Modellierung eines Samples radiolauter Aktiver Galaxienkerne

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors

der Naturwissenschaften

der Fakultät für Physik

der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Fabian Rother

aus Hamburg

1998

Selbstverlegt von:	Fabian Rother Kiefernweg 3 D-72119 Ammerbuch
Tag der mündlichen Prüfung:	16. April 1998
Dekan:	Prof. Dr. D. Kern
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. R. Staubert
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. K. Werner

Zusammenfassung

Erst in jüngerer Zeit wurde durch die verschiedenen Röntgensatelliten ausreichendes Datenmaterial verfügbar, um neben einzelnen Objekten auch größere Gruppen von Aktive Galaxienkernen (AGN) im Bereich von Radio- bis Röntgenenergien zu untersuchen. Jedoch beschränkten sich diese Untersuchungen meist auf eine deskriptive Analyse der Daten (Korrelationen, Regressionen, Mittelwerte) für die bekannten Klassen von Aktiven Galaxienkernen (Seyfert-Galaxien, Quasare, BL Lac Objekte). Diese Art der Analyse verselbständigte sich im Laufe der Zeit, ohne die Vieldimensionalität der Daten wirklich zu berücksichtigen. Bei diesen Analysen wurden aus gemessenen Größen andere und daraus wieder weitere Größen berechnet und dann die Zusammenhänge aller dieser Größen untereinander untersucht. Selten wurde darauf geachtet, daß durch diese Vorgehensweise der Unterschied zwischen unabhängigen und abhängigen Größen ignoriert wird. Multidimensionale Analysewerkzeuge, die wie z.B. die Principal Components Analyse in anderen Bereichen schon etabliert sind, sind in der Astronomie noch weitgehend unbekannt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird erstmalig ein Sample von 160 radiolauten Quasaren und BL Lac Objekten mit Hilfe der Principal Components Analyse (PCA) untersucht, um die Vielzahl von Abhängigkeiten zwischen den Größen und ihren Korrelationen auf wenige fundamentale Beziehungen zu reduzieren. Dabei werden Messungen aus dem Radio- und optischen Bereich, sowie Röntgendaten des Satelliten ROSAT verwendet. Damit stehen für dieses Sample als intrinsische Größen die Leuchtkraftdichten (l_r, l_o, l_x) und die Spektralindizes (α_r, α_o, α_x) aus den drei Energiebereichen und die Rotverschiebung z zur Verfügung. Dazu kommen noch als abgeleitete bzw. beobachtete Größen die Flußdichten (f_r, f_o, f_x) und die Breitbandspektralindizes (α_{ro}, α_{rx}, α_{ox}). Jedoch sind die Ergebnisse der PCA nur aussagekräftig, wenn die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Größen rein linear sind. Um dies zu verifizieren, wird mit Hilfe der PCA ein implizites Modell für das Sample erstellt. Durch ein- und zweidimensionale Kolmogorov-Smirnov Tests sowie einem Vergleich der Korrelationen wird nachgewiesen, daß das Modell das Sample vollständig beschreibt. Dieses Modell wird dann zur genaueren Analyse des Samples verwendet.

Es zeigt sich, daß das Modell letztendlich auf nur zwei Parametern beruht, die die Variationen aller Größen des Samples erzeugen. Diese beiden Parameter sind somit fundamentale Größen des Samples. Die erste dieser Größen ist als zentrale Energiequelle zu interpretieren, deren Intensität alle Leuchtkraftdichten parallel im gleichen Verhältnis beeinflußt. Die zweite fundamentale Größe stellt die kombinierte spektrale

Form im Radio- und Röntgenbereich dar. Beide Größen sind in Übereinstimmung mit Synchrotron Self-Compton (SSC) Modellen. Die aus früheren Untersuchungen bekannte Korrelation α_x - z wird bestätigt. Sie ist zudem die grundlegende Korrelation für die Korrelationen der Leuchtkraftdichten mit α_x. Ebenso werden frühere Untersuchungen bestätigt, daß AGN mit flachen Radiospektren auch flachere Röntgenspektren haben als AGN mit steilen Radiospektren. Neu hingegen ist, daß die Evolution (Abhängigkeit von z) für beide Typen gleich ist, d.h. die Differenz in α_x unabhängig von z ist. Außerdem ist es im Rahmen der hier untersuchten Größen nicht nötig, zwischen BL Lac Objekte und Quasaren zu unterscheiden. Die BL Lac Objekte können problemlos als Quasare niedriger Rotverschiebung angesehen werden.

