eine diffuse, interstitielle, alveolarseptale und peribronchioläre Fibrose mit Obliteration des pulmonalen Kapillarbettes (Selikoff and Lee 1978). Als pathologisch-anatomisch kennzeichnender morphologischer Befund der Lungenasbestose gilt im Hinblick auf eine Differenzierung gegenüber Lungenfibrosen anderer Genese das Vorhandensein von Asbestkörperchen oder Asbestfasern (Churg and Green 1995). Bevorzugt sind die Mittel- und Untergeschosse beider Lungen betroffen. Der üblicherweise chronisch progrediente Prozess kann zu einer erheblichen Lungenschrumpfung führen. Die Ausbildung emphysematöser Zysten in den fibrosierenden Arealen führt zur sog. Honigwabens-

(honeycomb-) Lunge. Symptomatisch bestehen Reizhusten, Dyspnoe und allenfalls wenig Auswurf. Auskultatorisch imponiert Knisterrasseln.

Im Gegensatz zur parietalen Pleuraasbestose zeigt die Lungenasbestose meist funktionelle Auswirkungen. Diese bestehen in restriktiven Ventilationsstörungen, Diffusions- und Gasaustauschstörungen und Einschränkungen der pulmo-kardialen Leistungsbreite. In fortgeschrittenen Stadien werden auch obstruktive Ventilationsstörungen und Verteilungsstörungen beobachtet. Die Komplikationen des Spätstadiums der Lungenasbestose stellen die Honigwabenlunge, das chronische Cor pulmonale, Bronchiektasien und rezidivierende Bronchopneumonien dar. Wegweisend für einen chronischen interstitiellen Lungenprozess ist das Thorax-Röntgenbild. Radiologisches Korrelat der Lungenasbestose sind unregelmäßige kleine Schatten, die entsprechend der ILO-Klassifikation in der Fassung von 1980 bzw. 2000/BRD mit s, t und u bezeichnet werden (Bohlig et al. 1981, Hering et al. 2003). Die Streuung, d. h. die Dichte der Schatten, wird nach der 12-stufigen Streuungskategorie für eine Lungenasbestose $\geq 1/1$ (nach ILO 1980 bzw. 2000) differenziert. Die diagnostischen Kriterien bei der Beurteilung der Lungenasbestose, bei denen der Kausalzusammenhang gem. Nr. 4103 der Berufskrankheiten-Verordnung angenommen werden kann, sind in **Tabelle 1.1** aufgeführt (Woitowitz 1985).

Tab. 1.1: Diagnostische Kriterien bei der Beurteilung der Lungenasbestose (Nr. 4103 BKV).

Arbeitsanamnese	Art und Dauer der Asbestfaserstaub-Gefährdung entsprechend arbeitsmedizinischen Erfahrungen
Symptome	Reizhusten, Dyspnoe, wenig Auswurf
Röntgen	Kleine unregelmäßige Lungenschatten (Größe s, t u; Streuung $\geq 1/1$ nach ILO 1980 bzw. 2000/BRD)
Klinische Untersuchung	Knisterrasseln, ggf. sonstige Atemnebengeräusche
Lungenfunktion	Restriktion, Gasaustauschstörung, Einschränkung der pulmo-kardialen Leistungsbreite, Obstruktion, Verteilungsstörungen
Histologie	Sklerosierende, alveolareseptale und peribronchioläre, disseminierte Fibrose, Asbestfasern und Asbestkörperchen

Im Gegensatz zur Verursachung von Pleuraplaques oder des Pleuramesothelioms werden für die Lungenasbestose höhere kumulative Asbestfaserstaub-Dosen für erforderlich gehalten.

Derartig erhöhte Asbestfaserstaub-Einwirkungen werden in der Regel nur am Arbeitsplatz angetroffen (BK-Report Faserjahre, 1993, 1994, 1997). Histologisch finden sich bei der relativ weit geringeren Asbestfaserstaub-Einwirkung, z. B. im Umweltbereich nur wenig ausgeprägte Fibrosierungen, sog. "Minimalasbestosen" der Lunge.

Bei der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung wird neben der klinischen Untersuchung in der Regel die konventionelle Röntgen-Thoraxaufnahme p. a. durchgeführt. Des Weiteren wird eine Lungenfunktionsanalyse mit Bestimmung der Vitalkapazität und des Atemstoßtestes durchgeführt. Zunehmend wird die Computertomografie, insbesondere in Hochauflösungstechnik (HRCT) zur frühzeitigen Erfassung Asbeststaub-induzierter Erkrankungen an Lungenparenchym und Pleura eingesetzt. Besondere Bedeutung kommt der Computertomografie in Niedrigdosis-Technik („low-dose“ Spiraltechnik) jedoch zur Erfassung von malignen Erkrankungen ehemals Asbest-Exponierter zu.

Im Rahmen der Begutachtung des Schweregrades von Asbestfaserstaub-Inhalationsfolgeschäden im Sinne der Berufskrankheit der Nr. 4103 BKV sind die gesundheitlichen Beeinträchtigungen mit nachweisbarer Einschränkung der Lungenfunktion relevant. Insbesondere kommt es zu restriktiven Ventilationsstörungen mit Verminderung der Vitalkapazität (VK), des Residualvolumens (RV) und der totalen Lungenkapazität (TLC). Die Messung der Elastizität des Lungengewebes, die sog. Compliance-Messung wird von einigen Autoren als geeignete Messmethode in der Diagnostik der funktionellen Einschränkung nach Asbestfaserstaub-Einwirkung angesehen.

Auswirkungen von Asbestfaserstaub-verursachten Pleuraveränderungen ohne gleichzeitige Lungenasbestose auf die Lungenfunktion werden jedoch unterschiedlich beurteilt. In den meisten der vorliegenden Untersuchungen erfolgte keine Untersuchung mittels hochauflösender computertomografischer Technik, so dass die beginnenden Stadien einer Lungenasbestose – insbesondere mit subpleural-viszeraler Lokalisation – unter Umständen nicht diagnostiziert werden können. Jedoch zeigen sich bei Patienten mit einem röntgenologisch unauffälligen, jedoch im hochauflösenden Computertomogramm (HRCT) Fibrose-typischen Lungenbefund, bereits Einschränkungen der Lungenfunktion.

Bei sämtlichen Lungenfibrosen – nicht nur den durch Asbestfaserstaub-verursachten Fibrosen - imponiert funktionsanalytisch die restriktive Belüftungsstörung, deren Stärke vom Ausprägungsgrad der Fibrose und dem sich zwischen den Fibrose-Herden entwickelnden Emphysem abhängig ist. Eine verminderte Dehnbarkeit der Lunge kann auftreten, wenn das

ventilierbare Lungengewebe auf Kosten einer Bindegewebsvermehrung reduziert ist. Dies ist bei fortgeschrittenen Fibrosen der Fall, kann aber auch bei einer Atemwegsobstruktion beobachtet werden. Eine spirometrische und insbesondere eine bodyplethysmografisch durchgeführte Lungenfunktionsanalyse lässt eine Aussage zum Vorliegen einer Restriktion zu. Alleine die Compliance-Messung kann jedoch eine Aussage zur Lungendehnbarkeit, der elastischen Beschaffenheit der Lunge, machen.

Während der normalen Atemexkursion kommt es zu intrapleuralem Druckänderungen, diese werden im Rahmen der Compliance-Messung nicht im Pleuraspalt gemessen, sondern im thorakalen Anteil der Speiseröhre (Ösophagus) mittels einer gelegten Sonde. Für diese Untersuchung gilt wegen der elastischen Eigenschaften der Lungen und des Thorax das sog. Hooke'sche Gesetz. Dieses Gesetz besagt, dass eine Änderung des Volumens der Änderung des darauf einwirkenden Druckes (bis zum Erreichen der Elastizitätsgrenze) direkt proportional ist. Diese Volumen-Druck-Beziehung hängt, falls sie unter statischen Bedingungen gemessen wurde, nur von der Volumenänderung ab. Diese wird dann definiert als Volumenänderung pro Einheit der Druckänderung in Liter/cm H₂O oder Liter/kPa und wird als Compliance bezeichnet. Für die statische Compliance gilt die Formel

$$C_{\text{stat}} = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

Neben der sog. statischen Compliance wird die dynamische Compliance (C_{dyn}) während der Atmung, also nicht unter statischen Bedingungen gemessen. Es ist nachvollziehbar, dass z.B. bei erhöhter Atemfrequenz, die häufig bei Patienten mit Lungenkrankheiten vorliegt, diese deshalb niedriger ist als unter statischen Bedingungen. Um die sog. spezifische Compliance zu erhalten, wird der Quotient Compliance zur funktionellen Residualkapazität gebildet. Aus diesem Grunde gilt:

$$\text{Volumenänderung: } \frac{\text{Ausgangsvolumen}}{\text{Druckänderung}} \text{ oder } C_{\text{spez}} = \text{Compliance/FRC}$$

Die Einheit hierfür ist 1/cm H₂O. Wobei die funktionelle Residualkapazität (FRC) das in freier Verbindung mit den Atemwegen stehende alveoläre Ausgangsvolumen vor der Inspiration ist, das die Atem-Ruhelage kennzeichnet.

Nach Kroidl und Mitarbeiter (2000) lässt die Lungen-Compliance funktionsanalytisch eine Aussage zur elastischen Eigenschaft der Lungen zu, ihre Sensitivität sei höher einzuschätzen als die der Vitalkapazität. Nach Kroidl ist die Spezifität als gut zu bezeichnen, wenn das intrathorakale Gasvolumen, bzw. die funktionelle Residualkapazität mit einbezogen und die sog. spezifische Compliance der Lungen ermittelt wird.

Bislang existierte keine allgemein akzeptierte und verbindliche Sollwert-Tabelle für die Lungen-Compliance. Die bis dato veröffentlichten Sollwert-Formeln beruhten auf Analysen in sehr kleinen Kollektiven, die teilweise nicht einmal unterschiedliche Altersklassen umfassten (Ulmer und Mitarbeiter 2001). Gillissen und Mitarbeiter (1989) hatten für 36 männliche Probanden eine Formel für die spezifische statische Compliance errechnet. So wurden im Laufe der letzten 70 Jahre von verschiedenen Untersuchern unterschiedliche Formeln für die Berechnung der statischen oder der dynamischen Compliance veröffentlicht. Noch vor Beendigung der Auswertung der Studien-Daten zeigte sich, dass es erforderlich wurde, valide Normwert-Tabellen für die Compliance zur Verfügung zu haben.

Erst im Rahmen eines vom Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) geförderten Forschungsprojektes von Frau Prof. Dr. E. Borsch-Galetke aus dem Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin des Universitätsklinikums der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf sowie der Herren Dr. W. Galetke und Dr. H.-H. Rühle aus dem Zentrum für Pneumologie der Klinik Ambrock in Hagen gelang die Erstellung von Normwerten der statischen und dynamischen Compliance bei insgesamt 208 untersuchten Probanden unterschiedlicher Alterklassen.

Dieser Forschungsbericht wurde mit den dort veröffentlichten Normwert-Tabellen Grundlage unserer Auswertung zur Wertigkeit der Compliance.

Ziel der Studie war, die Wertigkeit der statischen Compliance-Messung bei Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen der Lunge und der Pleura zu untersuchen.

2. Fragestellung

Im Rahmen des von der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie und vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) geförderten Projektes zur Wertigkeit der statischen Compliance-Messung bei Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen der Lunge und der Pleura bearbeitete unsere Arbeitsgruppe, unterstützt durch die Berufsgenossenschaftliche Klinik für Berufskrankheiten in Bad Reichenhall, Herrn Chefarzt Dr. Wolfgang Raab und Herrn Dr. Kurt Hering, Chefarzt der Abteilung Röntgenologie, Radio-Onkologie und Nuklearmedizin, Knappschaftskrankenhaus, 44309 Dortmund die folgenden Fragestellungen:

- Welche Korrelationen bestehen zwischen Befunden der konventionellen Röntgenaufnahmen der Thoraxorgane und der hochauflösenden computertomografischen Untersuchungen (HRCT) mit Lungenfunktionsparametern, insbesondere Befunden der statischen Compliance?
- Welche Korrelationen bestehen zwischen dem Schweregrad einer Lungenasbestose und Befunden der Compliance?
- Welche Unterschiede bestehen bei Patienten mit Pleuraasbestose und Lungenasbestose bezüglich Befunden der Lungenfunktionsanalyse?

Darüber hinaus sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Welcher Grad der Übereinstimmung besteht zwischen der Erst- und Zweitbeurteilung der konventionellen Röntgenaufnahmen nach der ILO-Klassifikation?
- Lässt sich die in der Literatur angenommene höhere Sensitivität der HRCT-Diagnostik bezüglich des Nachweises Asbestfaserstaub-assoziiertes Veränderungen an unserem Kollektiv bestätigen?
- Welche Korrelation besteht zwischen der Beurteilung des Röntgenbildes nach der ILO-Klassifikation und der Beurteilung von HRCT?
- Welche Lungenfunktionsparameter sind bei Patienten mit bereits anerkannter Berufskrankheit der Nr. 4103 der BKV pathologisch verändert?
- Liegen obstruktive Ventilationsstörungen bei bestehenden Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen vor?

3. Methodik

3.1 Klinische Untersuchungen

Aufgenommen wurden $n = 175$ Patienten mit Asbeststaublungenerkrankungen oder durch Asbeststaub-verursachten Erkrankungen der Pleura (Nr. 4103 BKV), die sich in den Jahren zwischen 1991 und 1994 im Rahmen eines berufsgenossenschaftlichen Heilverfahrens stationär in der Klinik für Berufskrankheiten in Bad Reichenhall befanden. Dort wurden die klinischen Untersuchungen, die Röntgen- und Computertomografieaufnahmen sowie die Lungenfunktionsanalysen durchgeführt.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die anamnestischen Daten anhand eines standardisierten Fragebogens erhoben. Es wurde nach Art und Dauer der arbeitsbedingten Asbestfaserstaub-Exposition gefragt. Vorerkrankungen des Atemtraktes, wie Lungen- und Rippenfellentzündungen, Lungentuberkulose, Asthma bronchiale und chronische Bronchitis wurden erfasst. Erfragt wurden auch die Rauchgewohnheiten und die Familienanamnese. Die körperliche Untersuchung umfasste in typischer Weise eine ausführliche klinische Untersuchung, die insbesondere die Inspektion des Thorax, die Auskultation und Perkussion von Herz und Lunge sowie die Messung von Größe, Gewicht, Blutdruck und Pulsfrequenz mit einschloss.

Von insgesamt $n = 172$ Patienten lagen die erforderlichen Untersuchungsdaten einschließlich der konventionellen Röntgenaufnahme, einer Computertomografie in hochauflösender Technik und die lungenfunktionsanalytischen Messparameter vor. Der Anteil der Frauen im Gesamtkollektiv war sehr gering. Bei vorhandenen Daten von insgesamt nur 3 Frauen (1,7 %) wurde beschlossen, die Auswertungen auf das männliche Kollektiv zu beschränken. Aufgrund dessen basieren sämtliche Auswertungen auf einem Kollektiv von $n = 169$ Männern.

3.2 Röntgendiagnostik und Computertomografie (HRCT)

Von jedem Patienten wurde aktuell während des Aufenthaltes ein Röntgen-Thoraxbild in p. a.-Technik angefertigt. Alternativ wurde ein nicht länger als 6 Monate zurückliegendes Röntgen-Thoraxbild verwendet. Des weiteren konnte für die Patienten eine HRCT-Untersuchung durchgeführt werden. Die Röntgen-Thoraxbilder wurden ohne Kenntnis des klinischen Befundes nach der ILO-Staublungen-Klassifikation 1980/BRD kodiert. Dies erfolgte standardisiert durch einen Erstbeurteiler (J. S.) und davon unabhängig von einem

langjährig erfahrenen Zweitbeurteiler im Sinne eines sog. B-readers (H.-J. W.). Sämtliche HRCT-Aufnahmen wurden in Anlehnung an die ILO-Staublungenklassifikation standardisiert ausgewertet (s. Anhang Zweitbeurteilungsbogen und HRCT-Befundungs-Bogen).

Die Beurteilung der Computertomografie-Aufnahmen erfolgte durch Herrn Chefarzt Dr. Kurt Hering, Abteilung Röntgenologie, Radio-Onkologie und Nuklearmedizin, Knappschaftskrankenhaus, Wickesweg 27, 44309 Dortmund.

3.3 Lungenfunktionsanalyse

Es wurde eine Lungenfunktionsanalyse in Ruhe während des stationären Aufenthaltes in der Berufsgenossenschaftlichen Klinik für Berufskrankheiten in Bad Reichenhall durchgeführt. Sie umfasste eine Spirometrie mit Darstellung der Fluss-Volumen-Kurve, die Ermittlung der Vitalkapazität, die Bestimmung des Atemstoßtestes. Weiterhin wurde eine Ganzkörperplethysmografie sowie die Messung der statischen und dynamischen Compliance mittels Ösophagussonde durchgeführt. Bei der Compliance-Untersuchung handelt es sich **nicht** um einen **duldungspflichtigen** Eingriff. Eine Spiro-Ergometrie, also eine Belastungsuntersuchung unter Einschluss der Messung der veränderten pulmonologischen Ventilationsparameter wurde nicht durchgeführt. Die von der Klinik in Bad Reichenhall übermittelten Patientenbögen konnten jedoch nicht stets sämtliche beurteilungsrelevanten Daten ausweisen. Bei bestimmten Parametern ergaben sich Dokumentationslücken, da erkrankungsbedingt nicht bei jedem Patienten das komplette Lungenfunktionsprogramm durchgeführt werden konnte.

Folgende Lungenfunktionsparameter wurden erhoben:

Lungenfunktionsparameter	Abkürzung	Einheit
Totaler Atemwegswiderstand (Resistance)	R_{tot}	kPa/l/s
Inspiratorische Vitalkapazität	VC_{in}	l
Residualvolumen	RV	l
Totale Lungkapazität	TLC	l
Relatives Residualvolumen	RV % TLC	%
Einsekundenkapazität	FEV1	l
Relative Einsekundenkapazität	FEV1 % FVC	%
Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der forcierten Vitalkapazität	MEF 50	l/s
Statische Compliance	C_{stat}	l/kPa
Maximale Vitalkapazität	VC_{max}	l
Funktionelle Residualkapazität	P-FRC st	kPa
Totale Lungkapazität	P-TLC st	kPa
Diffusionskapazität (single breath)	$TLCO_{\text{SB}}$	mmol/min/kPa
Diffusionskapazität pro Alveolarvolumen	$TLCO/VA$	mmol/min/kPa/l
Intrathorakales Gasvolumen	ITGV	l

3.4 Datenerfassung und Datenauswertung

Die Datenerfassung der anamnestischen Angaben, der klinischen Untersuchungsbefunde, der konventionell-röntgenologischen Befunde in Anlehnung an die ILO-Klassifikation/1980 BRD und die Beurteilung der HRCT-Aufnahmen erfolgte direkt von den Untersuchungsbögen bzw. Beurteilungsbögen in ein spezielles EDV-Datenerfassungsprogramm.

Folgende Plausibilitätskontrollen wurden durchgeführt:

1. Erste Plausibilitäten waren im Erfassungsprogramm implementiert.
 - Abfragen nicht möglicher Datum-Eingaben.
 - Grenzen von numerischen Variablen, z. B. negative Werte, nicht möglich.
2. Alle numerischen Variablen wurden auf Werteausreisser überprüft (Ermittlung von minimalen und maximalen Werten).
3. Die Stringvariablen der Röntgen- und HRCT-Befunde wurden mit Algorithmen in 2 verschiedenen Programmiersprachen reduziert.

Dabei wurden mehrere Probleme der Dateneingabe infolge frei wählbarer Texteingaben festgestellt, so dass bei den String Variablen von Doppeleingabe gesprochen werden kann.

Für die Datenauswertung wurde das Statistik-Paket, SPSS 11.5 verwendet.

Die Auswertung der einzelnen Untersuchungsergebnisse erfolgte zunächst im Sinne einer deskriptiven Analyse unter Darstellung von Box-Plots. Die Merkmalsausprägungen wurden auf statistisch signifikante Unterschiede mittels Chi-Quadrat-Test geprüft. Das Signifikanzniveau wurde einheitlich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ bei zweiseitiger Fragestellung vorgegeben.

Da die Verteilungen der Messwerte in den verschiedenen Fallgruppen in der Regel keiner Normalverteilung entsprach (siehe auch Box-Plots), wurden neben der jeweils untersuchten Anzahl (n) von Patienten, der Mittelwert (\bar{x}) mit Standardabweichung (s) auch der Median sowie die Minimum- und Maximumwerte aufgeführt.

4. Patientenkollektiv

Die Kohorte mit dem Untersuchungskollektiv umfasste n = 169 Männer im Alter von 35 bis 74 Jahren. Der Altersmedian betrug 57,5 Jahre.

Alle untersuchten Personen hatten Asbest und asbesthaltige Stoffe bearbeitet oder waren langjährig gegenüber Asbestfaserstaub exponiert gewesen. Die Aufschlüsselung nach Tätigkeiten bzw. Berufen kann **Tabelle 4.1** entnommen werden.

Tabelle 4.1: Zugehörigkeiten der Patienten zu Tätigkeiten bzw. Berufen

Beruf bzw. Tätigkeiten	Anzahl [n]	Anteil [%]
Hilfs-Arbeiter	31	18,3
Schlosser	29	17,2
Isolierer	15	8,9
Maurer	13	7,7
Monteur u. Glasbläser	17	10,1
Schreiner	8	4,7
Zimmermann	6	3,6
Landwirt	6	3,6
Klempner	6	3,6
Installateur	5	3,0
Akustiker	3	1,8
Dachdecker	3	1,8
Fahrer	3	1,8
Tischler	3	1,8
Weber	3	1,8
Schweißer	3	1,8
Maschinenführer	2	1,2
Müller	2	1,2
Kaufmann	2	1,2
Sonstige	9	5,3
Insgesamt	169	100,0

Die übergeordnete Einteilung der Berufe und Tätigkeiten erfolgte in Asbestprodukt-Hersteller (n = 30) und Anwender (n = 139). Die Anwender konnten weiterhin in folgende Untergruppen unterteilt werden: Beschäftigte mit Bearbeitung von Asbestzement (n = 20), Aufbringen oder Entfernen von Asbestisolierungen und Schalldämmplatten (n = 39), Schneiden von Asbestpapieren, -Pappen, -Dichtungen, IT-Platten und Bearbeiten von Asbesttextilien (n = 44), Verwendung von Asbesthitzeschutz in der Glas-herstellenden Industrie und als Glasbläser (n = 11) sowie sonstige Anwender (n = 25).

Als konkurrierender Faktor wurde der Raucherstatus erhoben. Die Einteilung nach den Rauchgewohnheiten basiert auf Patientenangaben. Es wurde eine Einteilung in die vier Kategorien Nieraucher, Exraucher, Raucher und unbekannte Rauchgewohnheiten vorgenommen. Als Raucher galten Personen, die zum Zeitpunkt der Aufnahme in die BG-Klinik Zigaretten rauchten. Exraucher waren alle Personen, die jemals regelmäßig Zigaretten geraucht hatten. n = 28 Patienten (16,57 %) berichteten über einen persistierenden Rauchkonsum, n = 47 (27,81 %) waren Exraucher und bei n = 76 Patienten (44,97 %) lagen keine näheren Angaben zum Rauchkonsum vor. Lediglich n = 8 Personen waren stets Nieraucher. Kumulative Dosen zum Rauchkonsum in Packungsjahren liegen nicht vor.

5. Ergebnisse

5.1 Befunde der bildgebenden Verfahren

Sämtliche konventionellen Röntgenaufnahmen wurden einem Zweitbeurteilungsverfahren unterzogen. Gemäß ILO-Klassifikation 1980/BRD wurden die parenchymalen und die pleuralen Asbestinhalationsfolgen kodiert und getrennt dargestellt.

5.1.1 Pleurale Befunde im Röntgenbild

Konventionell röntgenologisch wurden gemäß ILO 1980/BRD die in der **Tabelle 5.1** (Erstbeurteilung) und **Tabelle 5.2** (Zweitbeurteilung) aufgeführten pleuralen Befunde erhoben.