Mit all meiner Liebe für meine Familie
Conny & Maximilian, Inge, Mischa und Jeannie

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Einleitung

Mit zu den interessantesten Objekten in der Astronomie zählen die Aktiven Galaxienkerne, die zugleich die entferntesten und hellsten Quellen im Universum sind. Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat sich durch Beobachtungen dieser Quellen vom Radio- bis zum γ-Bereich ein qualitativ einheitliches Standardmodell für die Objekte herauskristallisiert, das die verschiedenen phänomenologischen Klassifikationen der Aktiven Galaxienkerne zusammenfaßt. Obwohl inzwischen mehr als 10 000 dieser Objekte bekannt sind, wurde das Modell auf der Basis einiger weniger Quellen aufgestellt, die dafür sehr gut beobachtet und untersucht sind. Erst in jüngerer Zeit wurden durch die verschiedenen Röngtensatelliten für deutlich mehr Quellen (100 – 300) Daten vom Radio- bis zum Röntgenbereich für eine umfassendere Analyse verfügbar. Jedoch beschränkten sich diese Untersuchungen meist auf eine deskriptive Analyse der Daten (Korrelationen, Regressionen, Mittelwerte) für die bekannten Klassen von Aktiven Galaxienkernen. Diese Art der Analyse verselbständigte sich im Laufe der Zeit, ohne die Vieldimensionalität der Daten wirklich zu berücksichtigen. Bei diesen Analysen wurden aus gemessenen Größen andere und daraus wieder weitere Größen berechnet und dann die Zusammenhänge aller dieser Größen untereinander untersucht. Selten wurde darauf geachtet, daß durch diese Vorgehensweise der Unterschied zwischen unabhängigen und abhängigen Größen ignoriert wird. Multidimensionale Analysewerkzeuge, die wie z.B. die Principal Components Analyse in anderen Bereichen schon etabliert sind, finden erst langsam den Weg in die Astronomie.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird erstmalig ein Sample dieser Aktiven Galaxienkerne mit Hilfe der Principal Components Analyse untersucht und modelliert. Dabei werden Messungen aus dem Radio- und optischen Bereich, sowie Röntgendaten des Satelliten ROSAT verwendet. Das Modell dient dazu, die vielen beobachteten Größen des Samples auf wenige fundamentale Größen zu reduzieren, die das Verhalten des Samples beschreiben.

2 Grundlagen

2.1 Aktive Galaxienkerne

2.1.1 Standardmodell

Das herausragende Charakteristikum Aktiver Galaxienkerne (active galactic nuclei - AGN) ist, daß die Zentralregion der Galaxie eine ungewöhnlich hohe Leuchtkraft im Vergleich zur gesamten Galaxie zeigt. Diese Zentralregion besitzt eine bis zu einem Faktor 1000 höhere Leuchtkraft als normale Galaxien. Aufgrund der großen Entfernungen der AGN erscheinen sie meist nur als punktförmiges Objekt, worin auch der historische Name "quasistellar object" (QSO) bzw. "quasistellar radio source" (Quasar) für die ersten entdeckten Vertreter der AGN begründet ist. Außerdem zeigen AGN eine starke Variabilität in der emittierten Strahlung auf Zeitskalen bis hinunter zu Bruchteilen einer Stunde, wodurch die Größe des Emissionsgebietes auf wenigstens eine Lichtstunde beschränkt ist.

Haben sich auch im Laufe der Zeit auf der Basis von Beobachtungen verschiedene Klassen von AGN nach phänomenologischen Kriterien gebildet (siehe auch nächster Abschnitt), so gibt es doch ein zumindest qualitativ einheitliches Modell der AGN, das durch verschiedene Geometrien die unterschiedlichen Klassen weitgehend erklären kann (Antonucci 1993, Urry & Padovani 1995). Demzufolge befindet sich im Zentrum ein Materie akkretierendes schwarzes Loch mit einer Masse von $10^7 - 10^{10}\,M_\odot$ (Rees 1984). Bei dieser Akkretion kann bis zu 42% der Ruhemasse der einfallenden Materie in Strahlung umgewandelt werden (Blandford *et al.* 1990). Somit reichen schon Akkretionsraten von wenigen Sonnenmassen pro Jahr aus, um die beobachteten Leuchtkräfte von $10^{43} - 10^{47}$ erg/s bei AGN zu erklären. Aufgrund der Drehimpulserhaltung der einfallenden Materie bildet sich eine Akkretionsscheibe um das zentrale schwarze Loch, in der die akkretierte Materie dann durch viskose Reibung einen Teil des Drehimpulses verliert und so sich auf immer enger werdenden Bahnen dem schwarzen Loch nähert.