Dargestellt ist jeweils die Art der Asbestfaserstaub-verursachten Pleuraveränderungen im Sinne von diffusen Pleuraverdickungen, hyalinen oder verkalkenden Pleuraplaques. Ebenso wird die Ausdehnung, d. h. die Strecke von der Lungenspitze bis zum Zwerchfellrippenwinkel ($< \frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ sowie $> \frac{1}{2}$) angegeben.

Die Adhärenz des kostophrenischen Winkels wurde seitentrennt, bzw. bei beidseitigem Vorliegen dokumentiert.

Tabelle 5.1: Pleurale Befunde der konventionellen Röntgenaufnahmen gemäß der ILO-Staublungen-Klassifikation (Anzahl und Prozent) bei der ILO -Erstbeurteilung (J. S.)

Morphologie der Pleuraveränderung (Erstbeurteilung)	Ausdehnung (Summe aller Pleuraveränderungen)			Gesamt
	1 $< \frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$	3 $> \frac{1}{2}$	
Pleuraverdickung diffus	13 7,7 %	28 16,6 %	75 44,4 %	116 68,6 %
Pleuraverdickung umschrieben	24 14,0 %	27 15,7 %	23 13,4 %	74 43,0 %
Pleuraverkalkung	9 5,2 %	12 7,0 %	8 4,7 %	29 16,9 %
Adhärenz des kostophrenischen Winkels	rechts		Links	rechts und links
	34 20,1 %		21 12,4 %	12 7,1 %

Die Röntgenaufnahmen wurden einem Zeitbeurteiler-Verfahren unterzogen. Das Ergebnis findet sich in **Tabelle 5.2**.

Tabelle 5.2: Pleurale Befunde der konventionellen Röntgenaufnahmen gemäß der ILO-Staublungen-Klassifikation (Anzahl und Prozent) bei der ILO-Zweitbeurteilung (H.-J. W.)

Morphologie der Pleuraveränderung (Zweitbeurteilung)	Ausdehnung (Summe aller Pleuraveränderungen)			Gesamt
	1 < ¼	2 ¼ bis ½	3 > ½	
Pleuraverdickung diffus	14 8,1 %	28 16,2 %	72 41,9 %	114 66,3 %
Pleuraverdickung umschrieben	35 20,4 %	26 15,1 %	25 14,5 %	86 50,0 %
Pleuraverkalkung	14 8,1 %	12 7,0 %	8 4,7 %	34 19,8 %
Adhärenz des kostophrenischen Winkels	rechts		Links	rechts und links
	35 20,7 %		23 13,6 %	15 8,8 %

Insbesondere wurde neben der Adhärenz des kostophrenischen Winkels auch das Auftreten einer sog. Hyalinosis complicata als eigenständiger Befund erhoben, siehe **Tabelle 5.3**. Neben einer Adhärenz des kostophrenischen Winkels bestand eine Mantelschwarte mit Pleurawandverdickung sowie ggf. eine milchglasartige Trübung im Bereich der Unterfelder. Hierbei kam es in Übereinstimmung des Erst- und Zweitbeurteilers zu identischen, numerischen Diagnosen.

Tabelle 5.3: Hyalinosis complicata in der konventionellen Röntgenaufnahme bei Erst- und Zweitbeurteilung

Hyalinosis complicata (Erst- und Zweitbeurteilung)	Vorhanden	Nicht vorhanden
	14 12,1 %	155 87,9 %

5.1.2 Lungenbefunde im konventionellen Röntgenbild

Konventionell röntgenologisch wurden gemäß ILO 1980/BRD die in der **Tabelle 5.4** (Erstbeurteilung) und **Tabelle 5.5** (Zweitbeurteilung) aufgeführten parenchymalen Befunde erhoben.

Table 5.4: Parenchymale pneumokoniotische Veränderungen gemäß der ILO-Staublungen-Klassifikation (Anzahl und Prozent) bei der ILO-Erstbeurteilung (J. S.).

(p/q/r = kleine rundliche Schatten; s/t/u = kleine unregelmäßige Schatten, 0/0 usw. entspricht dem Streuungsgrad)

	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+
p/q/r	160 94,7 %	9 5,3 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
s/t/u	5 3,0 %	91 53,8 %	45 26,6 %	13 7,7 %	5 3,0 %	3 1,8 %	4 2,3 %	3 1,8 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %

Eindeutige Asbest-verursachte Veränderungen im Sinne von kleinen unregelmäßigen Schatten der Kategorie s, t oder u mit einer Streuung $\geq 1/1$ wurden bei $n = 28$ (16,6 %) der Patienten festgestellt. Als grenzwertige Befunde galten die Streuungskategorie 1/0, die bei $n = 45$ nachweisbar war. Die maximal beobachtete Streuungskategorie betrug 2/3 nach ILO 1980 bzw. 2000/BRD.

Bei der ILO-Zweitbeurteilung wurden $n = 25$ Fälle, somit 14,9 % als eindeutig Asbestose-typisch dokumentiert. Die maximal beobachtete Streuungskategorie betrug bei der Zweitbeurteilung 2/2 nach ILO 1980 bzw. 2000/BRD.

Table 5.5: Parenchymale pneumokoniotische Veränderungen gemäß der ILO-Staublungen-Klassifikation in Prozent (in Klammern Anzahl) bei der ILO-Zweitbeurteilung (H.-J. W.).

(p/q/r = kleine rundliche Schatten; s/t/u = kleine unregelmäßige Schatten; 0/0 usw. entspricht dem Streuungsgrad)

	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+
p/q/r	152 89,9 %	17 10,1 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
s/t/u	7 4,1 %	99 58,5 %	38 22,5 %	12 7,1 %	6 3,6 %	2 1,2 %	5 3,0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %

5.1.3 Vergleich der Lungenbefunde zwischen der Erst- und Zweitbeurteilung im Röntgenbild

Die Befunde des Erst- und des Zweitbeurteilers werden hinsichtlich der kleinen gemischten Lungenschatten s, t, u im Korrelogramm aufgetragen. Der Streuungsgrad ist jeweils für den Erst- sowie für den Zweitbeurteiler dargestellt. Bei einem Vergleich zwischen Erst- und Zweitbeurteilung in Bezug auf die fibrotischen Lungenveränderungen ergab sich in $n = 92$ Fällen (54,4 %) eine völlig übereinstimmende Beurteilung. In $n = 68$ Patienten (40,2 %) wichen die Beurteilungen um eine Stufe ab. Lediglich bei $n = 9$ (5,3 %) betrug die Abweichung mehr als eine Stufe nach ILO.

Streuung der gemischten kleinen Lungenschatten s, t, u

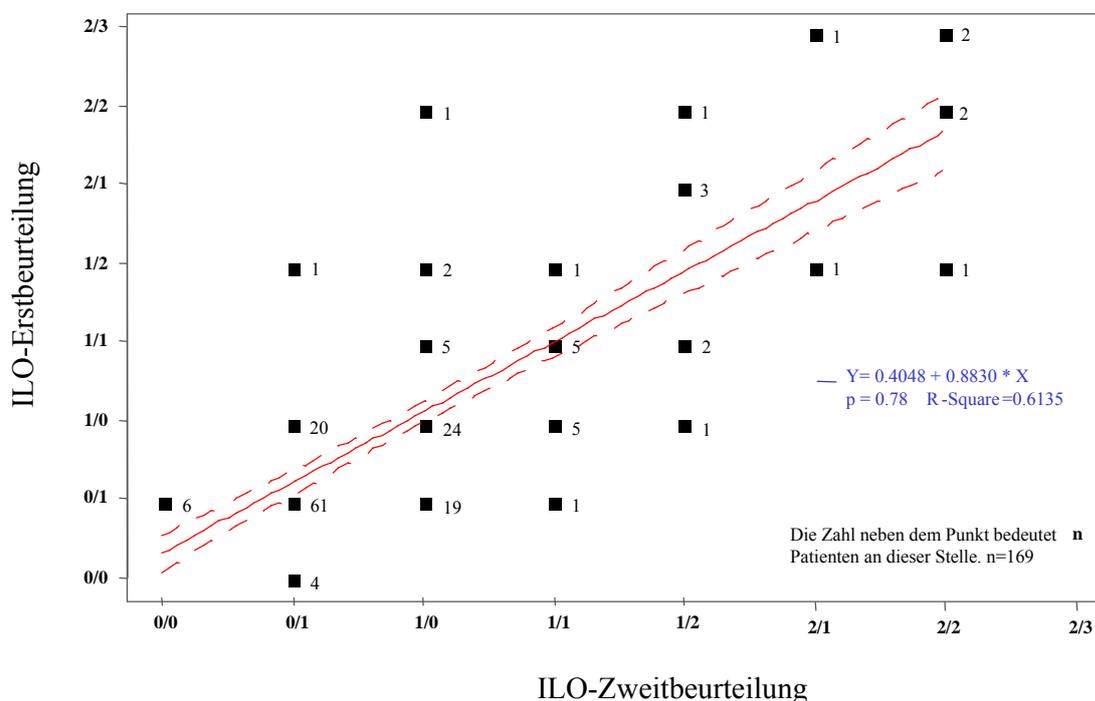


Abb. 5.1: Korrelation des Ausprägungsgrades fibrotischer Lungenveränderungen zwischen ILO-Erst- und Zweitbeurteiler unter Angabe der jeweiligen Fallzahl. Neben der Regressionsgeraden ist das 95-Konfidenzintervall eingezeichnet.

5.1.4 Pleurale Befunde im HRCT

Die computertomografische Untersuchung erfolgte in Hochauflöschungstechnik. Bei der Beurteilung der Pleura wurden die in **Tabelle 5.6** dargestellten Häufigkeiten plaquesartiger Pleuraveränderungen festgestellt.

Tabelle 5. 6: Anzahl, prozentuale Häufigkeit und Lokalisation von Pleuraplaques (RO = Rechtes Oberfeld, RM = Rechtes Mittelfeld, RD = Rechts Dorsal, LD = Links Dorsal)

RO	RM	RU	RD	LO	LM	LU	LD
103	135	149	111	109	141	150	97
60,9 %	79,9 %	88,2 %	65,7 %	64,5 %	83,4 %	88,8 %	57,4 %

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass insbesondere in beiden Lungenunterfeldern, gefolgt von den Mittelfeldern Pleuraplaques zu diagnostizieren waren. In den Oberfeldern war das Vorhandensein von Pleuraplaques rechts mit 60,9 % bzw. links mit 64,5 % zu dokumentieren. Bezüglich der dorsalen Abschnitte kam es zu einer rechtsbetonten Lokalisation mit 65,7 % im Vergleich zu den links nachzuweisenden Pleuraplaques mit 57,4 %.

Die Hyalinosis complicata konnte bei n = 14 Patienten nachgewiesen werden. Dies stimmt mit dem entsprechenden Röntgen-Thoraxbefund überein.

5.1.5 Lungenbefunde im HRCT

Anhand des Kodierungssystems wurden computertomografisch die in **Tabelle 5.7** dargestellten parenchymalen Befunde erhoben.

Tabelle 5.7: Parenchymale fibrotische Befunde im HRCT (Anzahl und Prozent)
(p²/q²/r² = kleine rundliche Schatten; s²/t²/u² = kleine unregelmäßige Schatten; v²/w²/x² = lineare Schatten)

	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+
p ² q ² r ²	13 48,2 %	2 7,4 %	0	1 3,7 %	4 14,8 %	2 7,4 %	3 11,1 %	0	1 3,7 %	1 3,7 %	0
s ² t ² u ²	0	14 38,9 %	8 22,2 %	1 2,8 %	5 13,9 %	3 8,3 %	2 5,6 %	1 2,8 %	2 5,6 %	0	0
v ² w ² x ²	0	24 22,6 %	21 19,8 %	8 7,6 %	9 8,5 %	12 11,3 %	13 12,3 %	10 9,4 %	6 5,7 %	2 1,9 %	1 0,9 %

Hierbei wird ersichtlich, dass auch Befunde der Streuungskategorie > 3/2 beschrieben wurden. Der Anteil an Befunden \geq 1/1 wird in unserem Untersuchungsgut für die kleinen rundlichen Schatten p²q²r² deutlich häufiger beobachtet. In 14,8 % der Patienten fanden sich solche kleinen rundlichen Schatten mit einer Streuung von 1/2.

5.1.6 Pleurale Befunde im Röntgenbild und HRCT

Als positiver Befund im konventionellen Röntgenbild wurde eine plaquesartige Pleuraveränderung mit bzw. ohne Pleuraverkalkung gemäß der ILO-Staublungen-Klassifikation (1980) gewertet. Diffuse Pleuraverdickungen sind häufig, d. h. in 68,6 % (Erstbeurteilung) bzw. 66,3 % (Zweitbeurteilung) kodiert worden. Differenzialdiagnostisch handelte es sich bei adipösen Patienten um subpleurales Fett. Ein positiver computertomografischer Befund ist definiert als umschriebener und/oder gleichförmiger Pleuraplaques mit bzw. ohne Verkalkung.

Tabelle 5.8: Vergleich zwischen konventionellem Röntgen- und HRCT-Befund bzgl. pleuraler Verdickungen (Angaben in % - Anzahl in Klammern)

	Keine Pleuraasbestose (HRCT negativ)	Pleuraasbestose (HRCT positiv)	Gesamt
Keine Pleuraasbestose (ILO-Kodierung negativ)	7,7 (13)	37,9 (64)	45,6 (77)
Pleuraasbestose (ILO-Kodierung positiv)	1,2 (2)	53,2 (90)	54,4 (92)
Gesamt	8,9 (15)	91,1 (154)	(169)

In **Tabelle 5.8** werden die konventionell erhobenen Röntgenbefunde bezüglich der Pleuraasbestose den durch ein HRCT des Thorax gewonnenen Pleuraasbestose-typischen Befunden gegenüber gestellt. In 53,2 % der Patienten kam es zu einer positiven Beurteilung sowohl im konventionellen Röntgenbild durch den Zweitbeurteiler als auch durch das HRCT des Thorax. In 37,9 % der Patienten kam es nur im HRCT des Thorax zu einer positiven Befundung, die sich im Röntgen-Übersichtsbild nicht darstellte. Bei 7,7 % der Patienten war durch keines der beiden Verfahren eine Pleuraasbestose nachweisbar. In 1,2 % der Patienten war röntgen-morphologisch konventionell eine Pleuraasbestose nachweisbar, die sich allerdings im HRCT nicht nachvollziehen ließ. Die hohe Sensitivität pleuraler Befunde im HRCT konnte somit bestätigt werden.

5.1.7 Lungenbefunde im Röntgenbild und HRCT

Die folgenden Korrelationsdiagramme zeigen den Zusammenhang zwischen der ILO-Beurteilung der Thoraxübersichtsaufnahmen und den HRCT-Befunden, siehe **Abb. 5.2** und **Abb. 5.3** Als positiver Befund im konventionellen Röntgenbild wurde jeweils die Kodierung kleiner irregulärer Schatten s, t, oder u einer Streuung $\geq 1/1$ angesehen. Als positiver Befund im HRCT wurden irreguläre (s't'u') und/oder lineare Schatten (v' w' x') der Streuung $\geq 1/1$ angesehen.

Streuung der gemischten kleinen Lungenschatten s, t, u

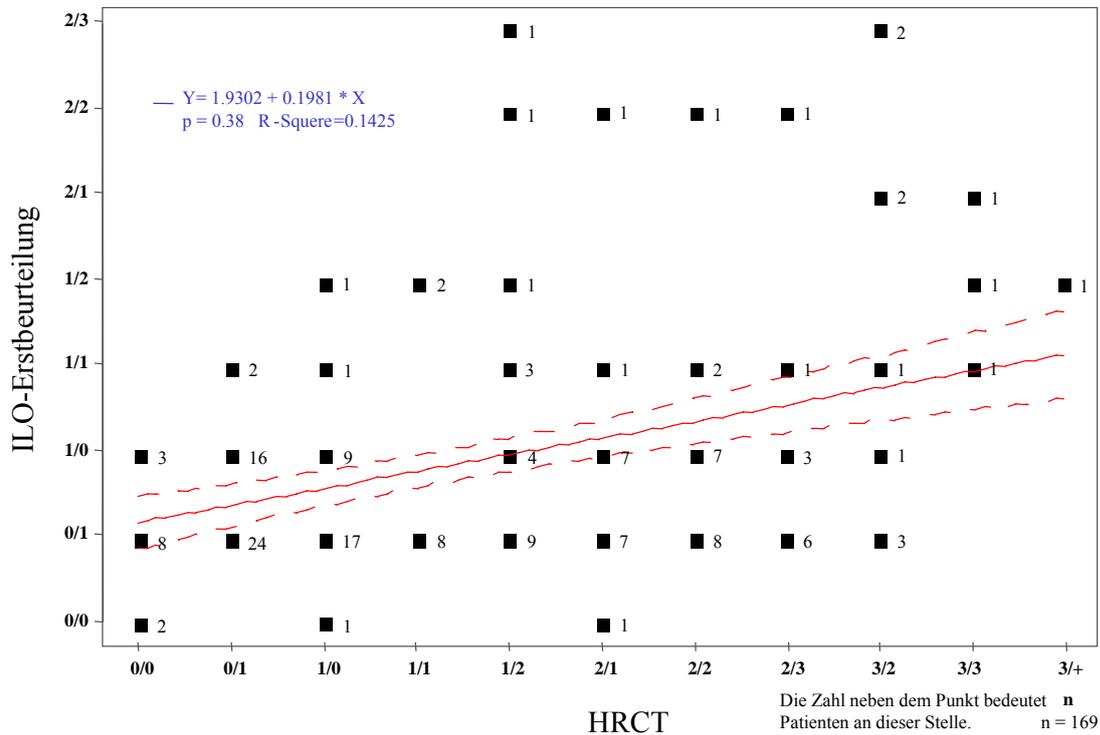


Abb. 5.2: Korrelation des Ausprägungsgrades fibrotischer Lungenveränderungen zwischen ILO-Erstbeurteiler und HRCT unter Angabe der jeweiligen Fallzahl. Neben der Regressionsgeraden ist das 95-Konfidenzintervall eingezeichnet.

Bei einem Vergleich zwischen Erstbeurteilung und HRCT in Bezug auf die fibrotischen Lungenveränderungen ergab sich in n = 37 Fällen (21,9 %) eine völlig übereinstimmende Beurteilung. In n = 49 Patienten (29,0 %) wichen die Beurteilungen um eine Stufe ab. Bei etwa der Hälfte der Untersuchungen (n = 85) betrug die Abweichung hingegen mehr als eine Stufe. Die fortgeschrittenen Fibrosen fanden sich i. a. erst im HRCT, welches die höhere Sensitivität der HRCT-Untersuchung bestätigt.

Streuung der gemischten kleinen Lungenschatten s, t, u

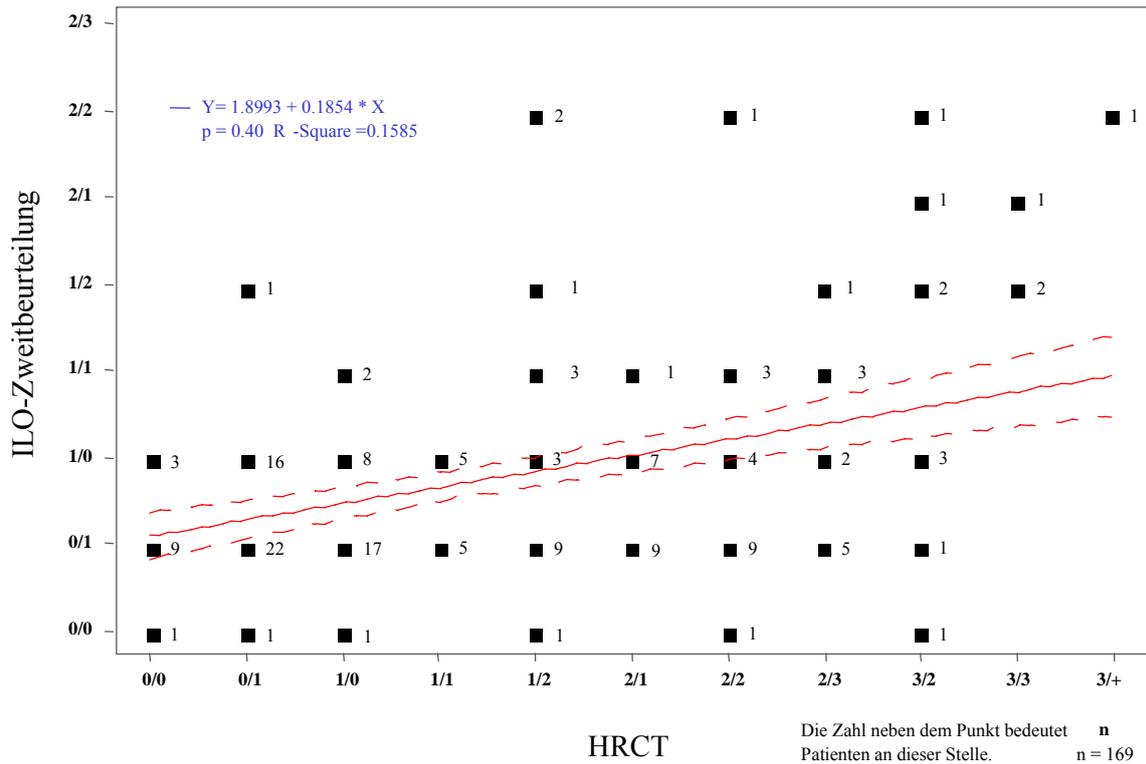


Abb. 5.3: Korrelation des Ausprägungsgrades fibrotischer Lungenveränderungen zwischen ILO-Zweitbeurteiler und HRCT unter Angabe der jeweiligen Fallzahl. Neben der Regressionsgeraden ist das 95-Konfidenzintervall eingezeichnet.

Bei einem Vergleich zwischen Zweitbeurteilung und HRCT in Bezug auf die fibrotischen Lungenveränderungen ergab sich in $n = 33$ Fällen (19,5 %) eine völlig übereinstimmende Beurteilung. In $n = 53$ Patienten (31,4 %) wichen die Beurteilungen um eine Stufe ab. Bei etwa der Hälfte der Untersuchungen ($n = 83$) betrug die Abweichung hingegen mehr als eine Stufe. Die fortgeschrittenen Fibrosen fanden sich auch hier erst im HRCT, welches die höhere Sensitivität der HRCT-Untersuchung bestätigt. In 37,2 % (ILO-Erstbeurteilung und HRCT) und 37,9 % (ILO-Zweitbeurteilung und HRCT) der Probanden waren lediglich computertomografisch fibrotische Veränderungen ($\text{ILO} \geq 1/1$) zu diagnostizieren. Die $n = 4$ (2,4 %) konventionell radiologisch falsch positiven fibrotischen Befunde konnten computertomografisch nicht bestätigt werden, vgl. Tab. 5.9.

Tabelle 5.9: Vergleich zwischen konventionellem Röntgen- und HRCT- Befund bzgl. fibrotischer Lungenveränderungen (Angaben in %, Anzahl in Klammern). Positiver Befund irregulärer und/oder linearer Schatten bei einer Streuung $\geq 1/1$.

	Keine Lungenasbestose (HRCT negativ)	Lungenasbestose (HRCT positiv)	Gesamt
Keine Lungenasbestose (ILO-Kodierung negativ)	47,3 (80)	37,9 (64)	85,2 (144)
Lungenasbestose (ILO-Kodierung positiv)	2,4 (4)	12,4 (21)	14,8 (25)
Gesamt	49,7 (84)	50,3 (85)	(169)

In **Tabelle 5.9** werden die Befundung des konventionellen Röntgenbildes durch den Zweitbeurteiler nach ILO den HRCT-Befunden bezüglich der fibrotischen Veränderungen gegenüber gestellt. In 12,4 % der Patienten kam es durch beide Beurteilungsverfahren zu einer positiven Befundung bezüglich einer Lungenasbestose. In 37,9 % wurde diese Diagnose allein durch das HRCT gestellt, da bei 47,3 % der Patienten konventionell radio-morphologisch ein negativer Asbestose-Befund festgestellt wurde. Nur in 2,4 % der Patienten wurde eine positive Beurteilung ausschließlich im Röntgen-Thoraxbild erhoben.

5.1.8 Spezifität, Sensitivität und prädiktive Werte der Befunde im Röntgenbild und HRCT

Die Ergebnisse erlauben eine vergleichende Bewertung beider Verfahren, wobei die HRCT-Untersuchung wegen der hohen Auflösung als der „korrektere Befund“ per definitionem festgesetzt wurde. Absolute Aussagen zur Wertigkeit beider Verfahren sind jedoch ohne eine nicht duldungspflichtige, invasive, histo-pathologische Diagnosesicherung nicht möglich. Die Ergebnisse der Sensitivität, Spezifität sowie der prädiktiven Werte für positive und negative Testresultate des konventionellen Röntgenbildes im Vergleich zur HRCT-Untersuchung sind in **Tab. 5.10** aufgeführt.

Tabelle 5.10: Sensitivität, Spezifität und prädiktive Werte für positive und negative Lungenbefunde im konventionellen Röntgenbild im Vergleich zur HRCT (Angaben in %)

	Sensitivität	Spezifität	Positiver prädiktiver Wert (Vorhersagewert eines positiven Röntgenbefundes)	Negativer prädiktiver Wert (Vorhersagewert eines negativen Röntgenbefundes)
Lunge (ILO-Kodierung)	84,0	55,6	24,7	95,2
Pleura (ILO-Kodierung)	97,8	16,9	58,4	86,7

Aus der **Tabelle 5.10** ergibt sich, dass die Sensitivität, einen ehemals durch Asbestfaserstaub gefährdeten Versicherten hinsichtlich der Diagnose „Lungenasbestose“ richtig zu diagnostizieren bei 84,0 % liegt. Hieraus folgt, dass in 16 % mit falsch negativen Diagnosen zu rechnen ist. Der positive Vorhersagewert bezüglich des Vorliegens einer Lungenasbestose liegt bei 24,7 %.

Hinsichtlich der Diagnose „Pleuraasbestose“ liegt die entsprechende Sensitivität dagegen bei 97,8 % und die Spezifität bei 16,9 %. Im Falle eines positiven Pleurabefundes im Röntgenbild kann zu 58,4 % das Vorliegen einer Pleuraasbestose angenommen werden.

Bezüglich der Diagnose des Vorliegens einer Hyalinosi complicata ergab sich eine übereinstimmend positive Diagnostik mit dem Nachweis von jeweils n = 14 Patienten anhand der konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahme als auch in der HRCT-Aufnahmetechnik.

Die bekannte hohe Sensitivität insbesondere zum Nachweis pleuraler Asbest-bedingter Veränderungen sowie – etwas geringer – auch von fibrotischen Lungenveränderungen konnte damit bestätigt werden.

5.2 Lungenfunktionsanalytische Ergebnisse

In **Tabelle 5.11** sind die Ergebnisse der Lungenfunktionsparameter für die Patienten als Übersicht zusammengefasst. Neben dem Mittelwert, der Standardabweichung, dem Median, dem Maximum und dem Minimum wurden die 25-, 50- und 75-Perzentile angegeben.

Die lungenfunktionsanalytischen Untersuchungen wurden in der Berufsgenossenschaftlichen Klinik für Berufskrankheiten in Bad Reichenhall durchgeführt. Krankheitsbedingt konnten jedoch nicht stets sämtliche Daten der Lungenfunktionsanalyse erhoben werden, so dass die Besetzungszahlen divergieren.

Tabelle 5.11: Lungenfunktionsparameter einschließlich ihrer Mittelwerte \bar{x} , Standardabweichungen $\pm s$, Messwertbereichen und Perzentile (n= Anzahl der Personen)

Lungenfunktionsparameter		Einheit	n	\bar{x}	Median	$\pm s$	Minimum	Maximum	25-Perzentil	50-Perzentil	75-Perzentil
Totaler Atemwegswiderstand	R _{tot}	kPa/l/s	169	0,28	0,24	0,17	0,10	1,23	0,17	0,24	0,34
Inspiratorische Vitalkapazität	VC _{in}	l	169	4,03	4,05	0,83	2,30	5,79	3,39	4,05	4,64
Residualvolumen	RV	l	169	2,46	2,36	0,76	0,68	5,21	1,91	2,36	2,86
Totale Lungkapazität	TLC	l	169	6,48	6,40	1,20	3,96	9,62	5,53	6,40	7,41
Relatives Residualvolumen	RV % TLC	%	169	37,6	37,0	8,0	12,4	69,2	32,6	37,0	42,1
Einsekundenkapazität	FEV1	l	169	2,96	3,00	0,76	1,00	4,88	2,36	3,00	3,48
Rel. Einsekundenkapazität	FEV1 % FVC	%	169	75,6	77,4	10,2	36,5	96,1	70,0	77,4	83,0
Maximaler expiratorischer Fluss von 50 % der forcierten Vitalkapazität	MEF 50	l/s	169	3,23	3,07	1,54	0,44	7,78	2,07	3,07	4,36
Statische Compliance	C _{stat}	l/kPa	169	3,59	3,38	1,32	1,37	7,65	2,57	3,38	4,47
Maximale Vitalkapazität	VC _{max}	l	169	3,89	3,89	0,80	2,25	5,60	3,31	3,89	4,48
Funktionelle Residualkapazität	P-FRC st	kPa	133	0,98	1,03	0,51	0,05	2,96	0,58	1,03	1,33
Totale Lungkapazität	P-TLC st	kPa	165	2,72	2,65	0,98	0,10	4,97	2,07	2,65	3,35
Diffusionskapazität (single breath)	TLCO _{SB}	mmol/min/ kPa	135	9,24	9,50	2,34	2,81	14,10	7,64	9,50	10,90
Diffusionskapazität pro Alveolarvolumen	TLCO/VA	mmol/min/ kPa/l	135	1,65	1,67	0,37	0,58	2,43	1,44	1,67	1,91
Intrathorakales Gasvolumen	ITGV	l	169	3,43	3,34	0,92	1,62	5,79	2,71	3,34	4,10

Die meisten Messwerte sind vom Lebensalter und von der Körpergröße abhängig. Daher müssen diese Parameter im Verhältnis zum Sollwert gesehen und beurteilt werden. Für die inspiratorische Vitalkapazität wurde der Sollwert der EGKS (Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl) aus dem Jahr 1983 verwendet. Bei den übrigen Parametern dienten als Sollwerte die in den Leitlinien „Lungenfunktionsprüfungen in der Arbeitsmedizin“ der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin veröffentlichten Grenzwerte. Um die einzelnen Parameter vergleichbar zu machen, wurden die Messwerte in Bezug auf den jeweiligen Sollwert (= 100 %) gesetzt.

In **Tabelle 5.12** sind die Lungenfunktionsparameter in % des Sollwertes für die Patienten als Übersicht zusammengefasst. Neben dem Mittelwert \bar{x} , ist die Standardabweichung $\pm s$, der Median, das Maximum und das Minimum dargestellt.

Tabelle 5.12: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene Lungenfunktionsparameter einschließlich ihrer Mittelwerte \bar{x} , Standardabweichung $\pm s$, Minimum und Maximum. Ausgewiesen ist die Anzahl der pathologischen Messwerte.

Lungenfunktionsparameter (Ist/Sollwert) × 100		Einheit	n	\bar{x}	Median	$\pm s$	Minimum	Maximum	pathologische Ergebnisse (n)
Totaler Atemwegswiderstand	R_{tot}	%	169	81,01	67,14	48,94	27,43	351,43	37
Inspiratorische Vitalkapazität	VC_{in}	%	169	117,90	117,97	21,60	73,67	170,76	31
Residualvolumen	RV	%	169	83,31	78,62	27,10	24,32	197,40	41
Totale Lungenkapazität	TLC	%	169	82,97	80,50	21,50	50,70	296,18	22
Relatives Residualvolumen	RV % TLC	%	169	83,59	82,29	18,80	28,18	192,90	41
Einsekundenkapazität	FEV1	%	169	119,46	120,11	27,62	43,67	196,08	46
Rel. Einsekundenkapazität	FEV1 % FVC	%	169	114,63	116,69	15,78	77,28	145,39	
Maximaler expiratorischer Fluss von 50 % der forcierten Vitalkapazität	MEF 50	%	169	140,98	132,40	67,56	16,91	411,64	52
Statische Compliance	C_{stat}	%	169	111,47	106,15	40,13	45,20	249,13	72
Maximale Vitalkapazität	VC_{max}	%	169	114,02	113,79	21,19	66,57	164,91	39
Diffusionskapazität (single breath)	$TLCO_{SB}$	%	135	97,68	98,76	22,88	32,29	157,04	69
Diffusionskapazität pro Alveolarvolumen	$TLCO/VA$	%	135	92,03	94,12	20,08	33,84	137,29	88
Intrathorakales Gasvolumen	ITGV	%	169	137,75	131,69	40,85	63,28	400,00	24

Die inspiratorische Vitalkapazität (VC_{in}) als Parameter der restriktiven Ventilationsstörung zeigte große Spannweiten und war bei $n = 31$ Patienten (18,3 %) eingeschränkt. Im Median lag die Vitalkapazität oberhalb der Mindest-Sollwerte der EGKS 1983. $n = 138$ Patienten (81,6 %) boten demnach keinen Hinweis auf eine restriktive Ventilationsstörung in der Ruheuntersuchung. Vergleichbar sind die Daten der maximalen Vitalkapazität. Das intrathorakale Gasvolumen war im Mittel nicht vermindert. Das Residualvolumen, die totale Lungenkapazität und das relative Residualvolumen lagen im Mittel unter dem Sollwert. Die Einsekundenkapazität zeigte keine Einschränkungen im Kollektiv.

Als Einfluss-Faktoren für die hier relevante Fragestellung sind auch die Parameter der obstruktiven Ventilationsstörung zu analysieren. Die relative Einsekundenkapazität und der maximale expiratorische Fluss bei 50 % der forcierten Vitalkapazität (MEF 50) waren sowohl im Mittel als auch im Median nicht eingeschränkt. Der durchschnittlich gemessene totale Atemwegwiderstand lag bei $n = 132$ Patienten (78,1 %) im Normbereich. Er war bei insgesamt $n = 37$ Patienten (21,9 %) als objektiver Parameter der zentralen Obstruktion bis maximal zum etwa 4-fachen des oberen Normwertes erhöht.

Die statische Compliance als Zielparameter der Studie lag zwischen 45 % und 240 % des Sollwertes, im Median und im Mittel jedoch bei etwa 110 %. Eine Einschränkung (< 100 % des Sollwertes) wiesen $n = 72$ Patienten (42,6 %) auf.

Die Diffusionskapazität (single breath) lag im Kollektiv im Mittel an der unteren Grenze des Sollwertes. Mit etwa 30 % des Normwertes war die Diffusionskapazität zum Teil erheblich eingeschränkt. 69 (51,1 %) der insgesamt gemessenen 135 Bestimmungen lagen unterhalb der Sollwerte.

5.3 Korrelation der Röntgenbefunde mit den Lungenfunktionsbefunden

Aufgrund der befriedigenden Übereinstimmung der Inter-Observer-Beurteilung der konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahmen, sollen im Folgenden ausschließlich die vom Zweitbeurteiler vorgenommenen Beurteilungen sowie die HRCT-Befunde zu den lungenfunktionsanalytischen Messergebnissen in Beziehung gesetzt werden.

Die Gruppeneinteilung und der Vergleich der zu untersuchenden Gruppen gemäß der Fragestellung erfolgt anhand der Röntgenkriterien.

Die Unterteilung in Gruppen bzw. Untergruppen aufgrund der röntgen-morphologisch erhobenen Befunde hinsichtlich des Vorliegens einer Lungen- und/oder Pleuraasbestose wurde wie folgt vorgenommen:

Table 5.13: Gruppeneinteilung nach dem Befund im konventionellen Röntgenbild

Rang- folge	Untergruppe	Befunddefinition nach ILO-Klassifikation des konventionellen Röntgenbildes	n	Code
1	Keine Lungenasbestose	kleine irreguläre Schatten einer Streuung < 1/1	144	LA -
2	Keine Lungenasbestose, keine Pleuraasbestose	kleine irreguläre Schatten einer Streuung < 1/1, ohne Nachweis umschriebener Plaques	63	LA -, PA -
3	Keine Lungenasbestose, mit Pleuraasbestose	kleine irreguläre Schatten einer Streuung < 1/1, mit Nachweis umschriebener Pleuraplaques	81	LA -, PA +
4	Lungenasbestose	kleine irreguläre Schatten einer Streuung ≥ 1/1	25	LA +
5	Lungenasbestose, keine Pleuraasbestose	kleine irreguläre Schatten einer Streuung ≥ 1/1, ohne Nachweis umschriebener Plaques	14	LA +, PA -
6	Lungenasbestose, mit Pleuraasbestose	kleine irreguläre Schatten einer Streuung ≥ 1/1, mit Nachweis umschriebener Pleuraplaques	11	LA +, PA +
7	Keine Hyalinosis complicata	Kein Nachweis einer Mantelschwarte	155	HC -
8	Hyalinosis complicata	Verschattung des kostophrenischen Winkels mit Mantelschwarte	14	HC +

Table 5.14: Gruppeneinteilung nach dem Befund im HRCT

Rangfolge	Untergruppe	Befunddefinition nach HRCT	n	Code
1	Keine Lungenasbestose	irreguläre und/oder lineare Schatten der Streuung < 1/1	84	LA -
2	Keine Lungenasbestose, keine Pleuraasbestose	irreguläre und/oder lineare Schatten der Streuung < 1/1, ohne Nachweis umschriebener Plaques	10	LA -, PA -
3	Keine Lungenasbestose, mit Pleuraasbestose	irreguläre und/oder lineare Schatten der Streuung < 1/1, mit Nachweis umschriebener Pleuraplaques	74	LA -, PA +
4	Lungenasbestose	irreguläre und/oder lineare Schatten der Streuung ≥ 1/1	85	LA +
5	Lungenasbestose, ohne Pleuraasbestose	irreguläre und/oder lineare Schatten der Streuung ≥ 1/1, ohne Nachweis umschriebener Plaques	5	LA +, PA -
6	Lungenasbestose, mit Pleuraasbestose	irreguläre und/oder lineare Schatten der Streuung ≥ 1/1, mit Nachweis umschriebener Pleuraplaques	80	LA +, PA +
7	Keine Hyalinosi- s complicata	Kein Nachweis einer Mantelschwarte	155	HC -
8	Hyalinosi- s complicata	Verschattung des kostophrenischen Winkels mit Mantelschwarte	14	HC +

Die jeweiligen Lungenfunktionsparameter wurden sowohl für die im konventionellen Röntgenbild nach der ILO-Klassifikation durch den Zweitbeurteiler als auch nach den im HRCT diagnostizierten Befunden in Beziehung gesetzt.

Als Darstellungsmethode wurde das sog. Box-Plot-Verfahren angewendet. Es zeigt die Lage und die Streuung einer Verteilung an. Über den sog. Box-Plot lassen sich verschiedene Verteilungen vergleichen. Es kann sehr schnell ein visueller Eindruck gewonnen werden, ob eine Verteilung symmetrisch ist und ob Extremwerte vorliegen. Hierbei geht insbesondere die Ermittlung des Mittelwertes, der Standardabweichung, des Medians sowie des größten und kleinsten Wertes ein. Die Box wird begrenzt durch das 25 %- und das 75 %-Quantil, der Median in der Mitte ist eingezeichnet und die sog. Whiskers (Schnurrhaare) begrenzen das 10 %- und 90 %-Quantil. Quantile dienen der Beschreibung einer nach der Größe der Werte geordneten Reihe. Je nach Fragestellung können unterschiedliche Quantile eingesetzt werden, die sich bei der Bestimmung von Referenzbereichen verwenden lassen. Stellt man die Verteilung der geordneten Werte grafisch dar, so ergibt sich die empirische Verteilungsfunktion.

Als Parameter der restriktiven Ventilationsstörung sollen zunächst dargestellt werden:

- die inspiratorische Vitalkapazität,
- die Diffusionskapazität und
- die statische Compliance.

5.3.1 Vitalkapazität

Die Untersuchungen zur inspiratorischen Vitalkapazität zeigen, dass lediglich beim Vorhandensein einer Lungen- und einer Pleuraasbestose oder einer Hyalinosis complicata die inspiratorische Vitalkapazität vermindert ist. Die Ergebnisse sind nicht signifikant, siehe **Abb. 5.4**. Bei einer beträchtlichen Spannweite der Ergebnisse bei Korrelation der inspiratorischen Vitalkapazität mit dem HRCT fällt auf, dass im Median aller Gruppen und Untergruppen keine Einschränkung zu verzeichnen war. Nur einzelne Werte der Vitalkapazität liegen unterhalb der Sollwerte. Patienten mit röntgenologisch nachweisbaren Pleuraasbestosen weisen restriktive Ventilationsstörungen in der gleichen Größenordnung auf wie Patienten mit Lungenasbestosen. Bei Korrelation der inspiratorischen Vitalkapazität mit den HRCT-Befunden fand sich im Median in keiner der gebildeten Untergruppen eine Einschränkung.

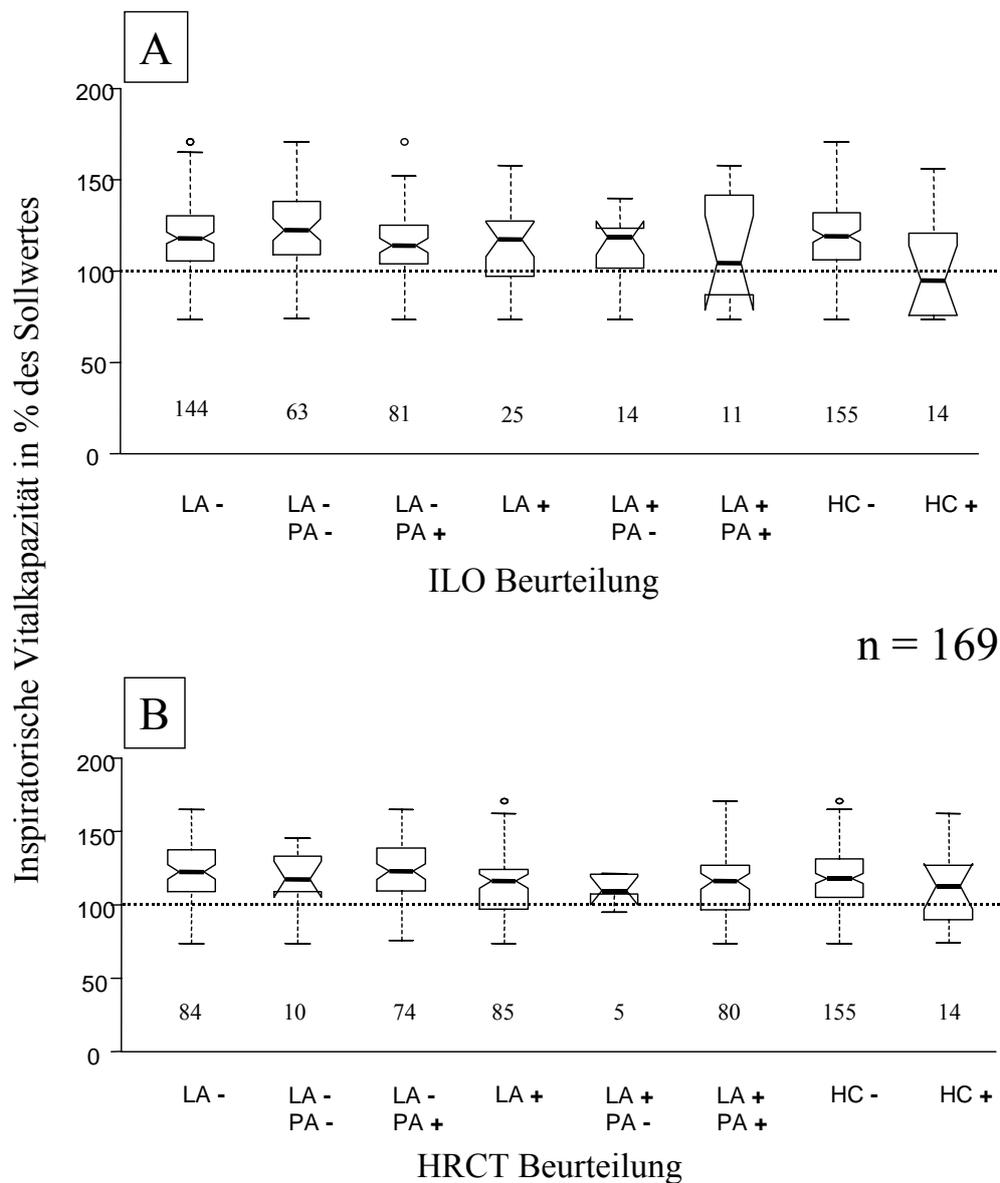


Abb. 5.4: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene inspiratorische Vitalkapazität in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose und/oder Pleuraasbestose.

Abk.: LA = Lungenasbestose, PA = Pleuraasbestose, HC = Hyalinosi complicata;
+ = vorhanden, - = nicht vorhanden

Eingezeichnet sind das Minimum, das Maximum, der Median, die 25- und 75-Quantile sowie die Einkerbungen ausgehend vom Median (Chambers et al. 1983) und die jeweiligen Besetzungszahlen. Überlappen sich die Kerben der Boxen nicht, kann mit einer Sicherheit von 95 % davon ausgegangen werden, dass sich die Mediane der Datenmengen signifikant voneinander unterscheiden.

5.3.2 Diffusionskapazität

Zur Bestimmung der Diffusionskapazität wurde das sog. Single-Breath-Verfahren verwendet. Als Diffusion bezeichnet man den Vorgang, bei dem Sauerstoff aus der Lunge über die Lungenbläschen ins Blut und dann in die roten Blutkörperchen übertritt, die den Sauerstoff im Körper transportieren. Bei der Messung der Diffusionskapazität wird die Fähigkeit der Lunge zur Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft untersucht. Hierzu atmete der Patient eine Testluft ein. Die Diffusionskapazität ist bei Lungenfibrosen eingeschränkt.

In der folgenden **Abbildung 5.5** wird die Diffusionskapazität dargestellt. Insbesondere bei den Patienten mit Lungenasbestosen kommt es zu einer signifikanten Verminderung der Diffusionskapazität. Beim Vorliegen einer Lungenasbestose und einer Pleuraasbestose ist diese im Median auf etwa 70 % des Sollwertes deutlich eingeschränkt. Keine signifikanten Einschränkungen der Diffusionskapazität fanden sich beim Vorliegen einer Hyalinosi complicata. Auch die übrigen Patienten mit ausschließlichem Nachweis einer Pleuraasbestose zeigen erwartungsgemäß keine Verminderung der Diffusionskapazität.

Bei der HRCT-Untersuchung bestätigt sich, dass Patienten mit Pleuraasbestosen keine signifikante Verminderung der Diffusionskapazität aufweisen. Die aus den konventionellen Röntgen-Untersuchungen erkennbaren Einschränkungen ließen sich bei einer großen Streubreite der Messergebnisse bei Patienten mit Lungenasbestosen nicht nachweisen. Signifikante Ergebnisse waren bei der Korrelation der Diffusionskapazität mit den HRCT-Untersuchungen nicht erkennbar. Die konventionellen Röntgen-Befunde der Lungenasbestose korrelierten eindeutiger mit dem klinischen Befund einer Lungenasbestose als diejenigen der HRCT-Untersuchungen.