Das Standardmodell wird komplettiert durch die Gaswolken der sogenannte broad line region (BLR) und narrow line region (NLR), die Jets und den umgebenden Staubtorus (siehe Abbildung 2.1). Die BLR ist näher zum Zentrum gelegen als die NLR und ist daher Quelle stark dopplerverbreiterter Linien (bis zu 10^4 km/s), wohingegen die deutlich schmaleren Linien aus der NLR stammen (500 – 1000 km/s). Durch die hohe Dichte in der BLR (10^8 – 10^{12} cm^{-3}) kommen die Linien fast nur aus erlaubten Übergängen, die geringere Dichte der NLR ($\sim 10^4$ cm^{-3}) läßt auch verbotene Linien zu. Die Jets, die senkrecht zur Akkretionsscheibe vom schwarzen Loch ausgehen, sind ein optionaler Bestandteil des Standardmodells. Radiolaute AGN (siehe Abschnitt 3.1.2) weisen diese kollimierte Plasmaausströmung auf, die den radioleisen AGN zu fehlen scheint.

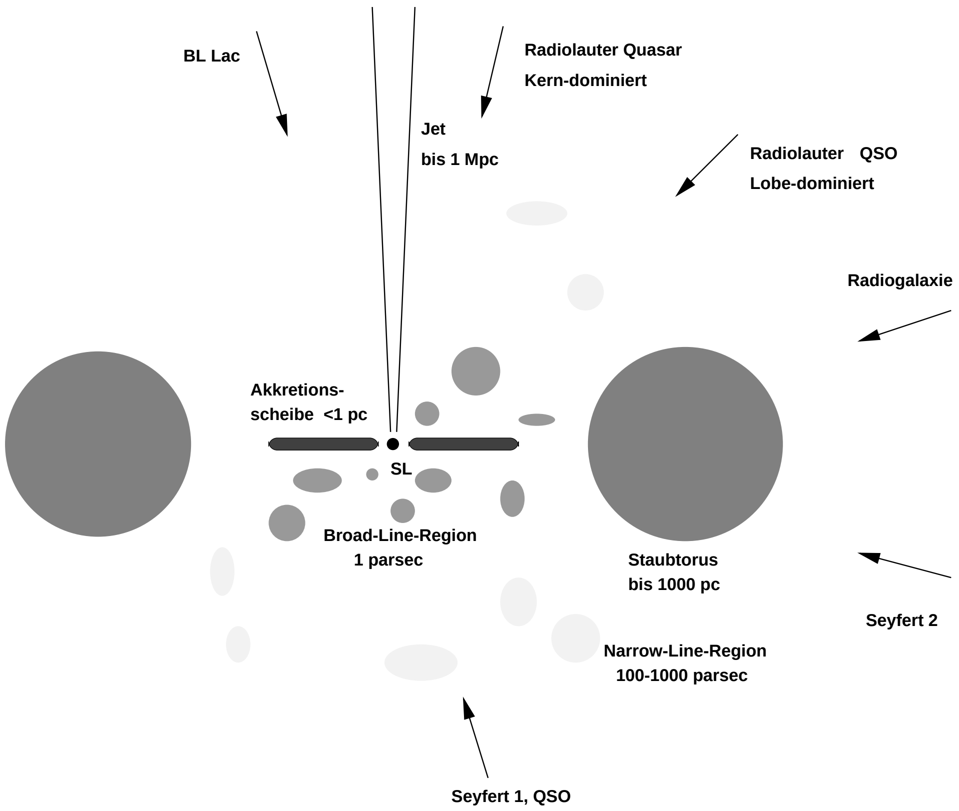


Abb. 2.1: *Das qualitative Standardmodell für AGN mit Jet (obere Bildhälfte) und ohne Jet (untere Bildhälfte). Die Einteilung in die unterschiedlichen Klassen von AGN kann durch den Blickwinkel des Beobachters erklärt werden (nach Antonucci 1993, Urry & Padovani 1995).*

2.1.2 Klassifikation

Auch wenn die historischen Klassen von AGN sich im obigen Standardmodell vereinigen lassen, werden sie natürlich nach wie vor zur Bezeichnung bzw. Beschreibung der Quellen benutzt. Die Hauptklassen sind Seyfert-Galaxien, Quasare und BL Lac Objekte, wie sie auch in den AGN Katalogen von Véron-Cetty & Véron (1993), Hewitt & Burbidge (1993) und anderen verwendet werden.

Die Seyfert-Galaxien sind meist Spiralgalaxien mit einer Vielzahl dopplerverbreiterter Emissionslinien. Sogenannte Seyfert-1-Galaxien weisen sehr breite Linien erlaubter Übergänge auf, die der BLR zugeschrieben werden, die verbotenen Linien sind jedoch deutlich schmaler und stammen wohl aus der NLR. Bei Seyfert-2-Galaxien sind die erlaubten Linien hingegen ebenso schmal wie die verbotenen, so daß bei diesem Typ vermutlich die BLR durch den Staubtorus verdeckt ist. Die Grenze zwischen diesen beiden Typen Seyfert-Galaxien ist aber fließend, und die Übergangstypen werden z.B. als Seyfert-1.5-Galaxien bezeichnet.

Die Klasse der Quasare bzw. QSO ist historisch bedingt durch das punktförmige Aussehen. Dank besserer Instrumente sind auch hier die umgebenden Hostgalaxien inzwischen detektiert, und die Spektren der Quasare unterscheiden sich von denen der Seyfert-1-Galaxien kaum. Üblicherweise werden Objekte, die heller als $M_V = -23$ sind, als Quasare bezeichnet. Im Gegensatz zu den Seyfert-Galaxien können Quasare Jets haben, von denen manchmal durch relativistische Effekte nur einer der beiden für den Beobachter sichtbar ist. Je nach Blickwinkel wird das Bild des Quasars besonders im Radiobereich entweder durch den hellen Kern oder durch die ausgedehnten Radiolobes dominiert. Quasare letzteren Erscheinungsbildes weisen im Radioenergiebereich unter der Annahme eines Potenzgesetzspektrums ($f_r \propto \nu^{-\alpha_r}$, siehe auch Formel (3.8) in Abschnitt 3.4) ein steiles Radiospektrum mit $\alpha_r > 0.5$ auf (steep radio spectrum quasars, SRSQ), die Quasare mit kompakter Radiomorphologie hingegen ein flaches Radiospektrum mit $\alpha_r < 0.5$ (flat radio spectrum quasars, FRSQ). Selbstverständlich ist der Wert $\alpha_r = 0.5$ keine fixe Grenze zwischen diesen morphologischen Typen, sondern der Übergang ist fließend. Wird durch den Staubtorus die Zentralregion verdeckt, und weist die doppelte Jetstruktur aber auf einen aktiven Kern hin, spricht man von Radiogalaxien. Im optischen Erscheinungsbild gleichen sie den elliptischen Galaxien.

Die BL Lac Objekte, benannt nach dem Prototyp BL Lacertae, ähneln in ihren Eigenschaften den Quasaren mit Jet, jedoch weisen die optischen Spektren keine oder nur sehr schwache Emissionslinien auf (Stickel *et al.* 1993). Dafür zeigen sie eine besonders starke Variabilität und eine deutliche Polarisation der emittierten Strahlung. Häufig werden die BL Lac Objekte mit den "optical violent variables" (OVV) und den "highly polarized quasars" (HPQ) auch zur Klasse der sogenannten Blazare zusammengefaßt.

2.2 Der Röntgensatellit ROSAT

Erst mit Hilfe von Höhenballons, Raketen oder Satelliten ist es möglich, galaktische und extragalaktische Objekte im Röntgenbereich zu beobachten, da diese Strahlung von der Erdatmosphäre vollständig absorbiert wird. Seit dem 1. Juni 1990 ist mit dem Röntgensatelliten ROSAT das bislang größte und leistungsfähigste Wolterteleskop vom Typ I (X-ray Telescope, XRT) auf einer Erdumlaufbahn (Trümper 1990a, Trümper 1990b, ROSAT - Call for Proposals 1990). Das XRT setzt sich aus vier ineinandergeschachtelten Paaren von para- und hyperboloiden Zerodurspiegeln (X-ray Mirror Assembly, XMA) zusammen. Die geometrische Fläche des XMA mißt 1141 cm^2, die Apertur 84 cm und die Brennweite 240 cm. Die effektive Fläche ist jedoch von der Energie und dem Winkel der einfallenden Photonen zur optischen Achse (off-axis-Winkel) abhängig (siehe Abbildung 2.2). Die Instrumentierung in der Fokalebene besteht aus einem Mikrokanalplattendetektor (High Resolution Imager, HRI) und einem positionsempfindlichen Vieldrahtproportionalzähler (Position Sensitive Proportional Counter, PSPC), dessen Spektren in dieser Arbeit ausgewertet werden. Aus Sicherheitsgründen liegen von dem PSPC zwei redundante Exemplare vor (PSPC-C und PSPC-B).