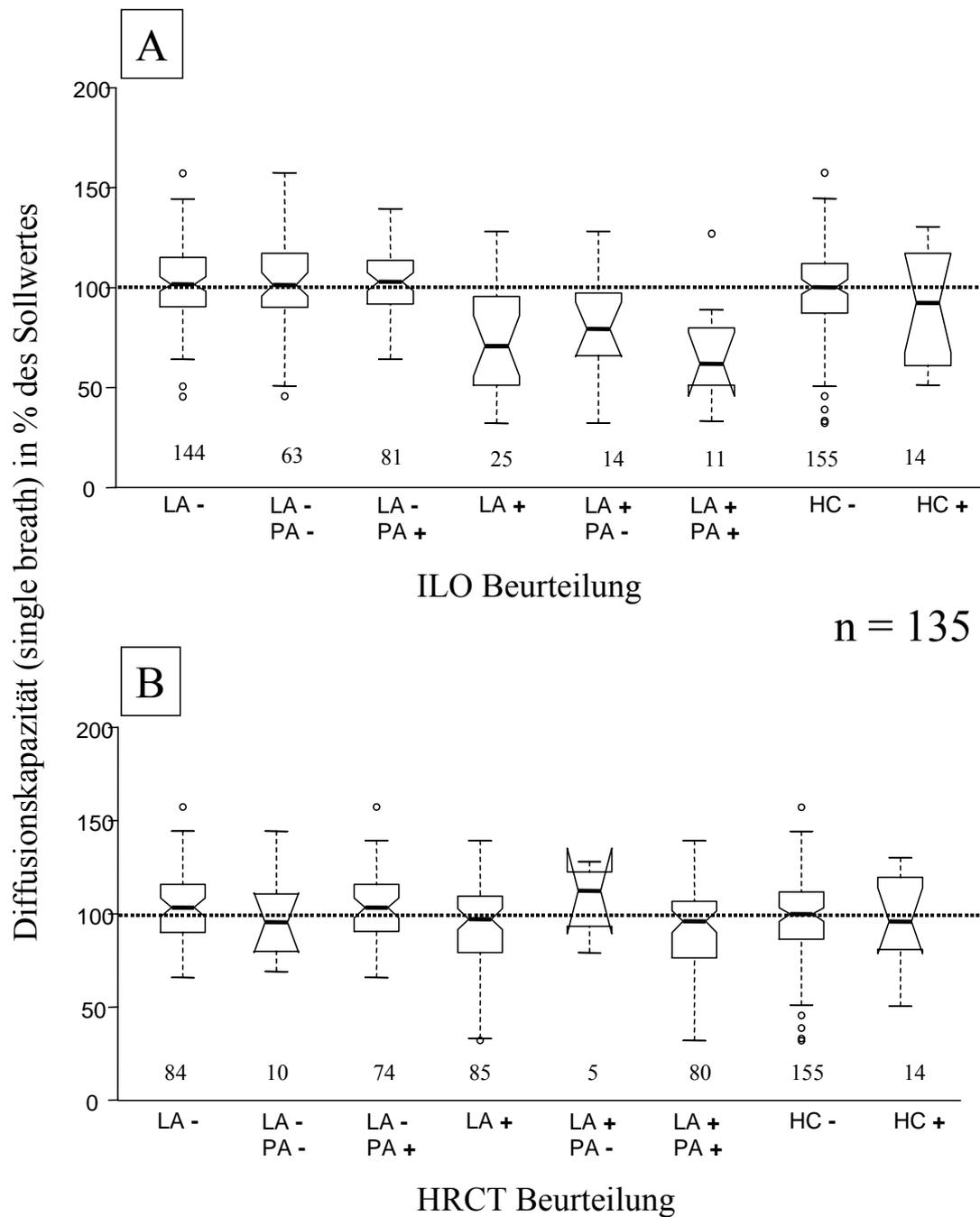


Abb 5.5: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene Diffusionskapazität in Abhängigkeit einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie zu Abb. 5.4.

5.3.3 Statische Compliance

Die Lungen-Compliance informiert über die Dehnbarkeit der Lunge. Unsicherheiten gab es bislang bei der Beurteilung der Compliance-Werte, da vorhandene Referenzwerte nicht übereinstimmend zur Verfügung standen. Der HVBG hatte durch Frau Prof. Dr. E. Borsch-Galetke ein Forschungsvorhaben unterstützt, in dem Sollwerte für die statische Compliance ermittelt wurden. Diese Sollwerte standen uns aus dem Forschungsbericht von Frau Prof. Dr. E. Borsch-Galetke zur Verfügung und wurden den Berechnungen zugrunde gelegt.

Bei Gegenüberstellung der Daten für die statische Compliance in den unterschiedlichen Diagnosegruppen ergaben sich bei einer großen Streubreite der Werte keine signifikanten Unterschiede. Patienten mit einer Hyalinosis complicata wiesen im Median deutlich niedrigere Werte der Lungendehnbarkeit auf. Dies war die einzige Gruppe, bei der die statische Compliance im Median mit ca. 80 % des Sollwertes unterhalb der Norm lag.

Bei Korrelation der statischen Compliance mit den HRCT-Befunden zeigt sich bei Patienten mit Lungenasbestosen insbesondere zusammen mit Pleuraasbestosen auch im Sinne einer Hyalinosis complicata eine Reduktion der Compliance im Median auf unter 100 % des Sollwertes. Diese Patienten hatten im Median gegenüber denen mit ausschließlich nachweisbaren Pleuraasbestosen signifikant niedrigere Werte.

Das Kollektiv der Patienten mit Pleuraasbestosen hatte hingegen keine nachweisbaren Einschränkungen der statischen Compliance.

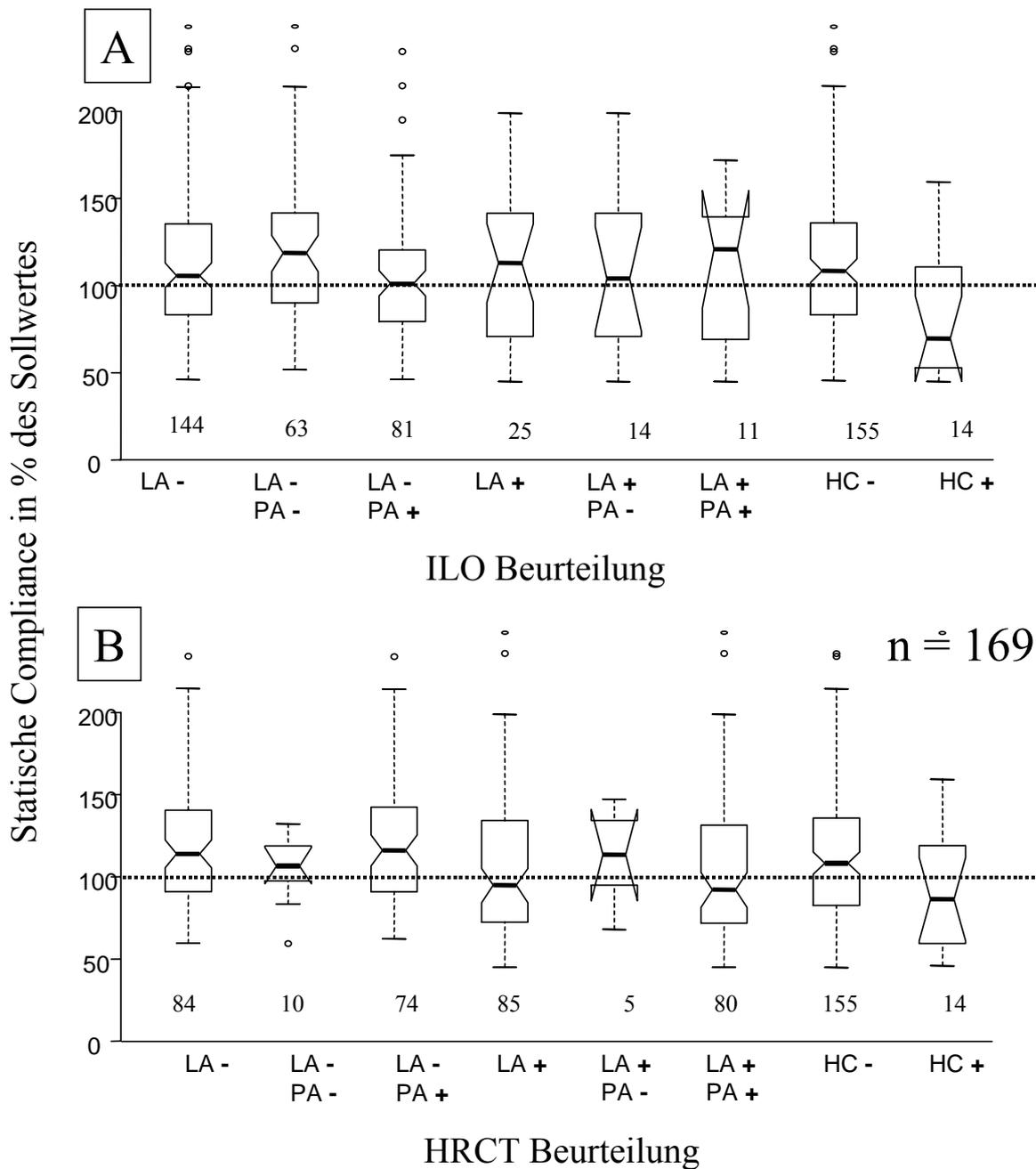


Abb. 5.6: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene statische Compliance in Abhängigkeit einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende Tab. 5.13 und 5.14 sowie zu Abb. 5.4.

5.3.4 Statische Compliance in Abhängigkeit vom Schweregrad der Lungenasbestose

Lungenfibrosen gehen mit einer verminderten Lungendehnbarkeit einher. Im Folgenden soll der Schweregrad der Lungenasbestosen mit den Ergebnissen der Compliance korreliert werden. Hierzu wurde die Streuungskategorie nach ILO als Maß des Ausprägungsgrades einer Fibrose zugrunde gelegt, **Abb. 5.7**.

Bei großer Streubreite der Messergebnisse der Compliance zeigen sich in den gebildeten Streuungskategorien keine signifikanten Unterschiede. Auch bei röntgenologisch fortgeschrittenen Lungenasbestosen war keine signifikante Einschränkung der Lungendehnbarkeit nachweisbar. Einschränkungen der Lungendehnbarkeit fanden sich in allen Streuungskategorien. Bei Patienten mit Lungenasbestosen der Streuungskategorien 1/1, 2/1 und 2/2 lag die statische Compliance im Median unterhalb des Sollwertes.

Vergleichbare Ergebnisse ergeben sich bei Korrelation mit den HRCT-Befunden. Hierbei stieg die Dehnbarkeit der Lunge mit zunehmender Streuungskategorie tendenziell sogar an.

Eine Korrelation des HRCT-Befundes mit der Compliance-Messung war nicht gegeben. Die fehlende Nachweisbarkeit der erwarteten Einschränkung der Compliance lässt den HRCT-Befund im Vergleich zum Befund der konventionellen Röntgenaufnahmen in seiner Wertigkeit zur Abschätzung lungenfunktionsanalytischer Befunde nicht geeignet erscheinen.

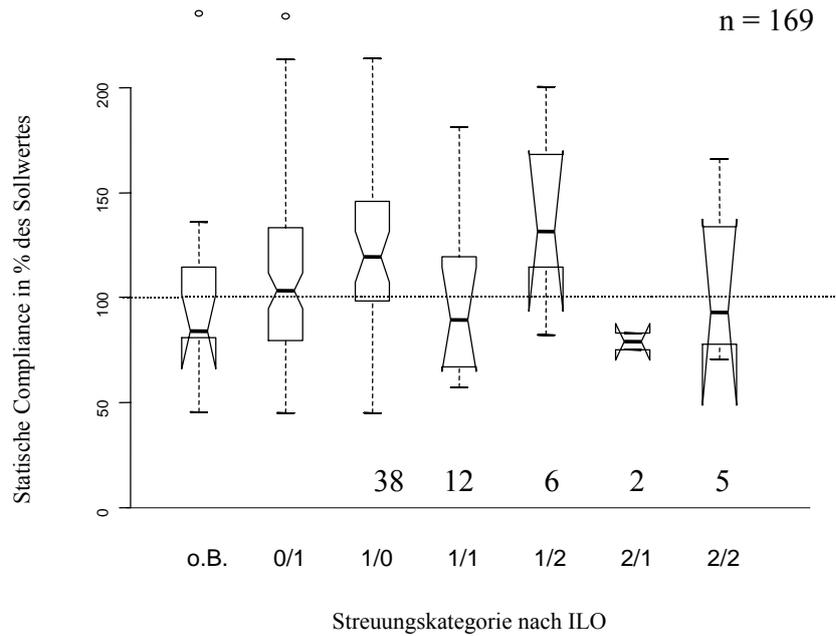


Abb. 5.7: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene Werte der statischen Compliance in Abhängigkeit vom Schweregrad einer Lungenasbestose nach ILO im konventionellen Röntgenbild.

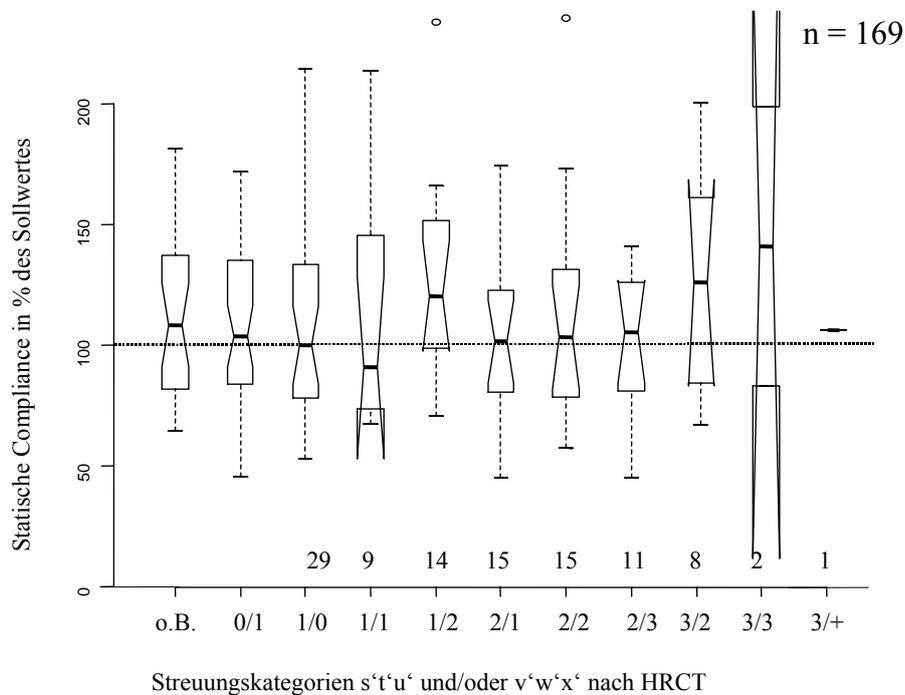


Abb. 5.8: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene Werte der statischen Compliance in Abhängigkeit vom Schweregrad einer Lungenasbestose im HRCT.

5.3.5 Parameter der Obstruktion in Abhängigkeit von den Röntgenbefunden

Als konkurrierender Faktor wurden die Parameter der obstruktiven Ventilationsstörung untersucht und in gleicher Weise korreliert. Hierbei lässt sich die Frage beantworten, ob und mit welchen Asbestinhalationsfolgen ggf. auch mit obstruktiven Ventilationsstörungen zu rechnen ist.

Es wurden folgende Parameter analysiert:

- der totale Atemwegswiderstand (Resistance)
- die Einsekundenkapazität (FEV1)
- die rel. Einsekundenkapazität (FEV1/% FVC)
- der maximale expiratorische Fluss bei 50 % der forcierten Vitalkapazität (MEF 50)
- das intrathorakale Gasvolumen (ITGV).

Der totale Atemwegswiderstand lag im Median jeweils bei etwa 70 % des oberen Normwertes. Lediglich in der kleinen Gruppe mit $n = 5$ Patienten kleiner und/oder linearer Schatten der Streuung $\geq 1/1$ im HRCT ohne Nachweis von umschriebenen Plaques wurden die Atemwegswiderstände im Median im oberen Normbereich gemessen.

Die Einsekundenkapazität (FEV1), die relative Einsekundenkapazität (FEV1/% FCV) sowie das intrathorakale Gasvolumen (ITGV) wurden in allen Patientengruppen im Median zum Teil deutlich oberhalb des Sollwertes bestimmt.

Sowohl in den Korrelationen mit der konventionellen Röntgenaufnahme als auch mit der HRCT-Untersuchung ergaben sich in den Diagnosegruppen keine signifikanten Unterschiede. Dies gilt für den totalen Atemwegswiderstand (Resistance), vgl. **Abb. 5.9 A und B**, die Einsekundenkapazität (FEV1), vgl. **Abb. 5.10 A und B**, die relative Einsekundenkapazität (FEV1/% FVC), vgl. **Abb. 5.11 A und B**, den maximalen expiratorischen Fluss bei 50 % der forcierten Vitalkapazität (MEF 50), vgl. **Abb. 5.12 A und B** sowie das intrathorakale Gasvolumen (ITGV), vgl. **Abb. 5.13 A und B**.

Lediglich beim MEF 50 fallen die Werte in der Patientengruppe mit Lungenasbestosen geringgradig ab. Dies spricht für eine Flussminderung der kleinen Atemwege. Dieses Ergebnis wurde jedoch ausschließlich bei Korrelation mit den konventionellen Röntgenbefunden nachgewiesen. Eine wesentliche Einschränkung auf Werte unterhalb des Sollwertes ist auch hier nicht beobachtet worden.

Aufgrund der fehlenden Abhängigkeiten schien es daher verzichtbar, die Ergebnisse der statischen Compliance auf diese Parameter zu adjustieren.

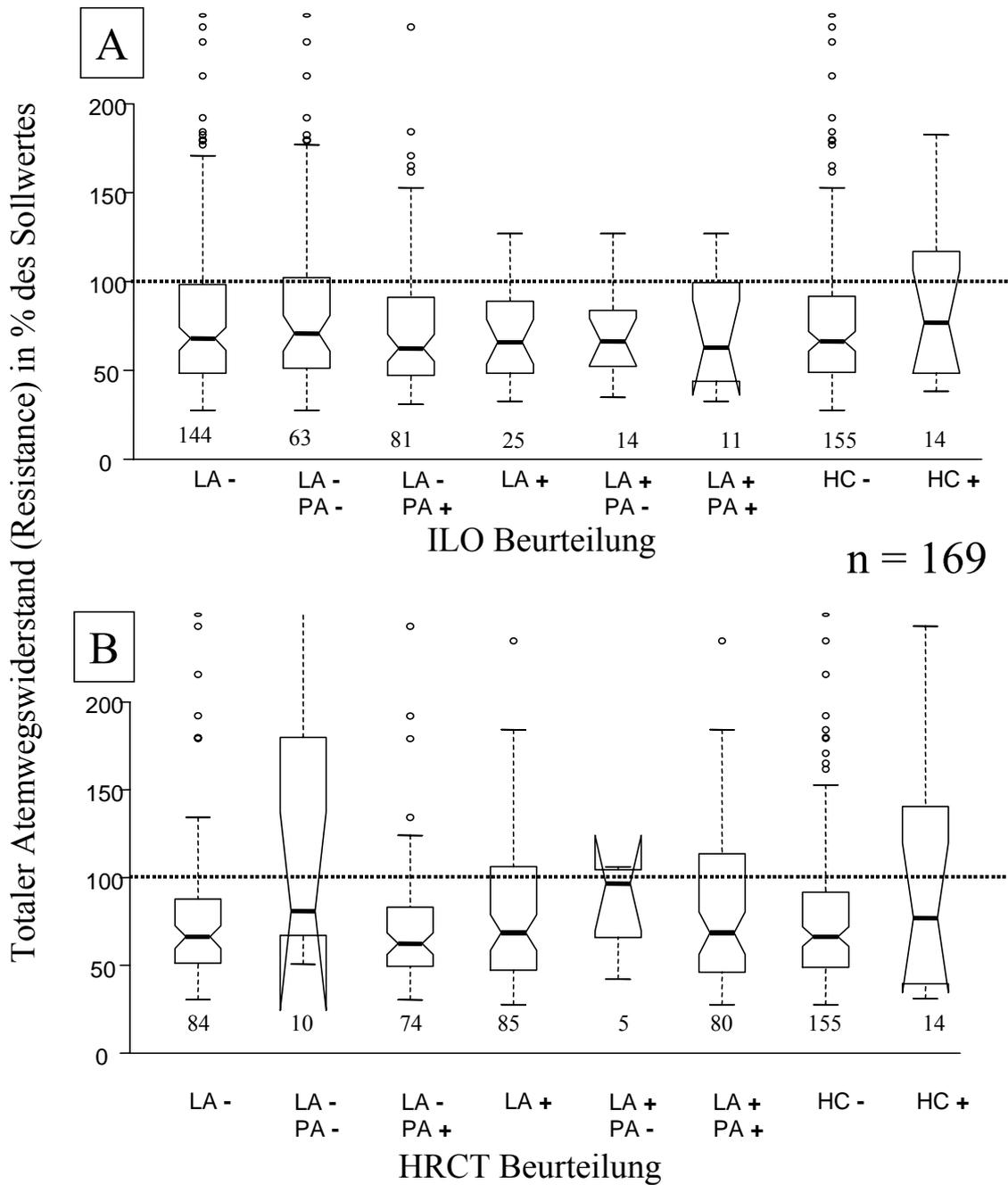


Abb. 5.9: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogener totaler Atemwegwiderstand (Resistance) in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

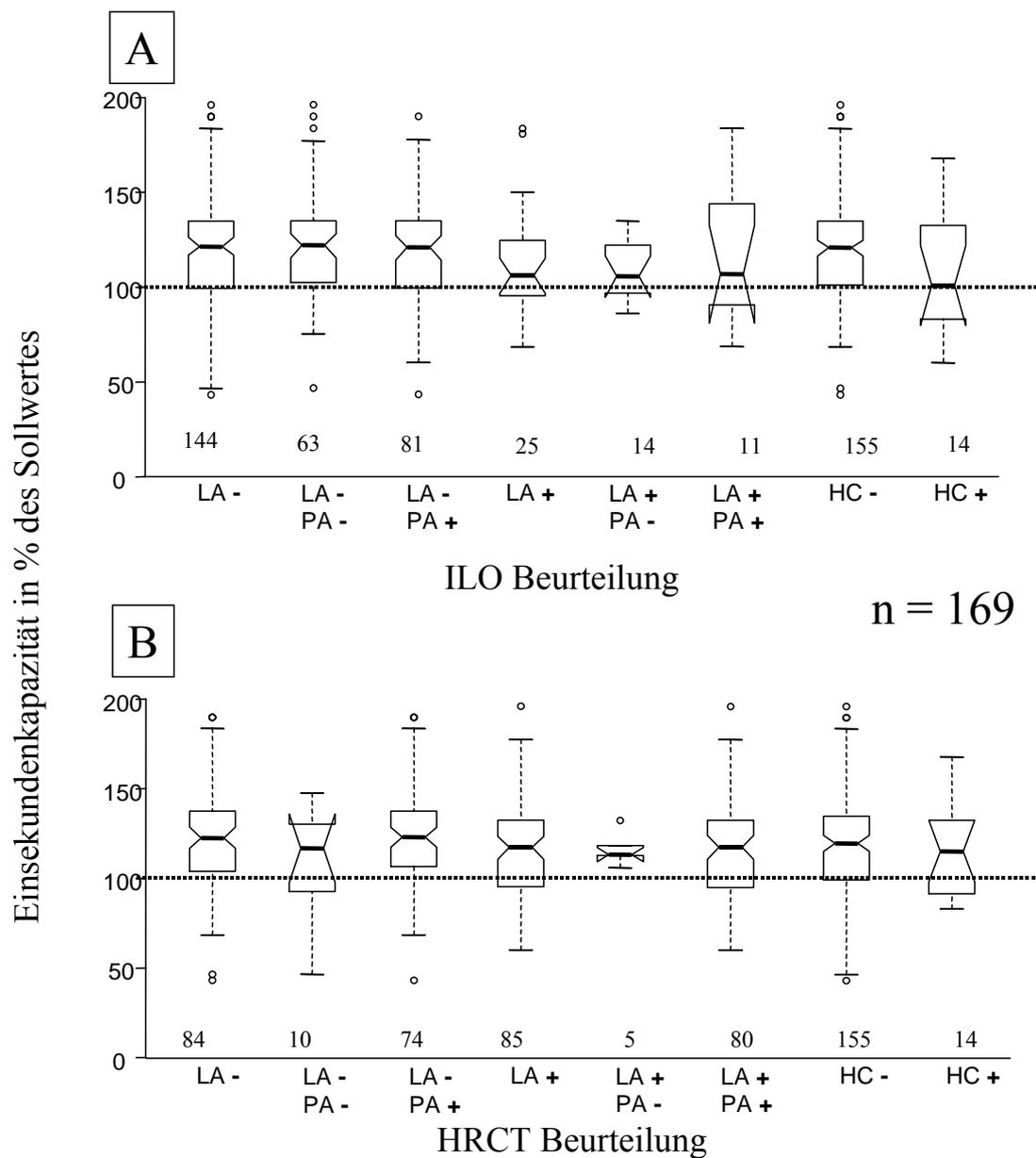


Abb. 5.10: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene Einsekundenkapazität (FEV1) in Abhängigkeit von einer röntgenologisch und computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

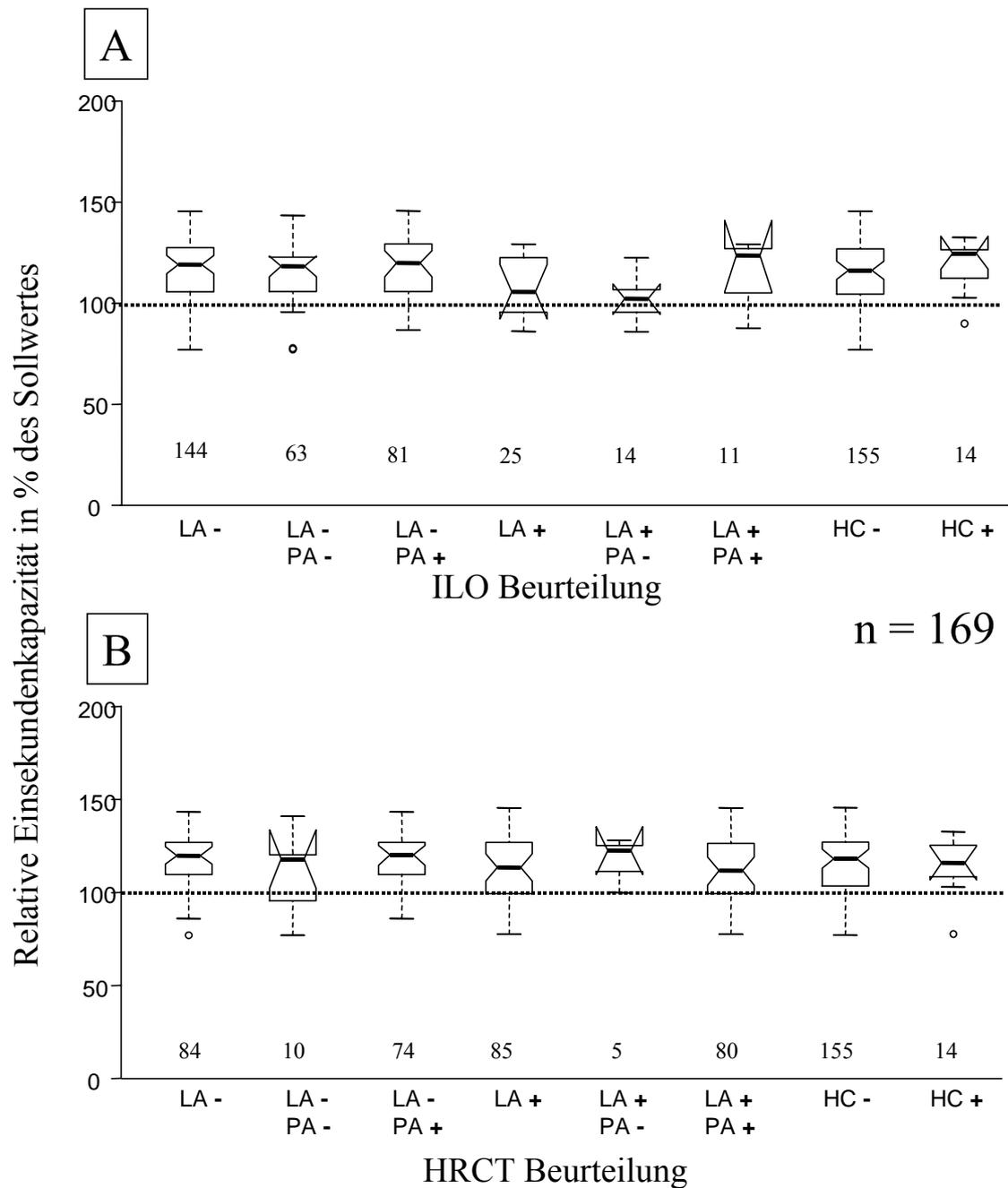
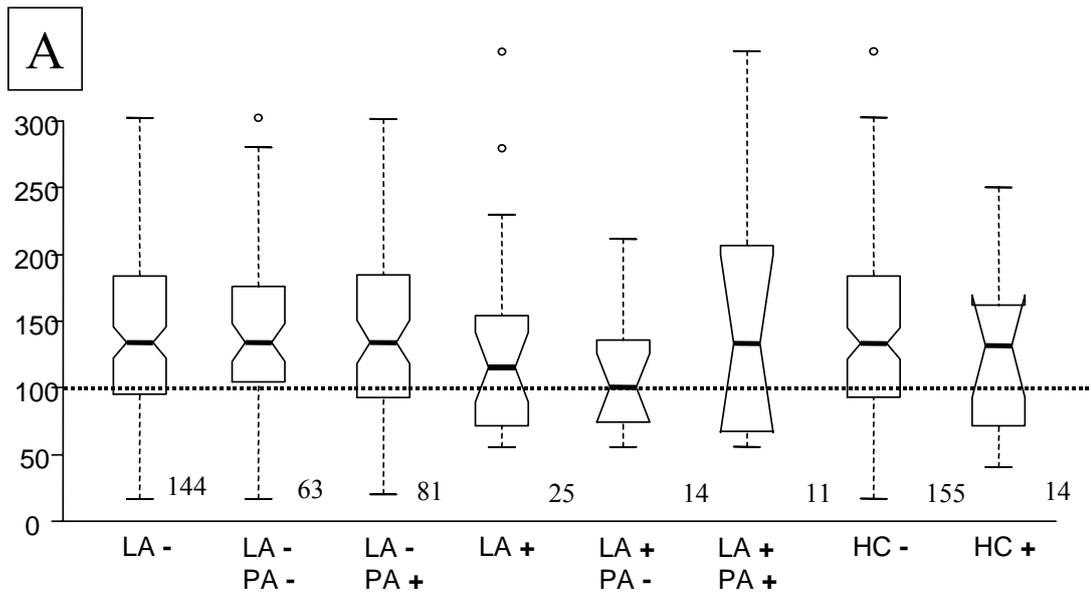


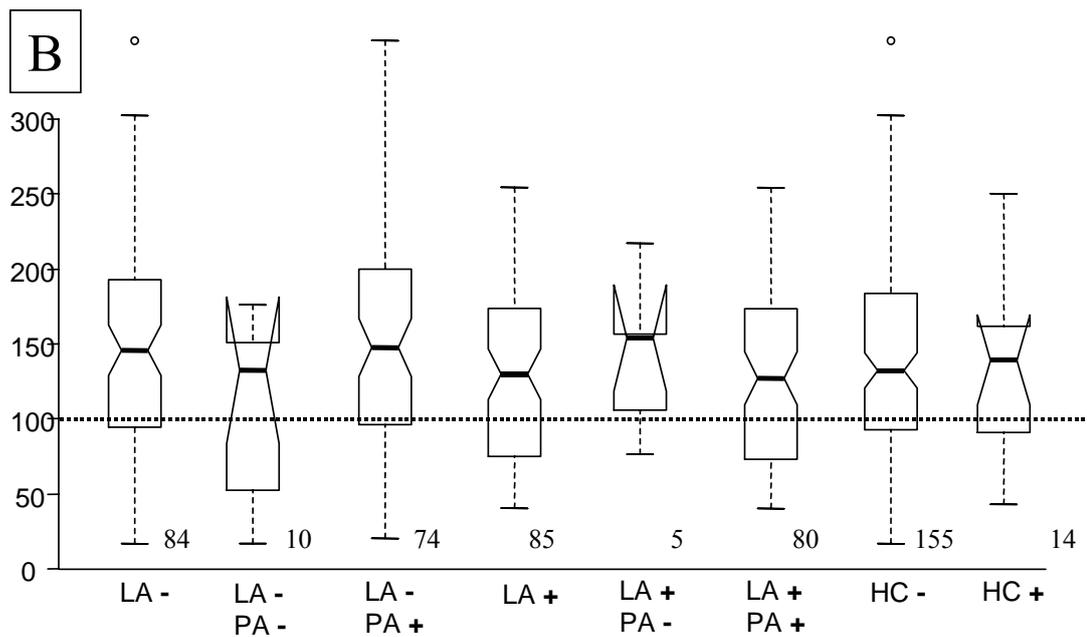
Abb. 5.11: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene rel. Einsekundenkapazität (FEV1/% FVC) in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

Maximaler expiratorischer Fluss von 50% der forcierten Vitalkapazität in % des Sollwertes



ILO Beurteilung

n = 169



HRCT Beurteilung

Abb. 5.12: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogener maximaler expiratorischer Fluss bei 50 % der forcierten Vitalkapazität (MEF 50) in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

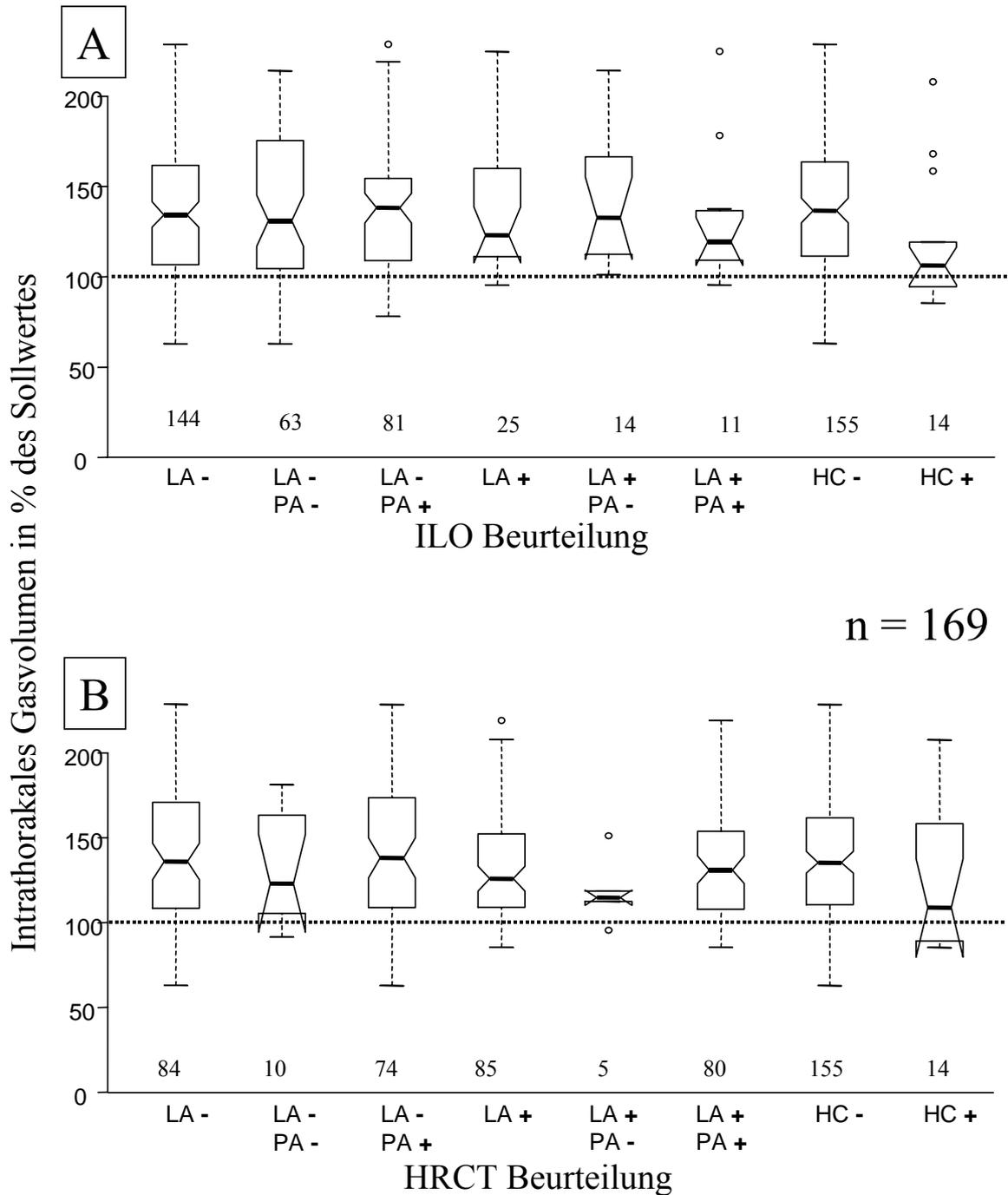


Abb. 5.13: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogenes intrathorakales Gasvolumen (ITGV) in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

5.3.6 Weitere Lungenfunktions-Parameter in Abhängigkeit von den Röntgenbefunden

Die Lungendehnbarkeit ist vom Luftvolumen in den Lungen in Atemruhelage abhängig. Daher war der Einfluss einer möglichen Lungenüberblähung zu untersuchen. Hierfür standen folgende Parameter zur Verfügung:

- das Residualvolumen
- die totale Lungenkapazität
- das relative Residualvolumen sowie
- die funktionelle Residualkapazität.

Messwerte des Residualvolumens, der totalen Lungenkapazität und des relativen Residualvolumens lagen in allen Gruppen im Median bei etwa 70 % des oberen Normwertes. Lungenüberblähungen als Emphysem, das zu einer sog. „schlaffen Lunge“ führt und damit gegenläufig zur Dehnbarkeitsminderung infolge von Asbestosen wirken, lagen in den gebildeten Patientengruppen und Untergruppen bei einer großen Streubreite der Werte nicht vor. Andererseits waren im Median auch keine Hinweise einer restriktiven Ventilationsstörung nachweisbar. Die Daten zur funktionellen Residualkapazität wiesen im Median in allen Gruppen keine Einschränkungen auf.

In den Korrelationen sowohl mit den Befunden der konventionellen Röntgenaufnahme als auch mit denjenigen der HRCT-Untersuchung ergaben sich in den Diagnosegruppen keine signifikanten Unterschiede. Dies gilt für das Residualvolumen, vgl. **Abb. 5.14 A und B**, die totale Lungenkapazität, vgl. **Abb. 5.15 A und B**, das relative Residualvolumen, vgl. **Abb. 5.16 A und B** sowie die funktionelle Residualkapazität, vgl. **Abb. 5.17 A und B**.

Aufgrund der fehlenden Abhängigkeiten schien es daher verzichtbar, die Ergebnisse der statischen Compliance auf das Residualvolumen, die totale Lungenkapazität, das relative Residualvolumen und die funktionelle Residualkapazität zu adjustieren.

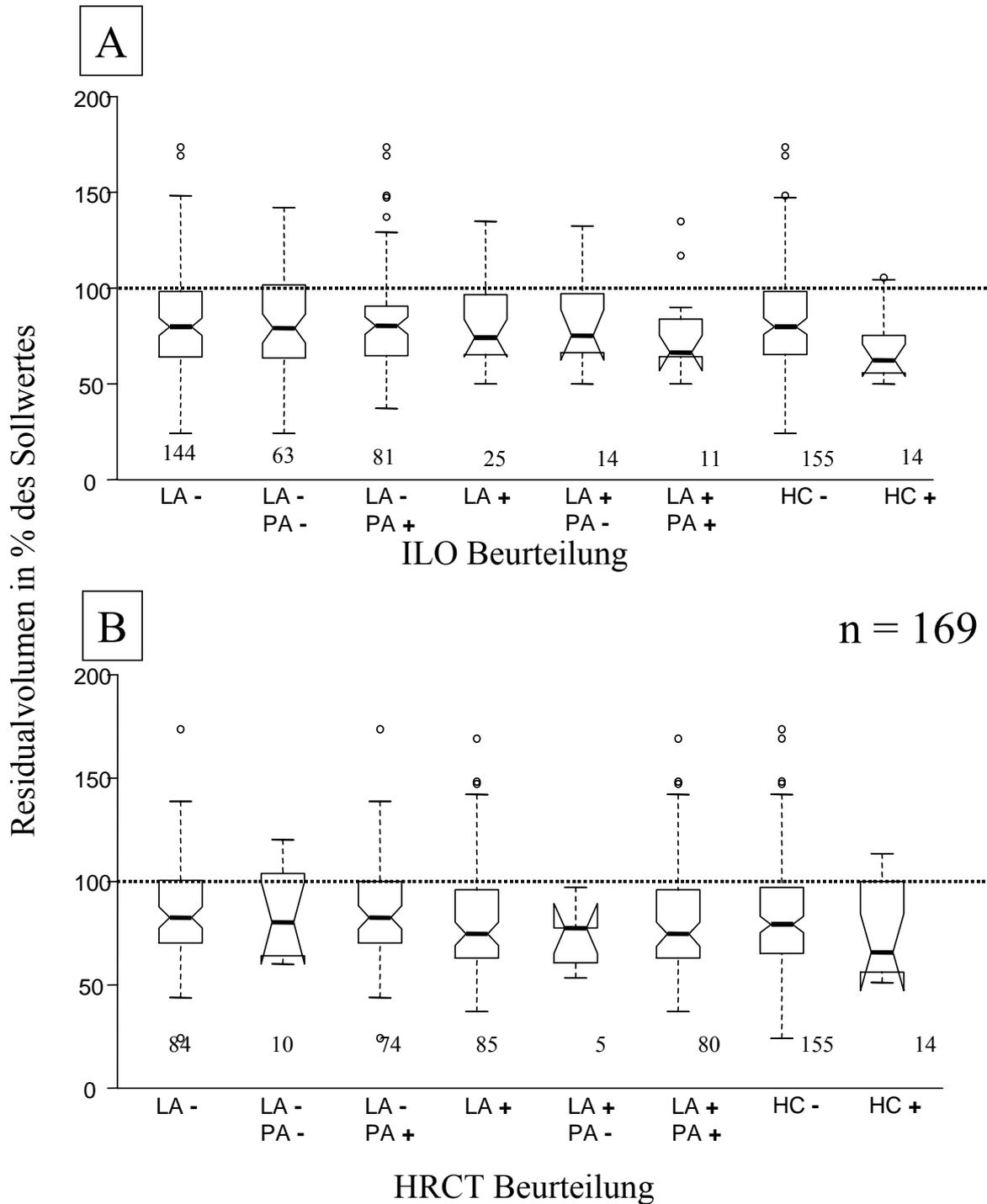


Abb. 5.14: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogenes Residualvolumen in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

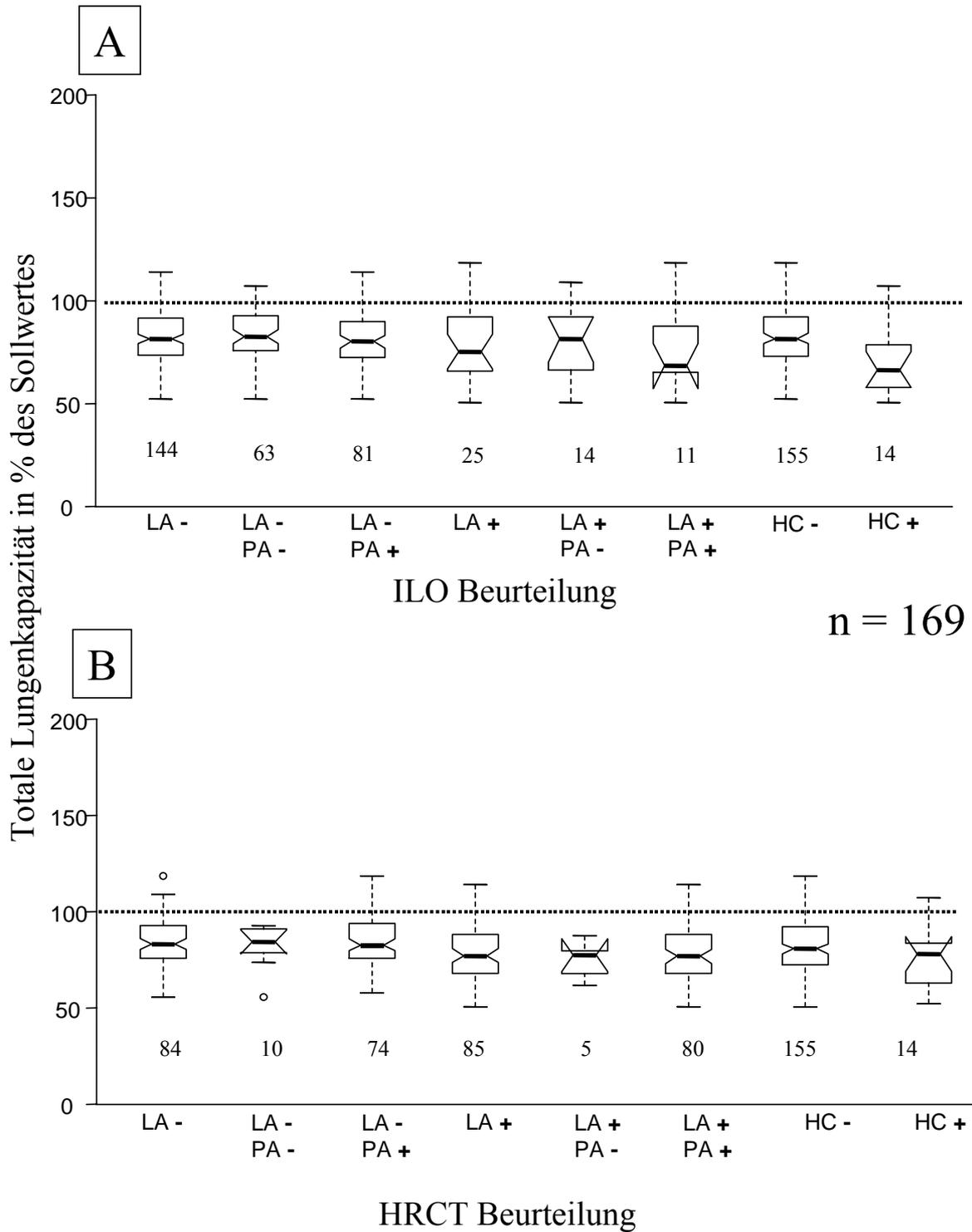


Abb. 5.15: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene totale Lungkapazität in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