Der PSPC enthält ein Gasgemisch aus 65% Argon, 20% Xenon und 15% Methan (Pfeffermann & Briel 1985). Da das Zählrohrfenster mit Kohlenstoff beschichtet ist, um elektrostatische Aufladungen zu verhindern, ist es oberhalb der Kohlenstoffkante von 0.28 bis 0.4 keV nahezu opak. Unterhalb der Kohlenstoffkante liegt die Quantenausbeute (Quantum Efficiency) des PSPC bei 50% und im Energieband 0.4 – 2 keV steigt sie sogar auf über 70% (siehe Abbildung 2.3). Aus der Kombination der Quantum Efficiency mit der effektiven Fläche des XMA resultiert die effektive Fläche des Teleskops (siehe Abbildung 2.4), die auf der optischen Achse bei 0.28 keV 260 cm^2 und bei 1 keV etwa 230 cm^2 beträgt. Der Einbruch zwischen 0.28 und 0.4 keV ist durch die Kohlenstoffkante bedingt (siehe Abbildung 2.3), der Abbruch oberhalb 2 keV hingegen durch die geringe effektive Fläche des Teleskops in diesem Bereich (siehe Abbildung 2.2).

Die Winkelauflösung der Kombination aus XRT und PSPC wird durch die Halbwertsbreite der Punktbildfunktion (Point Spread Function, PSF) bestimmt (siehe Abbildung 2.5). Auf der optischen Achse des im Durchmesser insgesamt 2° großen Gesichtsfeldes hängt sie allein von der Ortsauflösung des PSPC ab, die bei 0.93 keV 300 μm beträgt. Das entspricht bei der Brennweite des XRT einer Winkelauflösung von etwa $25''$ FWHM (ROSAT - Call for Proposals 1990). Fern der optischen Achse für Winkel größer $20'$ wird die Punktbildfunktion dann jedoch von der Bildfeldwölbung des XRT dominiert. Die Winkelauflösung ist dadurch für Winkel größer $20'$ von der Energie der einfallenden Photonen unabhängig.

Die spektrale Auflösung des PSPC beträgt $\Delta E/E = 0.43\,(E/0.93)^{-0.5}$ FWHM (ROSAT - Call for Proposals 1991). Dies wird durch die Responsematrix DRM_{ij} des PSPC Detektors bestimmt. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein eintreffendes Photon der Energie E_j im Kanal i registriert wird (siehe Abbildung 2.6). Somit kann umgekehrt einem Ereignis in Kanal i nicht eindeutig eine Energie zugeordnet werden. Für den ROSAT/PSPC besteht die Detektorresponsematrix aus 729 Energieintervallen E_j und 256 Kanälen.

Für die spätere Datenauswertung werden bei Beobachtungen vor dem 25. Januar 1991 die Detektorresponsematrix in der Version 06 und die effektive Fläche des PSPC-C

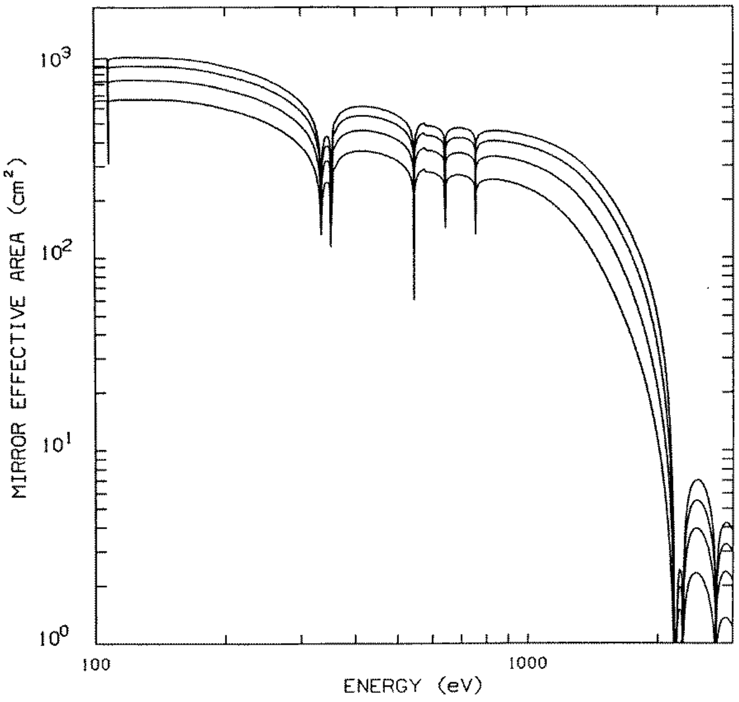


Abb. 2.2: *Effektive Fläche des XMA in Abhängigkeit von der Energie der einfallenden Photonen für off-axis-Winkel von 0′, 20′, 40′ und 60′ (von oben nach unten, ROSAT - Call for Proposals 1990).*