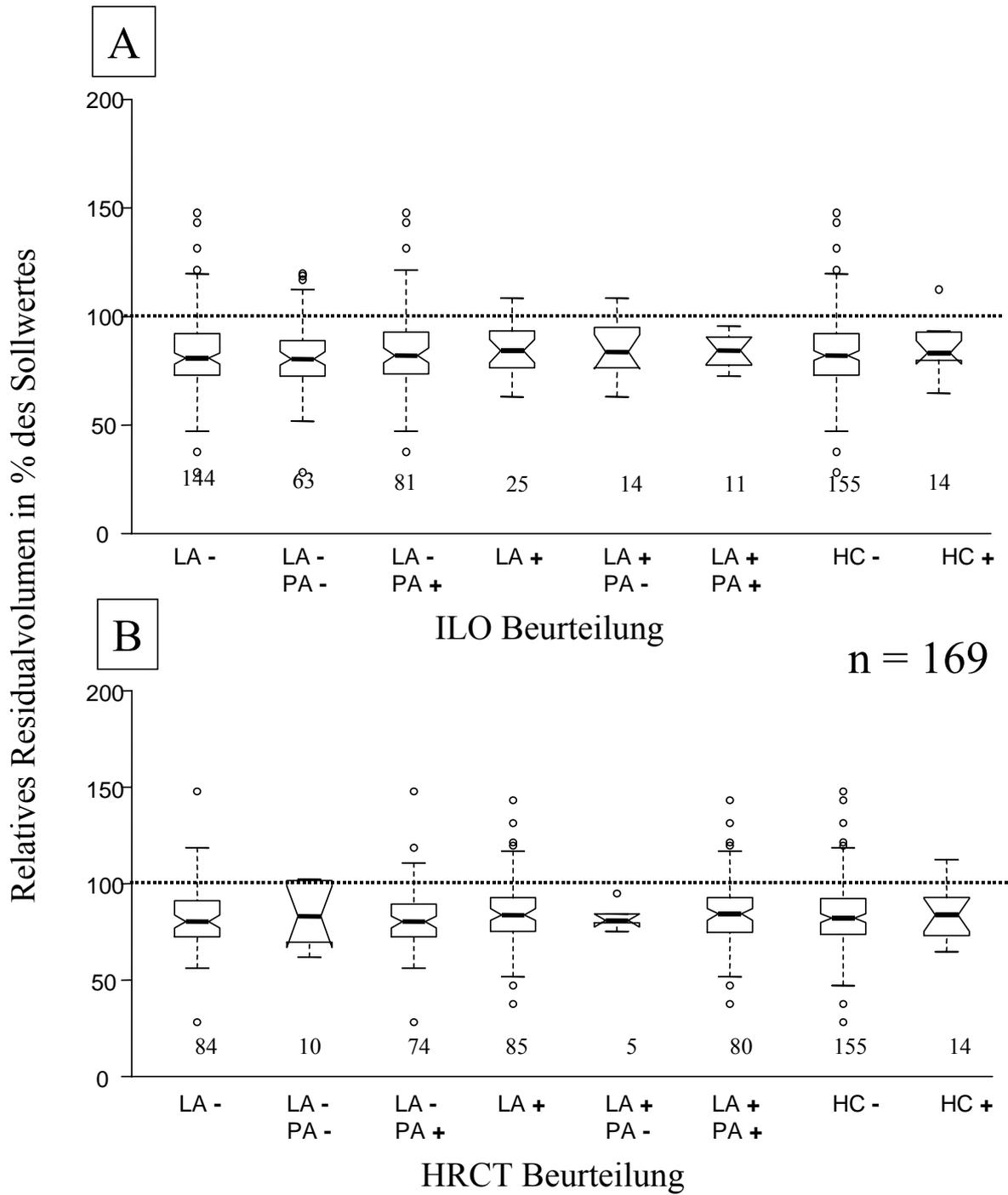


Abb. 5.16: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogenes relatives Residualvolumen in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

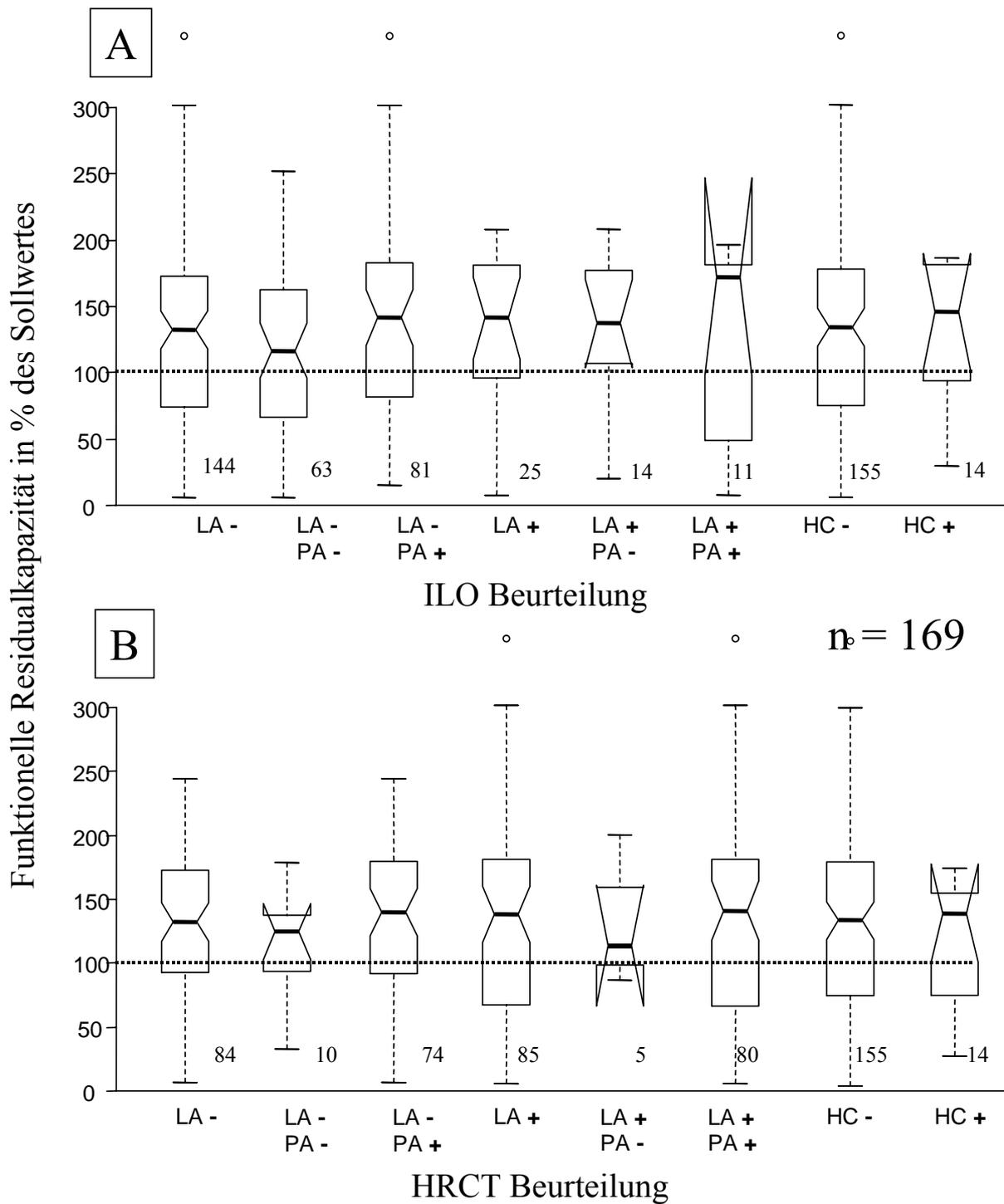


Abb. 5.17: Auf den Sollwert (= 100 %) bezogene funktionelle Residualkapazität in Abhängigkeit von einer röntgenologisch oder computertomografisch nachweisbaren Lungenasbestose (LA) und/oder Pleuraasbestose (PA), s. auch Legende zu Tab. 5.13 und 5.14 sowie Abb. 5.4.

6. Diskussion

Bereits seit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts fand Asbest in verschiedenen industriellen Bereichen Anwendung, insbesondere aufgrund seiner hervorragenden Werkstoffeigenschaften, wie z. B. auch der Eignung für Wärmeisolierungen. Das Maximum des Roh-Asbestverbrauchs in der BRD lag erst Ende der 70er Jahre, in der ehemaligen DDR sogar erst Mitte der 80er Jahre (Coenen und Schenk 1991). Insbesondere die Eigenschaft des Asbestes, als einer natürlich vorkommenden Faser mit hoher Zugfestigkeit, elastischer Struktur und bestimmten physiko-chemischen Eigenschaften, ließ ihn idealerweise für verschiedene Industrie- und Bauzwecke geeignet erscheinen. In vielen Bereichen wurde Asbest be- und verarbeitet.

Unser Patientenkollektiv besteht aus $n = 169$ Männern.

Die Aufschlüsselung bezüglich der genannten Berufe und die Zuordnung zu verschiedenen Tätigkeiten ergab Gefährdungsbereiche, in denen vermehrt Asbest be- und verarbeitet wurde. Eine Besonderheit des untersuchten Kollektives waren Patienten mit Beschäftigungszeiten in der Glas-Industrie. Bei Verwendung von Asbestprodukten in diesen Bereichen bestand eine bekanntermaßen hohe Exposition. Die Erkrankten waren überwiegend gegenüber Weißasbest exponiert gewesen.

Nach den Statistiken des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften gehören die durch Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen immer noch zu den häufigsten und volkswirtschaftlich schwerwiegendsten anerkannten Berufserkrankungen (Breuer 2005). Aufgrund der langen Latenzzeit von mehr als 15 bis 20 Jahren und hinsichtlich der kanzerogenen Eigenschaften von Asbest von 30 und mehr Jahren, muss auch national mit einem weiteren Anstieg der Asbestfaserstaub-Inhalationsfolgen gerechnet werden.

Für durch Asbestfaserstaub-induzierte Erkrankungen, insbesondere auch für durch Asbestfaserstaub-verursachte Krebserkrankungen in den nächsten 10 bis 20 Jahren wurde ein weiterer Anstieg prognostiziert. Dies (Coenen und Schenk 1991, Peto et al. 1995) stellt hohe Anforderungen an Ausmaß und Qualität der arbeitsmedizinischen Sekundärprävention bei in der Vergangenheit gegenüber diesem humankanzerogenen Arbeitsstoff exponierten Personengruppen. In der Hierarchie präventivmedizinischer Maßnahmen verdient die Primärprävention sicherlich erste Priorität (Halperin 1996). Seit dem generellen Asbestverbot in Deutschland gemäß Gefahrstoff-Verordnung im Jahre 1993 und der Etablierung strenger

Arbeitsschutzvorschriften für Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten im Hinblick auf die Beseitigung Asbest-haltiger Altlasten nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe Nr. 519 (TRGS 519) haben primärpräventive Maßnahmen diesbezüglich mittlerweile einen hohen Stand erreicht. Aufgrund der jahrzehntelangen Latenzzeiten und der chronischen Krankheitsverläufe bleiben jedoch ergänzende Maßnahmen der Sekundärprävention selbst nach Inkrafttreten des Asbestverbotes dringend notwendig (Woitowitz et al. 1988, Schneider und Woitowitz 1996).

Unfallversicherungsträger haben alle Maßnahmen zu treffen, um eine möglichst frühzeitig nach dem Versicherungsfall einsetzende, sachgemäße Heilbehandlung zu gewährleisten. Dies gilt - soweit erforderlich - nicht nur für eine besondere unfallmedizinische Behandlung, sondern auch für diejenige von Berufskrankheiten. Die Unfallversicherungsträger können je nach Art und Schwere des Gesundheitsschadens besondere Verfahren für die Heilbehandlung vorsehen. § 26 Abs. 2 Nr. 1 SGB VII verpflichtet die Unfallversicherungsträger mit allen geeigneten Mitteln, den durch den Versicherungsfall verursachten Gesundheitsschaden möglichst frühzeitig zu beseitigen oder zu bessern. Gleiches gilt für die Verhütung einer Verschlimmerung und für die Milderung seiner Folgen einschließlich der sozialen Rehabilitation. Hinzuweisen bleibt auch auf § 28 Abs. 4 SGB VII, wonach bei Versicherungsfällen, für die wegen ihrer Art oder Schwere besondere medizinische Behandlung angezeigt ist, diese Behandlung zu erbringen ist.

Das Kollektiv der in dieser Studie untersuchten Patienten bestand ausschließlich aus Versicherten, bei denen eine Berufskrankheit der Nr. 4103 BKV bereits anerkannt war und die sich zu Maßnahmen der Rehabilitation stationär in der Berufsgenossenschaftlichen Klinik für Berufskrankheiten in Bad Reichenhall befanden.

Der Berufsgenossenschaftliche Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 1.2 „Asbestfaserhaltiger Staub“ war Anfang der 70er Jahre unter der Prämisse etabliert worden, fibrogene Asbestinhalations-Folgeschäden frühzeitig zu erkennen, ggf. gesundheitliche Bedenken für eine Weiterbeschäftigung zu äußern und soweit der begründete Verdacht bestand, das Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren einzuleiten.

Bei den arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen wird neben der Anamnese und der klinischen Untersuchung lediglich eine kleine Spirometrie durchgeführt. Im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren ist darüber hinaus eine umfassende Lungenfunktionsanalyse inklusive Bodyplethysmografie und Belastungsuntersuchung

(Spiroergometrie) mit Durchführung mindestens einer konventionellen Röntgenaufnahme und ggf. einer HRCT-Untersuchung erforderlich.

Die Beurteilung der konventionellen p. a.-Thoraxaufnahmen erfolgt nach der ILO 1980 bzw. 2000/BRD. Bei zweifelhaften Befunden wird vom sog. erstbeurteilenden Arzt, der nach der ILO-Klassifikation den radiologischen Befund erhebt, in einem sog. Zweitbeurteilungsverfahren von einem erfahrenen, arbeitsmedizinisch- und radiologisch geschulten Beurteiler das konventionelle Röntgenbild erneut beurteilt. Dieses Verfahren hat sich bewährt. Es wurde zwischenzeitlich leicht modifiziert (Hering et al. ILO 2000). Der Beurteilungsbogen nach der ILO-Klassifikation für das Erst- und Zweitbeurteilungsverfahren befindet sich in der Anlage.

In der vorliegenden Studie wurden die konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahmen nach der ILO-Klassifikation 1980/BRD doppelblind einer Erst- und Zweitbeurteilung unterzogen. Auch dem Zweitbeurteiler war der Befund des Erstbeurteilers nicht bekannt. Die Thorax-Übersichtsaufnahme p. a. wurde verglichen mit dem Standard-Filmsatz der ILO, welcher die verschiedenen Schweregrade der Lungenasbestose in bestimmten Streuungskategorien darstellt. Für unsere Fragestellung war es entscheidend, ob eine Pleuraasbestose, insbesondere umschriebene Pleuraverdickungen in Form von hyalinen oder aber auch verkalkenden Plaques vorlagen. Als Untergruppe einer komplizierten Pleuraasbestose sollten die Patienten detektiert werden, die als Residualzustand nach einer Pleuritis (z. B. sog. Gaensler-Pleuritis) eine Pleura-Verschwartung im Sinne einer Hyalinosi complicata aufwiesen. Die Diagnose einer Rundherdatelektase als besondere Komplikation einer Pleuraasbestose wurde im Kollektiv keinmal gestellt (Hauser-Heidt et al. 2002).

Bei der Beurteilung der pleuralen Befunde wurden zwischen Erst- und Zweitbeurteiler keine größeren Abweichungen gefunden. Die Diagnose einer sog. Hyalinosi complicata erfolgte stets übereinstimmend durch den Erst- und Zweitbeurteiler.

Des Weiteren wurde röntgenologisch die Diagnose nach dem Schweregrad einer Lungenasbestose entsprechend der ILO gestellt. Eindeutige, Asbest-typische Veränderungen mit dem Nachweis von kleinen unregelmäßigen Schatten der Form s/t/u mit einem Streuungsgrad von mindestens 1/1 wurden als eindeutig im Sinne einer Asbestlungenfibrose angesehen. Der Erstbeurteiler hat insoweit bei n = 28 Patienten (16,6 %), der Zweitbeurteiler bei n = 25 Patienten (14,8 %) die Diagnose einer Lungenasbestose gestellt. Grenzwertige Befunde entsprachen den Veränderungen mit kleinen unregelmäßigen Schatten der Kategorie 1/0. Diese wurden bei n = 45 (26,6 %) bzw. n = 38 (22,5 %) der Röntgenaufnahmen kodiert.

Die Erst- und Zweitbeurteilungs-Häufigkeiten unterschieden sich nicht wesentlich. Die Korrelation zeigt eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Erstbeurteiler und Zweitbeurteiler. Hinsichtlich der Beurteilung durch Asbestfaserstaub-bedingter parenchymaler Schweregrade wird somit eine gute standardisierte Auswertung konventioneller Röntgenaufnahmen nach den Kriterien der ILO ermöglicht.

Immer häufiger war jedoch in der Vergangenheit zu erkennen, dass in der konventionellen p.a.-Übersichtsaufnahme eine vollständige Exploration des Thoraxraumes nur sehr eingeschränkt möglich ist. Oft konnten insbesondere die malignen Erkrankungen in einem therapierbaren und frühen Stadium selten diagnostiziert werden (Raithel et al. 1989). Erst durch die Entwicklung der Computertomografie als einem neuen radiologischen Verfahren wurde die Möglichkeit gegeben, insbesondere auch den Thoraxraum genauer abzubilden (Hounsfield et al. 1973, Lissner und Schwarz 1978). Dieses Verfahren wurde ständig weiter entwickelt. So wurde in der hochauflösenden Computertomografie (HRCT) eine Chance zur Effizienzsteigerung gesehen (Raithel und Lehnert 1996, Kraus et al. 1998, Vehmas et al. 2000). Dieses Verfahren wird mittlerweile insbesondere bei Hochrisiko-Patienten in der arbeitsmedizinischen Vorsorge, zunehmend aber auch im BK-Feststellungsverfahren sowie zur Feststellung des Schweregrades und Komplikationen im Verlauf von Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen eingesetzt.

Die Computertomografie, vor allem in hochauflösender Technik (HRCT), ermöglicht eine frühe und exaktere Erfassung reaktiver Asbestinhalationsfolgen am Parenchym und an der Pleura. Voraussetzung ist ein jedoch weitgehend einheitliches Untersuchungsverfahren mit standardisierter Aufnahme- und Abbildungstechnik. Zunehmend setzt sich eine Kombination von Spiraltechnik mit zusätzlichen hochauflösenden Schichten durch. Analog dem sog. ILO-Auswertungsbogen als semiquantitativer Befundauswertung, wurde schließlich auch für die Computertomografie-Beurteilung ein solcher Auswertebogen geschaffen. Die computertomografisch erhobenen Befunde unseres Kollektivs wurden mit dem in der Anlage beigefügten neuen HRCT-Auswertebogen durch Herrn Chefarzt Dr. Kurt Hering, Dortmund beurteilt.

Insbesondere pleurale Veränderungen lassen sich in ihrer Lokalisation genauer beschreiben. Die Topografie der verkalkten Pleuraplaques konnte lokalisiert werden. Das Überwiegen der Pleuraplaques in den beiden dorsalen Unterfeldern deckt sich mit den Erfahrungen anderer Untersucher. Bezogen auf die Lokalisation der Mittel- und Oberfelder findet sich eine

Bevorzugung der linken Thoraxhälfte. Dies deckt sich ebenfalls mit den bereits vorbeschriebenen Erkenntnissen. Insoweit bestätigen die Befunde in unserem Patientenkollektiv bezüglich des Vorkommens computertomografisch nachzuweisender Pleuraplaques die anderen untersuchten Patienten gewonnenen Erfahrungen. Insbesondere auch beim Nachweis einer diffusen Pleuraverdickung kann das HRCT aufgrund der damit möglichen Dichteabschätzung die fettbedingten subpleuralen Verdickungen differenzialdiagnostisch besser ausgrenzen. Auch die hinter der Wirbelsäule liegenden dorsalen Lungenabschnitte können bezüglich des Vorkommens von Pleuraplaques besser beurteilt werden. Die Hyalinosi complicata wurde – wie mittels des Röntgenbildes - in n = 14 Fällen computertomografisch nachgewiesen. Die Übereinstimmung zwischen den Erst- und Zweitbeurteilern der konventionellen Röntgenbilder ist hierbei als vollständig zu bezeichnen. Die radiologischen Zeichen einer Hyalinosi complicata sind mit ihrer massiven Pleuraverschwartung bereits im konventionellen Röntgenbild in der Regel relativ gut abzugrenzen.

Parenchymatöse Lungenveränderungen mit kleinen unregelmäßige Schatten s', t' oder u' der Streuungskategorie $\geq 1/1$ fanden sich in unserem Kollektiv computertomografisch bei n = 14 (8,2 %) der Patienten und lineare Schatten v', w' oder x' der Streuungskategorie $\geq 1/1$ bei n = 61 (36,1 %) der Patienten. Damit waren Lungenasbestosen gegenüber der konventionellen Thoraxaufnahme deutlich häufiger detektierbar. Mit Streuungskategorien $> 3/2$ fanden sich sogar fortgeschrittene Befunde im HRCT.

Die Befunde der konventionellen Röntgenaufnahmen wurden mit dem HRCT verglichen.

Zur Ermittlung der Spezifität, Sensitivität und der prädiktiven Werte wurde die HRCT-Untersuchung per definition als korrekter Befund festgesetzt. Die errechneten Werte erlauben eine vergleichende Bewertung beider Verfahren. Absolute Aussagen sind nicht möglich, da dies eine histo-pathologische Diagnosesicherung voraussetzten würde.

Die Korrelation zwischen der Erst- und Zweitbeurteilung beim Vorliegen der kleinen Lungenschatten s, t, u zeigt eine befriedigende Übereinstimmung. Bei der Korrelation zwischen den Röntgenbefunden anhand des Übersichtsbildes und der HRCT-Aufnahme ergibt sich, dass das HRCT häufiger die Diagnose fortgeschrittener Befunde erlaubt, die im konventionellen Bild nicht erkennbar sind. Die Computertomografie, insbesondere in Hochauflösungstechnik, gilt daher auch nach unseren Ergebnissen zu Recht als sensitivere Methode zur Diagnostik Asbeststaub-assoziiertes Veränderungen an der Lunge und/oder Pleura (Aberle et al. 1988, Begin et al. 1993, Raithel et al. 1996).

Die in der Literatur beschriebene höhere Sensitivität und Spezifität der HRCT im Vergleich zur Befunderhebung mittels konventioneller Röntgentechnik ist mit unseren Ergebnissen zu bestätigen. Die Sensitivität der konventionellen Röntgentechnik im Vergleich zur HRCT bezüglich pleuraler Veränderungen lag bei 97,8 %, die Spezifität hingegen nur bei 16,9 %. Bezüglich der Spezifität des HRCT im Vergleich zu anderen Erkrankungen wird die Validität der HRCT-Untersuchung teilweise kontrovers diskutiert. Bergin et al. (1994) konnte in einer Untersuchung zeigen, dass frühe fibrotische Veränderungen auch bei von Asbestfaserstaub-unabhängigen Erkrankungen vorkommen können. Auch McLoud (1988) wies darauf hin, dass die Spezifität diskreter fibrotischer Veränderungen als Asbeststaub-Inhalationsfolge differenziert betrachtet werden müsse. Der positive prädiktive Wert bezüglich der pleuralen Veränderungen lag anhand des Röntgenbildes mit 58,4 % unterhalb dem von Friedmann et al. (1988). Sensitivität und Spezifität sind jedoch unter Umständen höher anzusetzen, sobald höhergradige Streuungsgrade der Lungenasbestose vorliegen. Die niedrige Spezifität von 16,9 % hinsichtlich der Beurteilung der Pleurabefunde ist damit zu erklären, dass sich im konventionellen Röntgenbild kaum eine Differenzierungsmöglichkeit zu Pleuraverdickungen infolge Fettauflagerungen bei adipösen Patienten bietet. Die Untersuchung der Lokalisation der Pleuraplaques mittels HRCT hatte in unserem Kollektiv ergeben, dass diese insbesondere dorsal und basal vorliegen. Gerade diese Lokalisationen sind jedoch mit der konventionellen Röntgentechnik kaum zu detektieren, da sie von anderen Strukturen wie z. B. auch von der Wirbelsäule überlagert werden. Die sich auch in unserem Kollektiv abzeichnende Bevorzugung der linken Thoraxhälfte für Pleuraplaques wurde z. B. von Hu et al. (1993) beschrieben. Eine schlüssige, patho-anatomische kausale Erklärung liegt hierfür jedoch nicht vor.

Wesentlich in der Beurteilung funktioneller Auswirkungen fibrogener, durch Asbestfaserstaub-verursachter Erkrankungen ist die Untersuchung der Lungenfunktion des Patienten.

Nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 1.2 ist hierfür lediglich die kleine Spirometrie vorgesehen. Sie vermag hinreichend valide Untersuchungsparameter zu liefern, um durch Messung der Vitalkapazität eine beginnende restriktive Ventilationsstörung festzustellen. Durch Messung des FEV1-Wertes lässt sich auch das Vorliegen einer obstruktiven Ventilationsstörung nachweisen. Für bereits an einer Berufskrankheit der Nr. 4103 BKV Erkrankte oder aber im BK-Feststellungsverfahren ist jedoch eine umfassende,

stärker qualitätsgesicherte Lungenfunktionsanalyse erforderlich. In der Regel umfasst diese eine Bodyplethysmografie mit Bestimmung der Fluss-Volumen-Kurven, sowie Messungen der Diffusionskapazität und Blutgasuntersuchungen in Ruhe und unter definierter Belastung, idealerweise im Rahmen einer Spiroergografie. Die Messung der Compliance wird bislang nicht regelmäßig für durchführbar gehalten, da bei dieser Untersuchung eine über die Nase eingeführte Ösophagusdrucksonde platziert werden muss. Bei der Compliance Untersuchung handelt es sich somit nicht um einen duldungspflichtigen Eingriff.

Im Rahmen dieser Studie sollte insbesondere die Wertigkeit der statischen Compliance-Messung bei Asbestfaserstaub-verursachten Erkrankungen der Lunge und der Pleura evaluiert werden. Hierzu war es erforderlich, auch Einflussfaktoren auf die Compliance in ihrem Ausprägungsgrad zu ermitteln. Außerdem sollte die Aussagekraft bestimmter, für die Beurteilung der Funktionseinschränkungen relevanter Lungenfunktionsparameter bei Patienten mit Lungenasbestose und/oder Asbest-verursachter Erkrankung der Pleura unterschiedlicher Ausprägung festgestellt werden.

Ziel war die Korrelation von konventionellen Röntgenaufnahmen der Thoraxorgane und von hochauflösenden computertomografischen Untersuchungen (HRCT) mit Lungenfunktionsparametern und darunter insbesondere der statischen Compliance.

Bei den sich im Rehabilitationsverfahren stationär in der Berufsgenossenschaftlichen Klinik für Berufskrankheiten in Bad Reichenhall befindlichen Patienten wurde eine unter Ruhebedingungen umfassende Lungenfunktionsanalyse durchgeführt. Die wichtigsten Parameter der restriktiven und obstruktiven Ventilationsstörung sowie der Lungenblähung wurden erhoben. Eine Spiroergometrie zur frühzeitigen Erkennung von Einschränkungen unter definierter Arbeitsbelastung war dem gegenüber nicht Gegenstand dieser Untersuchungen. Die Mittelwerte, Standardabweichungen, der Messwertbereich und die Verteilung der Messwerte im Kollektiv (Perzentile) sind für insgesamt 15 erhobene Parameter getrennt aufgearbeitet worden, siehe **Tabelle 5.11**. Wegen ihrer Abhängigkeit vom Alter und der Körpergröße wurden die Messparameter zur besseren Vergleichbarkeit auf Normwerte bezogen. In **Tabelle 5.12** finden sich die Lungenfunktionsparameter in % des Sollwertes für die Patienten übersichtlich zusammengefasst. Bei bestimmten Parametern liegen große Abweichungen zum Sollwert in beiden Richtungen vor. So wurde z. B. bei der inspiratorischen Vitalkapazität eine Spannweite von 73 % bis zu 170 % in % des Sollwertes beobachtet. Die Unterschreitung des Mindestsollwertes um 27 % entsprach somit einer

leichten restriktiven Ventilationsstörung. Der Median der Vitalkapazität lag im Kollektiv oberhalb des Sollwertes.

Der Atemstoßtest, die Einsekundenkapazität oder die Resistance zeigten im Median keine Hinweise für eine obstruktive Ventilationsstörung. Im Kollektiv fanden sich im Median keine Lungenüberblähungen mit Erhöhung des Residualvolumens. Gleiches gilt für die totale Lungenkapazität und das relative Residualvolumen. Zur Erkennung einer Erkrankung der kleinen Atemwege („small airways disease“) wurde der MEF 50 ausgewertet. Bezogen auf das Gesamtkollektiv war der MEF 50 im Median nicht auffällig. In der Patientengruppe der Lungenasbestosen ohne Pleuraasbestose fiel dieser geringgradig ab. Diese Korrelation war nur gegeben mit Befunden der konventionellen Röntgen-Aufnahmetechnik, nicht jedoch mit denjenigen des HRCT. Der Zielparameter der Studie, die statische Compliance, war im Median über das Gesamt-Kollektiv betrachtet, nicht vermindert.

Die Befunde sind im Rahmen des stationären Heilverfahrens – ohne Belastungsuntersuchung - erhoben worden. Durch den hohen Anteil regelhafter Befunde kann auf die Effektivität der Behandlungsmaßnahmen geschlossen werden.

Zur Korrelation der Lungenfunktionsparameter mit Befunden der konventionellen Röntgenuntersuchung bzw. der HRCT-Beurteilung wurde die Gruppeneinteilung so vorgenommen, dass insbesondere auch die Gruppen der ausschließlich an Pleuraasbestose und ausschließlich an Lungenasbestose Erkrankten zu differenzieren waren. So war es möglich, lungenfunktionelle Einschränkungen infolge einer Lungenasbestose von denen einer Pleuraasbestose zu diskriminieren.

Als führender Parameter zur Beurteilung einer restriktiven Ventilationsstörung dient die inspiratorische Vitalkapazität. Diese entspricht dem maximal mobilisierbaren Lungenvolumen, gemessen bei langsamer Inspiration nach vorausgegangener maximaler langsamer Ausatmung. Die sog. forcierte Vitalkapazität (FVC), gemessen bei schneller Expiration ist stets kleiner als die langsam ausgeführte inspiratorische VC. Die Sollwerte sind abhängig von Geschlecht, Körpergröße und Alter (Sollwerte der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl = EGKS-Werte). Für die Beurteilung der Asbestfaserstaubverursachten Erkrankungen finden die EGKS Sollwerte von 1983 Anwendung. Des weiteren müssen die Sollwerte auf Körperbedingungen bezogen werden (BTPS-Bedingungen = Body Temperature, Pressure, Saturated). Insbesondere die restriktiven Ventilationsstörungen gehen

mit einer Verminderung der Vitalkapazität einher. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass höhergradige obstruktive Erkrankungen infolge Zunahme des Residualvolumens gleichfalls zu einer Verkleinerung der Vitalkapazität führen, dies wird dann als sekundäre Restriktion bezeichnet. Zur Interpretation dieser Befunde war eine bodyplethysmografische Untersuchung erforderlich. Die Restriktion kennzeichnet eine Verminderung der mobilisierbaren und nicht-mobilisierbaren Lungenvolumina durch verminderte Ausdehnungsfähigkeit des Lungen-Thorax-Zwerchfell-Systems. Dies findet sich in der Regel bei sehr unterschiedlichen Grunderkrankungen. Dies kann durch eine Restriktion aus knöcherner Ursache, aufgrund neuromuskulärer Störungen vorliegen, teilweise kann auch die Adipositas extrathorakal eine Restriktion bedingen. In dem untersuchten Patientenkollektiv sind die Asbestfaserstaubverursachten Erkrankungen als im Vordergrund stehender ätiologischer Faktor anzusehen. In unserem Studien-Kollektiv fiel auf, dass die alleinige Lungenasbestose im Median zu keiner Einschränkung der Vitalkapazität führte. Lediglich bei gleichzeitigem Vorliegen einer Lungenasbestose und einer Pleuraasbestose sowie insbesondere beim Vorliegen einer Hyalinosis complicata lag die Vitalkapazität im Vergleich zu den übrigen Patientengruppen im Median niedriger. Das Ergebnis war aber nicht signifikant. Dies hängt damit zusammen, dass bei Ausbildung einer deutlichen Mantelschwarte das mobilisierbare Lungenvolumen eingeschränkt ist. In der von Woitowitz 1972 durchgeführten Studie kam es zu einer Verminderung der Vitalkapazität mit den niedrigsten Werten bei Werktätigen, die mehr als 10 Jahre Asbestfaserstaub exponiert waren. Es war eine zunehmende Einschränkung des maximalen willkürlichen Lungenfassungsvermögens mit ansteigender Exposition zu verzeichnen. Nach Standardisierung mit Einflussfaktoren wie Alter, Körpergröße und Gewicht war nachzuweisen, dass die relativ niedrigste Vitalkapazität in % der Norm mit den Teilkollektiven des höheren Risikobereichs vergesellschaftet war. Ein Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass der Zusammenhang des allmählichen Verlustes der Vitalkapazität mit zunehmender Asbeststaub-Exposition als gesichert angesehen werden muss. Diese Korrelationen mit dem konventionellen Röntgenbild konnten von uns erneut bestätigt werden. Diese Feststellung stützte gleichfalls die Ergebnisse anderer Untersucher, deren Ergebnisse auf kleineren Fallzahlen Asbest-Exponierter bzw. bereits manifest an Asbestose erkrankter Personen beruhen (Bader et al. 1961, Basteiner et al. 1955, Bjure et al. 1964, Elder 1967, Thomson et al. 1961, Roemheld et al. 1940). Des weiteren stimmt diese Beobachtung mit der Untersuchung von Thomson und Mitarbeiter 1965 überein. Thomson stellte die Vitalkapazität unter den verschiedenen Lungenfunktionsparametern bei Asbestose hinsichtlich der diagnostischen Trennschärfe besonders heraus. Im Gegensatz dazu erweist sich die

Totalkapazität als nicht so aussagefähig, wie es teilweise Voruntersuchungen vermuten ließen (Kleinfeld et al. 1966, Kleinfeld et al. 1966). Sie wies in der Untersuchung von Voitowitz 1972 übereinstimmend bei allen 4 gebildeten Risikogruppen niedrigere Mittelwerte auf. Die Unterschiede konnten statistisch jedoch nicht gesichert werden. Ein konkurrierender Faktor hierfür ist die Adipositas, da ein hochstehendes Zwerchfell den Thoraxraum nicht unwesentlich einengt. In unserem Kollektiv war die bodyplethysmografisch bestimmte totale Lungenkapazität bei Patienten mit vorliegender Lungen- und Pleuraasbestose sowie bei Patienten mit Hyalinosis complicata im Median leichtgradig, aber nicht signifikant vermindert. Die Verminderung der totalen Lungenkapazität konnte jedoch anhand der HRCT-Beurteilung nicht in dem Ausmaß zugeordnet werden.

Störungen des Gasaustausches sind ein typischer Befund einer Asbestose, die im Allgemeinen erst in fortgeschrittenen Stadien beobachtet werden. Da für unsere Patienten keine definierte Belastungsuntersuchung durchgeführt worden war, verwendeten wir die Parameter des Gasaustausches für die Auswertung nicht.

Eine restriktive Ventilationsstörung ist weiterhin anzunehmen, wenn die statischen Lungenvolumina, die inspiratorische Vitalkapazität, die Totalkapazität (TLC) und funktionelle Residualkapazität vermindert sind (Bader et al. 1965, Becklake et al. 1972, Bohlig 1976, Hain et al. 1985). Erhöhungen des Residualvolumens werden im Allgemeinen nicht beobachtet. Allenfalls in Spätstadien der Erkrankungen kommt es, möglicherweise durch den Umbau des Lungenparenchyms zu diesbezüglichen Veränderungen.

Als ein sensibler Parameter für die Diagnose einer Lungenfibrose bzw. einer Lungenasbestose wird bisher die Lungen-Compliance angesehen (Lindemann et al. 1985). Von Epler et al. 1978 wurde bei bereits unauffälligen Röntgenaufnahmen des Thorax mit jedoch histologisch eindeutig nachweisbarer Asbest-induzierter Fibrosierung eine erniedrigte Lungen-Compliance beobachtet (Lindemann et al. 1985, Statement of the American Thoracic Society 1986). Gibson and Pride konnten 1976 zeigen, dass insbesondere bei Erkrankungen mit einer reduzierten totalen Lungenkapazität wie der Lungenfibrose auch die Compliance vermindert ist. Wright et al. 1980 und Hillerdal et al. 1990 konnten jedoch bei niedrigen Probandenzahlen von teilweise nur 6 Patienten, verminderte statische Compliance-Werte finden, insbesondere dann, wenn eine pulmonale Fibrose mit Pleuraplaques vorlag. Hillerdal beobachtete allerdings auch bei 23 männlichen Patienten mit einer Pleuraasbestose keine signifikante Reduktion der statischen Compliance. In der Untersuchung von Valkila et al. (1995) war die totale Lungenkapazität normal, jedoch kam es in der Gruppe mit einer viszeralen pleuralen Fibrose zu einer Reduktion der Compliance. Schwartz et al. (1990) sah

bei Patienten mit im HRCT und konventionellen Röntgenaufnahmen gesicherten frühen parenchymatösen und somit Fibrose-typischen Veränderungen keine Beziehung zur Entwicklung einer restriktiven Ventilationsstörung. Zedda et al. untersuchten 1973 die Beziehung zwischen dem Ausmaß der Restriktion und dem Schweregrad des Röntgenbefundes. Es ließen sich jedoch bei diesen Untersuchungen kaum statistisch signifikante Zuordnungen von Lungenfunktionsparametern als Gradmesser der Restriktion nachweisen (siehe auch Bader et al. 1970, Bohlig 1976, Epler et al. 1978, Gaensler et al. 1972, Lindemann et al. 1985).

Die Lungenfunktion bei Asbeststaub-exponierten Arbeitern mit Pleuraplaques zeigt im Vergleich zu Kontroll-Personen in der Regel bei unkomplizierter Pleuraasbestose kaum eine Einschränkung der Lungenfunktionsparameter. Beetartige umschriebene weißliche Verdickungen sitzen der parietalen Pleura auf. Bei der Atmung gleitet die Lunge über diese hinweg.

Asbestinhalationsfolgen der viszeralen Pleura gehen darüber hinaus mit Fibrosierungen in dem darunter gelegenen Lungengewebe einher. Besonders im CT lassen sich die zum Teil weit im Lungenparenchym reichenden Fibrosierungsstränge als sogenannte „Krähenfüße“ darstellen. Hierdurch kann es im Sinne einer „gefesselten Lunge“ zu Funktionsschädigungen kommen. Die Reduktion der Vitalkapazität wurde damit erklärt, dass es durch Pleuraplaques zu einer Verminderung der Dehnbarkeit des Brustkorbes kommt, mit daraus resultierender Restriktion und erhöhter Atemarbeit. Dies sollte durch die Compliance-Untersuchung, die die Dehnbarkeit des Lungengewebes nachweist, feststellbar sein. In unserem Patientenkollektiv ergaben sich bei Gegenüberstellung der Daten für die statische Compliance in den unterschiedlichen Diagnosegruppen bei einer großen Streubreite der Werte im Median keine signifikanten Unterschiede.

Viszerale Pleuraveränderungen können zu einem einseitigen, manchmal auch doppelseitigen Pleuraerguß führen, der in der Regel folgenlos ausheilt. Gelegentlich kommt es jedoch zur bindegewebigen Verschwartung beider Pleurablätter mit radiologisch feststellbarer Adhärenz des costo-phrenischen Winkels. Diese „Hyalinosis complicata“ führt dann zum Bild der gefesselten Lunge mit z.T. erheblichen Lungenfunktionseinschränkungen.

Patienten mit einer Hyalinosis complicata wiesen im Median deutlich niedrigere Werte der Lungendehnbarkeit auf. Diese war die einzige Gruppe, bei der die statische Compliance im Median mit ca. 80 % des Sollwertes unterhalb der Norm lag.

Bei Korrelation der Werte der statischen Compliance mit den HRCT-Befunden zeigt sich bei Patienten mit Lungenasbestosen insbesondere zusammen mit Pleuraasbestosen auch im Sinne einer Hyalinosi complicata eine Reduktion der Compliance im Median auf unter 100 % des Sollwertes. Diese Patienten hatten gegenüber denjenigen mit röntgenologisch ausschließlich nachweisbarer Pleuraasbestose signifikant niedrigere Werte.

Das Kollektiv der Patienten mit Pleuraasbestose hatte hingegen im Median keine nachweisbaren Einschränkungen der statischen Compliance. Dies bestätigt, dass auf die parietale Pleura begrenzte Plaques ohne signifikant eingeschränkte Lungenfunktionsparameter in Ruhe einhergehen. Relevant ist die Messung der Compliance demzufolge bei der gefesselten Lunge.

Bei einer großen Streubreite der Messergebnisse der Compliance zeigen sich auch in Abhängigkeit vom Schweregrad einer Lungenasbestose im Median keine signifikanten Unterschiede. Auch bei röntgenologisch fortgeschrittenen Lungenasbestosen war im Median keine signifikante Einschränkung der Lungendehnbarkeit nachweisbar. Einschränkungen der Lungendehnbarkeit auf unter 100 % des Sollwertes fanden sich in allen Streuungskategorien gleichermaßen verteilt. Bei Patienten mit Lungenasbestosen der Steuungskategorien 1/1, 2/1 und 2/2 lag die statische Compliance allerdings im Median unterhalb des Sollwertes.

Gleiche Ergebnisse waren bei Korrelation mit Befunden der HRCT-Untersuchung feststellbar. Hierbei stieg die Dehnbarkeit der Lunge mit zunehmender Steuungskategorie tendenziell sogar an.

Eine patho-physiologisch erklärbare Korrelation des HRCT-Befundes mit der Compliance-Messung war nicht gegeben. Die fehlende Nachweisbarkeit der erwarteten Einschränkung der Compliance lässt das HRCT im Vergleich zur konventionellen Röntgenaufnahme in seiner Wertigkeit zur Abschätzung lungenfunktionsanalytischer Befunde nicht geeignet erscheinen.

Eine obstruktive Ventilationsstörung ist in der Regel für die Pleuraasbestose nicht charakteristisch. Bei ihrem Nachweis liegt zumeist konkurrierend eine bronchiale Erkrankung im Sinne einer chronisch-obstruktiven Bronchitis vor. Auch die Parameter des Gasaustausches, der Diffusion sind in der Regel nicht pathologisch verändert. Dies ließ sich anhand unserer Auswertungen verifizieren. Die allein an Pleuraasbestose Erkrankten zeigten im Median keinerlei pathologisch veränderten Ventilationsparameter. Ein Sonderfall der Pleuraasbestose ist sicher die Hyalinosi complicata. Hierbei kommt es durch die Fesselung der Lunge nachweisbar zu Einschränkungen der Vitalkapazität als Zeichen der Restriktion.

In seiner großen Querschnittsstudie an knapp 500 untersuchten Versicherten, die ehemals in einer der größten Roh-Asbest-verarbeitenden Betriebe beschäftigt waren, konnte Voitowitz (1972) keine Erhöhung des Residualvolumens feststellen. Tendenziell war bei Betrachtung des Mittelwertes eine Residualvolumen-Erhöhung mit steigender kumulativer Staub-Exposition nachgewiesen worden. Überwiegend musste jedoch ein vorliegendes Emphysem bei den Patienten auf konkurrierende, bronchiale Erkrankungen zurückgeführt werden. Die obstruktive Ventilationsstörung ist nach wie vor nicht als typische Kenngröße für eine Asbeststaublungenenerkrankung, weder der Pleura noch des Lungengewebes anzusehen. Bei Erkrankungen der kleinen Atemwege, der sog. „small airways disease“ kann es zu einer Einschränkung der Kenngröße des MEF 50 kommen. Zweifellos spielen sich die feingeweblichen Veränderungen infolge Asbeststaub-Einwirkungen im besonderen Maße an den Endverzweigungen der Luftwege, den Bronchioli respiratorii ab. Es wurden Ektasien der Bronchiolen beschrieben (Dreesen et al. 1938, Spencer 1963). Bronchiografisch und auch pathologisch-anatomisch gelang es bei Asbestose-Kranken, den Nachweis von Bronchiektasen zu führen (Dreesen et al. 1938, Jacob et al. 1960, Leathart 1968, Wedler 1943). Dabei nimmt die Häufigkeit offensichtlich mit der Schwere des Leidens zu (Stone 1940).

Dies konnte auch in unserem Kollektiv bestätigt werden. Bei röntgenologisch nachweisbaren Lungenasbestosen fand sich eine Erniedrigung des MEF 50, siehe **Abb. 5.12**.

Die Untersuchung des Atemstoßes (FEV1) insbesondere auch in Bezug zur Vitalkapazität (FEV1 in % der FVC), auch als Tiffeneau-Index bezeichnet, hatte nach den umfangreichen Untersuchungen von Voitowitz (1972) keine varianz-analytische Signifikanz bei den Asbeststaub-Exponierten im Vergleich zu einer Kontrolle.

Störungen des Gasaustausches, speziell Messergebnisse der Diffusionskapazität, werden für die Asbestose als wichtiges Charakteristikum angesehen (Bader et al. 1961, Bjure et al. 1964, Kleinfeld 1966). Die Diffusionskapazität sollte insbesondere zur Abschätzung des funktionellen Asbestose-Schweregrades geeignet sein (Elmes 1966, Vecchione 1964).

Auch in unseren Untersuchungen fand sich im Median eine Einschränkung der Diffusionskapazität bei Patienten mit röntgenologisch eindeutigen Lungenasbestosen, nicht hingegen bei umschriebenen Pleuraplaques. Diese Abhängigkeit ergab sich allerdings nur im Vergleich zur konventionellen Röntgen-Aufnahme.

Aufgrund der patho-anatomischen Entstehung und der nachzuweisenden Lokalisation der Pleuraasbestose ist a priori nicht von einer Verminderung der Diffusionskapazität auszugehen.

Allenfalls bei der besonders schweren Form, der Hyalinosi complicata kann es zu einer Verminderung der Diffusionskapazität kommen. In unserem Kollektiv führte die unkomplizierte Pleuraasbestose ebenso wenig wie auch die Hyalinosi complicata im Median zu signifikanten Einschränkungen der Diffusionskapazität.

In unserem Studienkollektiv zeigten die Parameter der restriktiven Ventilationsstörung weder in der Korrelation zu Befunden der ILO-Klassifikation noch der HRCT-Untersuchung im Median einen signifikanten Unterschied zur radiologischen Ausprägung von Asbest-Inhalationsfolgen. Eine Einschätzung der Funktionsstörungen alleine aufgrund des Röntgenbildes ist daher weiterhin nicht möglich. Hieraus lässt sich ableiten, dass im Rahmen der Begutachtung Asbest-verursachter Berufskrankheiten stets eine umfassende Lungenfunktionsanalyse unter Einschluss der Spiroergografie zu erfolgen hat. Insbesondere die Compliance war nicht geeignet, frühzeitige Asbest-verursachte Erkrankungsfolgen zu detektieren. Die Korrelation des lungenfunktionsanalytischen Befundes im Ruhezustand mit dem konventionellen Röntgenbild nach der ILO-Klassifikation war insgesamt straffer als mit den im HRCT gestellten Diagnosen. Eine erweiterte Indikationsstellung zur Durchführung der HRCT-Diagnostik stellen Rundherdatelektasen als „Pseudotumoren der Lunge“ eine bisher wenig beachtete Sonderform der Pleurasbestose dar. Sie lassen sich im Röntgen-Übersichtsbild selten, jedoch stets Computertomographisch nachweisen. Rundherdatelektasen haben Lungenfunktionseinschränkungen zur Folge. Aufgrund MdE-relevanter Leistungseinschränkungen sollte deshalb die Indikation zur HRCT-Diagnostik zum Ausschluß von malignen und Pseudotumoren der Lunge stets erwogen werden. Die zu prüfende Hypothese, dass die Compliance-Messung eine frühzeitige Lungenfibrose, die möglicherweise röntgenologisch gerade eben darzustellen ist, nachweisen lässt und die Diagnose sichern hilft, konnte daher insgesamt nicht verifiziert werden.

7. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Der Inter-Observer Vergleich der ILO-Kodierungen der Röntgen-Thoraxbilder zeigt eine befriedigende Übereinstimmung zwischen dem Erst- und Zweitbeurteiler hinsichtlich fibrogener durch Asbestfaserstaub-verursachter Schäden an Lunge und Pleura.

Die Computertomografie, vor allem in Hochauflösungstechnik (HRCT), ermöglicht eine frühere und exaktere Erfassung fibrogener Asbestfaserstaub-induzierter Befunde an der Pleura. Auch in der Diagnostik von parenchymatösen Veränderungen des Lungengewebes ist die HRCT-Diagnostik deutlich sensitiver als die Beurteilungsmöglichkeit durch konventionelle Röntgenaufnahmen.