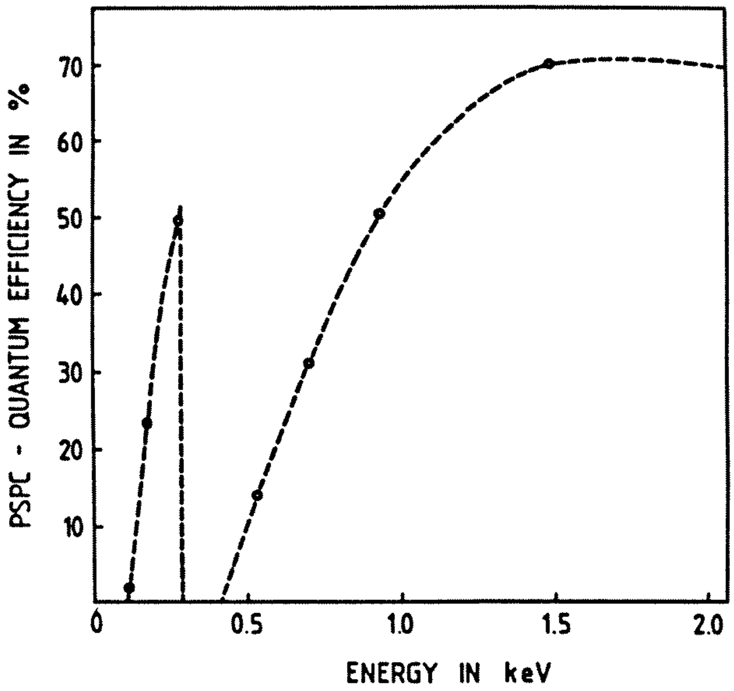


Abb. 2.3: *Quantum Efficiency des PSPC in Abhängigkeit von der Energie der einfallenden Photonen (ROSAT - Call for Proposals 1990).*

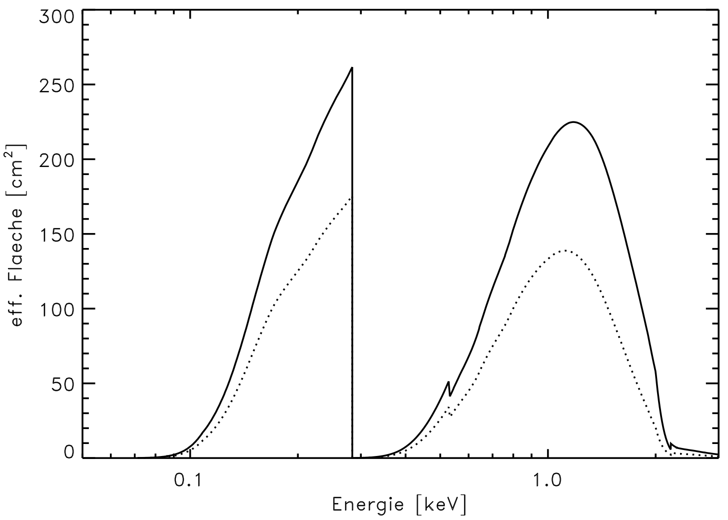


Abb. 2.4: *Effektive Fläche der Kombination aus XMA und ROSAT/PSPC auf der optischen Achse (—) und 40′ außerhalb der optischen Achse (···) in Abhängigkeit von der Energie der einfallenden Photonen (nach ROSAT - Call for Proposals 1990).*