Die hochauflösende Computertomografie erweist sich nicht nur als besonders sensitive Untersuchungsmethode zur Erkennung sondern auch zur Beurteilung des Schweregrades durch Asbestfaserstaub-bedingter fibrogener Erkrankungen an Lunge und Pleura.

Die Befunde der konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahmen korrelieren enger mit den Einschränkungen der Lungenfunktionsparameter als diejenigen der HRCT-Diagnostik.

Die restriktive Ventilationsstörung als der typische Befund einer Lungenasbestose war im Kollektiv nur zu einem kleinen Anteil nachweisbar. Patienten mit Pleuraasbestosen hatten erwartungsgemäß keine signifikanten Funktionsstörungen. Es bestätigte sich, dass obstruktive Ventilationsstörungen in der Regel nicht mit Asbestosen des untersuchten Schweregrades assoziiert sind.

Lungenfunktionsanalytisch nahmen die Messwerte der Vitalkapazität, der Diffusionsparameter und die statische Compliance bei Patienten mit zunehmendem Schweregrad einer Lungenasbestose im konventionellen Röntgen-Thoraxbild – nicht jedoch im HRCT – signifikant ab.

Eine zuverlässige Einschätzung der Funktionsstörungen alleine aufgrund des Röntgenbildes ist jedoch nach wie vor nicht möglich.

Korrelationen von Befunden anhand der konventionellen Röntgenaufnahmen der Thoraxorgane und von hochauflösenden computertomografischen Untersuchungen (HRCT) mit der statischen Compliance konnten nicht nachgewiesen werden. Die Compliance korrelierte eher mit dem Schweregrad einer Lungenasbestose anhand der konventionellen Aufnahmen, als mit demjenigen des HRCT. Hinsichtlich der Werte der Compliance waren Unterschiede bei Patienten mit Pleuraasbestose und Lungenasbestose nicht nachzuweisen.

Die Compliance-Messung stellt sich nach den hier vorliegenden Untersuchungsergebnissen daher nicht als geeignete Maßnahme zur frühzeitigen Erkennung von Funktionsstörungen einer röntgenologisch detektierbaren Asbestose dar.

8. Literatur

1. Aberle, D.R., G. Gamsu, C.S. Ray: High-Resolution CT of Benign Asbestos-Related Diseases: Clinical and Radiographic Correlation. *Am. J. Radiol.* 151 (1998): 883-891.
2. Aberle, D.R., R. Gamsu, C.S. Ray, I.M. Feuerstein: Asbestos-related pleural and parenchymal fibrosis: Detection with High-Resolution CT. *Radiology* 166 (1988): 729-734.
3. Bader, M.E., R.A. Bader, I.J. Selikoff: Pulmonary function in asbestosis of the lungs. An alveolar-capillary block syndrome. *Amer. J. Med.* 30 (1961): 235.
4. Bader, M.E., R.A. Bader, A.S. Teirstein, A. Miller, I.J. Selikoff: Pulmonary function and radiographic changes in 598 workers with varying duration of exposure to asbestos. *Mount. Sinai J. Med.* 37 (1970): 492
5. Bader, M.E., R.A. Bader, A.S. Teirstein, I.J. Selikoff: Pulmonary function in asbestosis: Serial test in a long-term prospective Study. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 132 (1965): 391.
6. Basteiner, H., H. Denolin, A. Decoster, M. Englert: Etude de la fonction respiratoire dans l' asbestose pulmonaire. *Arch. Mal. prof.* 16 (1955): 546.
7. Becklake, M.R., G. Fournier-Massey, Ch.E. Rossiter, J.C. McDonald: Lung function in chrysotile asbestos mine and millworkers of Quebeck. *Arch. Environm. Hlths.* 24 (1972): 401.
8. Bégin, R., G. Ostiguy, R. Filion, N. Colman, P. Bertrand: Computed tomography in the early detection of asbestosis. *British Journal of Industrial Medicine* 50 (1993): 689-698.
9. Bergin, C.J., R.A. Castellino, N. Blank, L. Moses: Specificità of High-Resolution CT Findings in Pulmonary Asbestosis: Do Patients Scanned for Other Indications Have Similar Findings? *Am. J. Radiol.* 163 (1994): 551-555.
10. Bjure, J., B. Söderholm, J. Widimsky: Cardiopulmonary function studies in workers dealing with asbestos and glasswool. *Thorax* 19 (1964): 22.
11. BK-Report Faserjahre: Berufsgenossenschaftliche Hinweise zur Ermittlung der kumulativen Asbestfaserstaub-Dosis am Arbeitsplatz (Faserjahre) und Bearbeitungshinweise zur Berufskrankheit der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin (1993, 1994, 1997).
12. Bohlig, H.: Pneumokoniosen nach Inhalation vorwiegend silikathaltiger Stäube. In: *Handbuch Innere Medizin, Bd. IV/I: Pneumokoniosen.* Hrsg. v. Ulmer, W.T. und Reichel, G., Springer, Berlin, Heidelberg. (1976): 389-466.

13. Bohlig, H., E. Hain, H. Valentin und H.-J. Woitowitz: Die Weiterentwicklung der Internationalen Staublungenklassifikation und ihre Konsequenzen für die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen staubgefährdeter Arbeitnehmer. (ILO 1980/Bundesrepublik). Praxis und Klinik der Pneumologie 35 (1981): 1075-1154.
14. Bohlig, H., E. Hain, H.-J. Woitowitz,,: Die ILO U/C 1971 Staubklassifikation und ihre Bedeutung für die Vorsorgeuntersuchung staubgefährdeter Arbeitnehmer. Prax. Pneumol. 26 (1972): 688-700.
15. Breuer, J.: Bundesarbeitsblatt 10 (2005): 20-25.
16. Chambers, J.M., W.S. Cleveland, B. Kleiner, P.A. Tukey: Graphical Methods for Data Analysis. Belmont, 1983.
17. Churg, A. and F.H.Y. Green: Occupational lung disease. In: Thurlbeck W.M., A.M. Churg (Hrsg.) Pathology of the lung, 2nd den. Thieme, New York (1995): 851-928.
18. Coenen, W., H. Schenk: Ermittlung differenzierter Vorsorgegruppen bei Asbestexponierten. In: BIA-Report 1/91. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Sankt Augustin (1991).
19. Dalquen, P., I. Hinz und A.F. Dabbert: Pleuraplaques, Asbestose und Asbestexposition, eine epidemiologische Studie aus dem Hamburger Raum. Pneumologie 143 (1970): 23-42.
20. Dreesen, W.C., J.M. Dallavalle, T.J. Edwards, J.W. Miller, R.R. Sayers: Study of asbestos in asbestos textile industry. Publ. Hlth. Bull. 241 (1938): 1.
21. Elder, J.L.: Asbestosis in Western Australia. Med. Rev. Tuberc. 34 (1936): 143.
22. Elmes, P.C.: The epidemiology and clinical features of asbestosis and related diseases. Postgrad. med. J. 42 (1966): 623.
23. Epler, G.R., T. MacLoud, E.A. Gainsler, J.P. Mikus, C.B. Carrington: Normal chest roentgenograms in chronic diffuse infiltrative disease. N. Engl. J. Med. 198, (1978): 934-949.
24. Friedmann, A.C., S.S. Fiel, M.R. Fisher, P.D. Radecki, A.S. Lev-Traff, D.F. Caroline: Asbestos-related disease and asbestosis: a comparison of CT and chest radiography. Am. J. Radiol. 150 (1988): 269-275.
25. Gaensler, E.A., C.B. Carrington, R.E. Coutu, A. Tomasian, L. Hoffman, A.A. Smith: Pathological, physiological and radiological correlation in the pneumoconiosis. Ann. N.Y. Acad. Sci. 200 (1972): 574.
26. Gibson, G.J., N.B. Pride: Lung distensibility: The static pressure-volume curve of the lungs and its use in clinical assessment. Br. J. Dis. Chest. 70 (1976): 143-184.

27. Gillissen, A., B. Höltmann, D. Schött, W.T. Ulmer: Static compliance in subjects with intact lungs. *Respiration* 55 (1989): 176-180.
28. Hain, E. et al.: Asbestose – Klinik und Lungenfunktion. *Atemwegs-Lungenkrankh.* 11 (1985): 285-290.
29. Halperin, W.E.: The Role of Surveillance in the Hierarchy of Prevention. *Am. J. Ind. Med.* 29 (1996): 321-323.
30. Hauser-Heidt, G., J. Schneider, N. Hackstein, D. Litzelbauer, W.S. Rau, H.-J. Woitowitz: Rundherdatelektasen als Pseudotumoren der Lunge: Eine neue MdE-relevante Folge arbeitsbedingter Asbestfaserstaub-Einwirkung. *Zbl. Arbeitsmed.* 52 (2002): 295-304.
31. Hering, K.G., M. Jacobsen, E. Borsch-Galetke, H.J. Ellihäusen, H.G. Hieckel, K. Hofmann-Preiß, W. Jacques, U. Jeremie, N. Kotschy-Lang, Th. Kraus, B. Menze, W. Raab, H.J. Raithel, W.D. Schneider, K. Straßburger, S. Tuengerthal und H.-J. Woitowitz: Die Weiterentwicklung der Internationalen Staublungenklassifikation – von der ILO 1980 zur ILO 2000 und zur ILO 2000/Version Bundesrepublik Deutschland. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 38 (2003): 10.
32. Hillerdal, G., P. Malmberg, A. Hemmingsson: Asbestos-related lesions of the pleura: Partiel plaques compared to diffuse thickening studied with chest roentgenography, computed tomography, lung function, and gas exchange. *Am. J. Ind. Med.* 18 (1990): 627-639.
33. Hounsfield, G., J. Ambrose, J. Perry, C. Bridges: Computerized transverse axial scanning. *Brit. J. Radiol.* 46 (1973): 1016.
34. Hu, H., L. Beckett, K. Kelsey, D. Christiani: The left-Sided Predominance of Asbestos-Related Pleural Disease. *Am. Rev. Respir. Dis.* 148 (1993): 981-984.
35. Jacob, G., H. Bohlig: Das Verhalten des Bronchialbaumes bei der Asbestlungenfibrose. *Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg.* 18 (1960): 247.
36. Kleinfeld, M., J. Messite, J. Shapiro: Clinical, radiological, and physiological findings in asbestosis. *Arch. intern. Med.* 117 (1966): 813.
37. Kleinfeld, M., J. Messite, J. Shapiro: Klinische, radiologische und physiologische Befunde bei Asbestose Xv^{eme} Congrès International de Médecine du Travail, Wien 19.-24.09.1966, Bd. VI-2, S. 818.
38. Konietzko, N.: Asbestbedingte gutartige Erkrankungen von Lunge und Pleura. In: Konietzko, N., Costabel, U., Bauer, P.C. (Hrsg): *Lunge und Arbeitswelt* (1990): 61-97.

39. Konietzko, J., H. Dupuis: Asbeststaublungenerkrankungen. Handbuch der Arbeitsmedizin.
40. Kraus, T., H.J. Raithel: Frühdiagnostik asbeststaubverursachter Erkrankungen. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Sankt Augustin (1998).
41. Kroidl, R.F., D. Nowak, U. Seysen: Bewertung und Begutachtung in der Pneumologie. 2. Auflage. Thieme Verlag (2000).
42. Leathart, G.L.: Clinical, bronchographic, radiological and physiological observations in ten cases of asbestosis. Brit. J. Indust. Med. 17 (1960): 213.
43. Lindemann, L., N. Konietzko: Vergleich von Röntgenbild des Thorax und der Lungenfunktion bei Asbestose. Prax. Pneumol. 140 (1985).
44. Lissner, J., W. Schwarz: Technik und Apparatur der Ganzkörper-Computertomographie. Internist 19 (1978): 559.
45. McLoud, T.C.: The Use of CT in the Examination of Asbestos-exposed Persons. Radiology 169 (1988): 862-863.
46. Peto, J., J.T. Hodgson, E.F. Matthews, J.R. Jones: Continuing increase in mesothelioma in Britain. Lancet 4 (1995): 535-9.
47. Raithel, H.J., T. Kraus, K.G. Hering, G. Lehnert: Asbestbedingte Berufskrankheiten. Aktuelle arbeitsmedizinische und klinisch-diagnostische Aspekte. Deutsches Ärzteblatt. 93 (1996): 685-693.
48. Raithel, H.J., D. Weltle, H. Bohling, H. Valentin: Health hazards from fine asbestos dust. Int Arch Occup Environ Health 61 (1989): 527-541.
49. Roemheld, L., H. Kempf, H.W. Wedler: Untersuchungen über die Lungenfunktion bei Asbestose. Dtsch. Arch. klin. Med. 186 (1940): 53.
50. Schneider, J., H.-J. Woitowitz: Zeitdeterminanten asbestverursachter Tumoren der Lunge, des Rippenfells und des Bauchfells im berufsspezifischen Vergleich. 36. Jahrestagung der Dtsch. Ges. Arbeitsmedizin, Rindt-Druck, Fulda (1996): 423-429.
51. Schwartz, D.A., J.R. Galvin, C.S. Dayton, W. Stanford, J.A. Merchant, G.W. Hunninghake: Determinants of restrictive lung function in asbestos-induced pleural fibrosis. J. Appl. Physiol. 68 (1990): 1932-1937.
52. Selikoff, J. and D.H.K. Lee: Asbestos and disease. Academic Press, New York, San Francisco, London (1978).
53. Spencer, H.: Asbestosis. In: Pathology of the lung, Hrsg. Von H. Spencer. Pergamon Press, Oxford (1963).

54. Statement of the American Thoracic Society: The diagnosis of nonmalignant diseases related to asbestos. *Am. Rev. Respir. Dis.* 134 (1986): 363-368.
55. Stone, M.J.: Clinical studies in asbestosis. *Amer. Rev. Tuberc.* 41 (1940): 12.
56. Thomson, M.L., M.W. McGarh, W.J. Smither, J.M. Shepherd: Some anomalies in the measurement of pulmonary diffusion in asbestosis and chronic bronchitis with emphysema. *Clin. Sci.* 21 (1961): 1.
57. Thomson, M.L., A.M. Pelzer, W.J. Smither: The discriminant value of pulmonary function tests in asbestosis. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 132 (1965): 421.
58. Ulmer, W.T., D. Nolte, J. Lecheler, T. Schäfer: *Die Lungenfunktion.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, (2001).
59. Valkila, E.H., M.M. Nieminen, A.K. Moilanen, P.A. Kuusito, A.H.S. Lahdensuo and J.I. Karvonen: Asbestos-Induced Visceral Pleural Fibrosis Reduces Pulmonary Compliance. *Am. J. Ind. Med.* 28 (1995): 363-372.
60. Vecchione, C., R. Molè, V. Elisio, R. De Rosa: La diffusione alveolocapillare nell'asbestosi. *Folia med. (Napoli)* 47 (1964): 1090.
61. Vehmas, T., L. Kivisaari, A. Zitting, K. Mattson, H. Nordman, M. Huuskonen: Computed tomography (CT) and high resolution CT for the early diagnosis of lung and pleural disease in workers exposed to asbestos: Finnish experiences. In: *Proceedings of an international expert meeting on new advances in radiology and screening of asbestos-related diseases.* Helsinki, Finnish Inst. of Occupational Health. *People and Work Research Reports* 36 (2000): 53-56.
62. Wedler, H.W.: Über den Lungenkrebs bei Asbestose. *Dtsch. Arch. klin. Med.* 191 (1943): 189.
63. Voitowitz, H.-J.: *Arbeitsmedizinisch-epidemiologische Untersuchungen zu den unmittelbaren Gesundheitsgefahren durch Asbest.* *Mediz. Schriftenreihe des BMA „Arbeit und Gesundheit“*, Thieme Verlag Stuttgart (1972).
64. Voitowitz, H.-J.: Die Begutachtung von Asbestinhalationsschäden. *Prax. Klin. Pneumol.* 39 (1985): 691-694.
65. Voitowitz, H.-J.: Erkrankungen der Atemwege und der Lungen, des Rippenfells und des Bauchfells. In: Valentin, H., Lehnert, G., Petry, H., Weber, G., Wittgens, H., Voitowitz (Hrsg.): *Arbeitsmedizin.* 3. Auflage (1985). Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

66. Woitowitz, H.-J., H.J. Lange, K. Ulm, K. Rödelsperger, R.H. Woitowitz, L. Pache: Asbestbedingte Tumoren bei Arbeitnehmern in der Bundesrepublik Deutschland. Staub-Reinhalt. Luft 48 (1988): 307-315.
67. Wright, P.H., A. Hanson, L. Kreel, L.H. Capel: Respiratory function changes after asbestos pleurisy. Thorax. 25 (1980): 31-36.
68. Zedda, S., G. Aresini, I. Chezzi, E. Sartorelli: Lung function in relation to radiographic changes in asbestos workers. Respirations 30 (1973):132-140.

9. Danksagung

Das Projekt „Wertigkeit der statischen Compliance-Messung bei Asbestfaserstaubverursachten Erkrankungen der Lunge und der Pleura“ wurde in dankenswerter Weise von der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie in Würzburg sowie vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin, gefördert.

Besonderer Dank gilt daher Herrn Dipl.-Ing. Löffler, Hauptgeschäftsführer der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie in Würzburg sowie Herrn Direktor Otto Blome, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, für die Förderung des Projektes.

Herrn Chefarzt Dr. Wolfgang Raab und seinen Mitarbeitern/innen sei für die stets freundliche Zusammenarbeit bei der Gewinnung der Patienten, der Erhebung der lungenfunktionsanalytischen Befunde und der Durchführung der radiologischen Diagnostik ebenfalls besonders gedankt.

Bei Herrn Chefarzt Dr. Kurt Hering, Dortmund bedanken wir uns für seine wertvolle Kooperation bei der radiologischen Diagnostik.

Frau Ludmilla Lukinski danken wir für die Daten-Eingabe sowie die technische Assistenz.

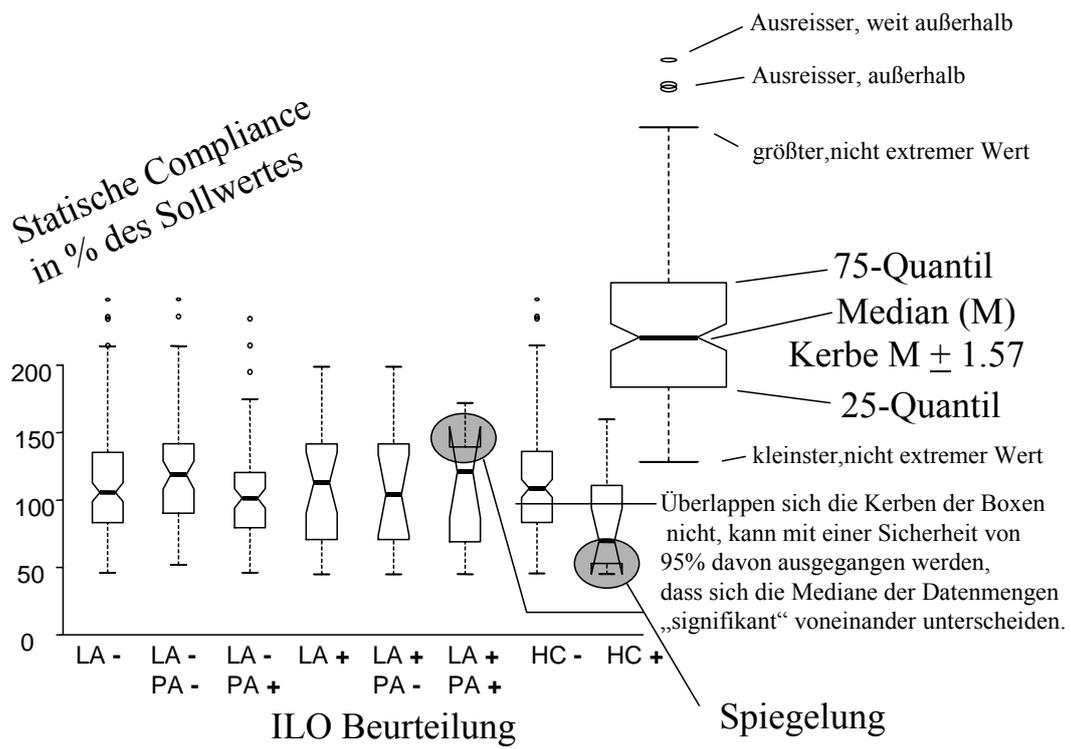
Frau Dr. Ute Buerke möchten wir für die schwierige computertechnische Aufbereitung der Daten der ILO-Klassifizierung, besonders die Klartextangaben der Erst- und Zweitcodierer betreffend, danken.

Frau Köhler sei an dieser Stelle für ihre geduldige und schreibtechnische Assistenz gedankt.

Herrn Professor Dr. Hans-Joachim Woitowitz gilt unsere Anerkennung für die von ihm immer wieder angestoßene fachliche Diskussion der Untersuchungsbefunde.

Anhang

1. Maßzahlen der Boxplots
2. HRCT-Kodierungsbogen
3. ILO-80 Kodierungsbogen



Übersicht der in den Boxplots dargestellten Parameter

Codierung der HRCT

Name/Versicherungs- Nr./Aufkleber:	CT-Nr /Datum:			Bildgüte:	
	Schichtzahl			+	
	Schichtdicke			+ / -	
	Fensterlagen:			+ / --	
				U	
			Lagerung:		
kV:	mA	sec:	BL	RL	

LUNGE

ja	001	nein	002
----	-----	------	-----

1. Wahl	2. Wahl	3. Wahl	Felder	Streuung:
---------	---------	---------	--------	-----------

(p)	(s)	(v)	(p)	(s)	(v)	(p)	(s)	(v)	RO		LO		(1/0)	(2/1)	(3/2)	
(q)	(t)	(w)	(q)	(t)	(w)	(q)	(t)	(w)	RM		LM		(0/0)	(1/1)	(2/2)	(3/3)
(r)	(u)	(x)	(r)	(u)	(x)	(r)	(u)	(x)	RU		LU		(0/1)	(1/2)	(2/3)	(3/+)
									R		L					

Weitere Parenchymbefunde:

Große Schatten

Honeyc. I	Mosai k II	Emphys. III	RO		LO		I	(1/0)	(2/1)	(3/2)	(O)
subpl.	subpl.	subpl.	RM		LM		(0/0)	(1/1)	(2/2)	(3/3)	
Mantel	Mantel	azin./lob.	RU		LU		(0/1)	(1/2)	(2/3)	(3/+)	
Kern	Kern	Cicatr.	R		L		II	(1/0)	(2/1)	(3/2)	(A)
							(0/0)	(1/1)	(2/2)	(3/3)	
							(0/1)	(1/2)	(2/3)	(3/+)	
							III	(1/0)	(2/1)	(3/2)	(B)
							(0/0)	(1/1)	(2/2)	(3/2)	
							(0/1)	(1/2)	(2/3)	(3/+)	
											(C)

PLEURA:

ja	100	nein	101
----	-----	------	-----

Lokalisation:	Form:	Felder:	Ausdehnung/Dicke:(R und L getrennt)	Verkalkung:
---------------	-------	---------	-------------------------------------	-------------

W		PI		RO		LO		1	2	3	1	2	3	ja	nein	
M		N		RM		LM										
D		R		RU		LU		a	b	c	A	B	c	W	M	D

Ergänzende Befunde/BK-unabhängige Erkrankung:

	O	R	L
Adhärenz CPW			
Ergußverschwartung			
Resterguß			

SYMBOLE:

O	ax	Be	br	bu	ca	cg	ol	cn	Co	Cp	cv	di	ef	es
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fp	fr	Gg	hi	id	ih	kl	me	od	Pb	Pi	Px	ra	rp	tba	tbu
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

Befundvereinbar mit	BK - Nr:	
Silikose/Parenchym	4101	
Silikose/Pleura	4101	
Siliko - TBC	4102	
Asbestose/Parenchym	4103	
Asbestose/Pleura	4103	
Karzinom	4104	
Mesotheliom	4105	
Sonstige		