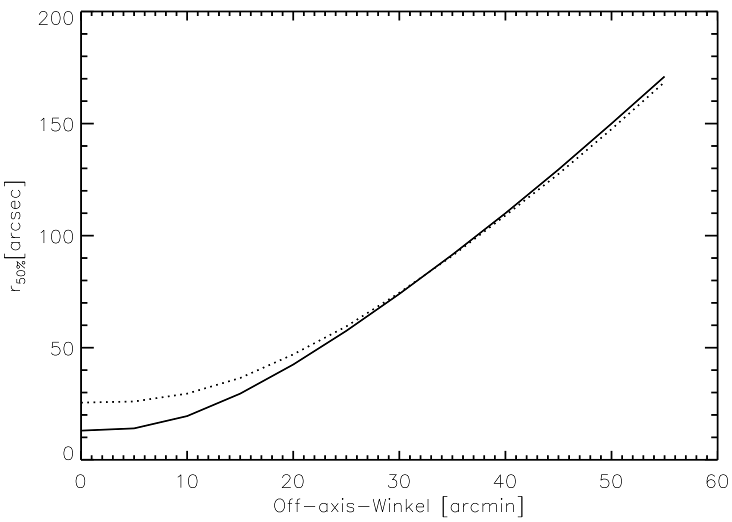


Abb. 2.5: *Die Breite der Punktbildfunktion (Point Spread Function) der Kombination aus XMA und ROSAT/PSPC für 0.2 keV (···) und 1.0 keV (—) in Abhängigkeit des off-axis-Winkels. Mit zunehmendem off-axis-Winkel wächst der Radius innerhalb dessen 50% der Ereignisse einer Punktquelle registriert werden (nach ROSAT - Call for Proposals 1990).*

Detektors verwendet. Bei Beobachtungen ab dem 25. Januar 1991 kommt die effektive Fläche des PSPC-B Detektors zur Verwendung und seit dem 11. Oktober 1991 die Detektorresponsematrix in der Version 36 (Zimmermann *et al.* 1994).

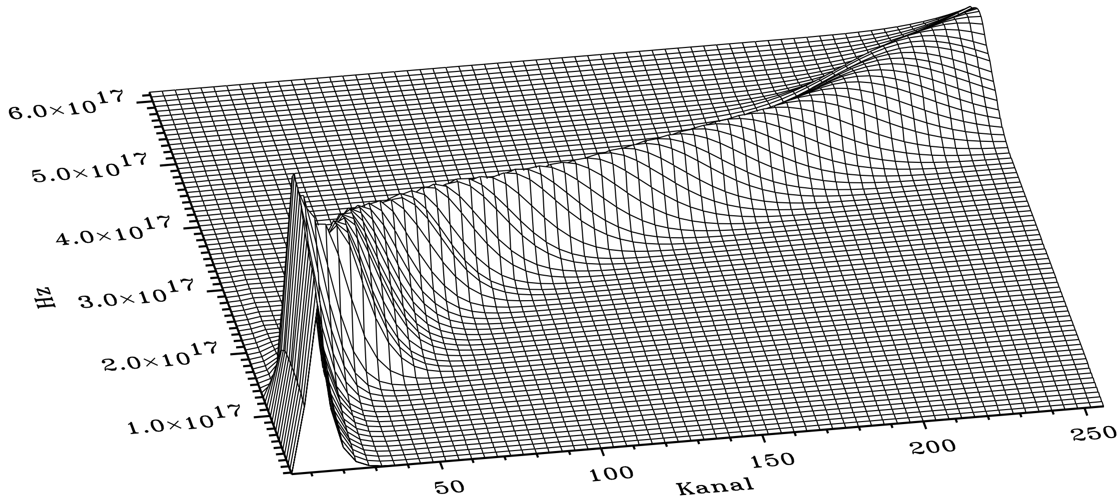


Abb. 2.6: *Die Detektorresponsematrix DRM_{ij} für den ROSAT/PSPC (nach ROSAT - Call for Proposals 1990). Das Frequenzband des ROSAT/PSPC reicht von 0.24 –* $5.81 \cdot 10^{17}$ *Hz (1 keV* $\widehat{=} 2.42 \cdot 10^{17}$ *Hz).*

2.3 Statistik

2.3.1 Eindimensionaler Kolmogorov-Smirnov Test

Mit Hilfe des eindimensionalen Kolmogorov-Smirnov (K-S) Tests kann man feststellen, ob zwei ungebinnte eindimensionale Verteilungen übereinstimmen. Bestehen diese beiden Verteilungen aus N_1 und N_2 Datenpunkten an den Stellen $x_i,\ i = 1, \ldots, N_1$ bzw. $x_j,\ j = 1, \ldots, N_2$, so seien $S_{N_1}(x)$ und $S_{N_2}(x)$ als die kumulativen Verteilungsfunktionen definiert, die den Bruchteil der Datenpunkte links einer gegebenen Stelle x angeben. Diese Funktionen sind offensichtlich konstant zwischen aufeinander folgenden (in aufsteigender Reihenfolge sortierten) Datenpunkten und wachsen bei jedem Datenpunkt um $1/N_1$ bzw. $1/N_2$. Der Kolmogorov-Smirnov D-Wert ist nun als Maximalwert der absoluten Differenzen der beiden kumulativen Verteilungsfunktionen definiert (Press *et al.* 1992):

$$D = \max_{-\infty < x < \infty} \left| S_{N_1}(x) - S_{N_2}(x) \right| \tag{2.1}$$

Der Vorteil der K-S Statistik ist, daß ihre eigene Verteilung für den Fall der Nullhypothese (die beide Datensätze stammen aus der gleichen Verteilung) in einer guten Näherung berechnet werden kann, um somit die Signifikanz eines $D \neq 0$ zu erhalten. Außerdem ist der K-S Test invariant gegen eine Reparametrisierung von x. Das Signifikanzniveau $P(D)$ eines beobachteten Wertes D als Widerlegung der Nullhypothese wird näherungsweise durch folgende Formel gegeben:

$$P(D) = Q_{KS} \left(\left[\sqrt{N_e} + 0.12 + 0.11/\sqrt{N_e} \right] D \right) \tag{2.2}$$

mit

$$Q_{KS}(\lambda) = 2 \sum_{j=1}^{\infty} (-1)^{j-1} e^{-2j^2\lambda^2} \qquad \text{und} \qquad N_e = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} \tag{2.3}$$

Die Formel (2.2) gilt erst für $N_e \geq 4$ und ist für $N_e \to \infty$ asymptotisch korrekt. Für große Werte von $P(D)$ stimmen die beiden Verteilungen gut überein und erst für $P(D) < 2.7 \cdot 10^{-3}$ (3σ-Niveau) sind die Verteilungen signifikant verschieden.

Aufgrund der Natur des K-S Tests hat dieser eine große Empfindlichkeit gegenüber Verschiebungen der Verteilungen, besonders gegenüber Änderungen im Median der beiden Verteilungen. Auf Unterschiede der Verteilungen, die in ihren Flügeln auftreten und den Median unbeeinflußt lassen, spricht der K-S Test deutlich weniger an. Eine Lösung dieses Problems geht auf Kuiper (siehe Press *et al.* 1992 und die darin angegebenen Referenzen) zurück, der eine modifizierte K-S Statistik auf dem Kreis definiert und somit alle Werte von x gleichberechtigt läßt:

$$D = D_+ + D_- = \max_{-\infty<x<\infty} [S_{N_1}(x) - S_{N_2}(x)] + \max_{-\infty<x<\infty} [S_{N_2}(x) - S_{N_1}(x)] \tag{2.4}$$

Das Signifikanzniveau $P(D)$ als Widerlegung der Nullhypothese ist für die Kuiper Statistik gegeben durch:

$$P(D) = Q_{KP}\left(\left[\sqrt{N_e} + 0.155 + 0.24/\sqrt{N_e}\right] D\right) \tag{2.5}$$

mit

$$Q_{KP}(\lambda) = 2 \sum_{j=1}^{\infty} (4j^2\lambda^2 - 1) e^{-2j^2\lambda^2} \qquad \text{und} \qquad N_e = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} \tag{2.6}$$

Für die vorliegende Arbeit wird nur der modifizierte K-S Test mit Kuiper Statistik verwendet, der im folgenden nur noch K-S Test genannt wird. Der Quellcode dafür ist Press *et al.* (1992) entnommen.

2.3.2 Zweidimensionaler Kolmogorov-Smirnov Test

Analog zum oben beschriebenen eindimensionalen K-S Test kann mit dem zweidimensionalen K-S Test festgestellt werden, ob zwei zweidimensionale ungebinnte Verteilungen übereinstimmen. Unglücklicherweise ist in zwei Dimensionen eine kumulative Verteilung nicht eindeutig definiert. Die hier beschriebene Variante einer zweidimensionalen kumulativen Verteilung beruht auf Fasano & Franceschini (1987) einerseits und Peacock (1983) anderseits (siehe auch Press *et al.* 1992). Ihre Idee ist es, die relative Häufigkeit in jedem der vier Quadranten um einen Punkt (x_i, y_i) zu verwenden, d.h. $(x > x_i, y > y_i)$, $(x < x_i, y > y_i)$, $(x < x_i, y < y_i)$ und $(x > x_i, y < y_i)$. Der zweidimensionale K-S D-Wert wird nun definiert über die maximale Differenz der relativen Häufigkeit der beiden Verteilungen im jeweiligen Quadranten über alle Datenpunkte einer Verteilung. Abhängig von der Verteilung, über deren Datenpunkte die Differenz bestimmt wird, ergeben sich damit zwei eventuell unterschiedliche maximale Differenzen, so daß der zweidimensionale K-S D-Wert als der Mittelwert dieser beiden Differenzen definiert wird.

Ausführliche Monte Carlo Simulationen von Fasano & Franceschini haben gezeigt, daß die Verteilungen des zweidimensionalen D fast identisch sind für verschiedene Verteilungen der Datenpunkte, solange diese einen gleichen linearen Korrelationskoeffizienten r haben. So ergibt sich die Signifikanz $P(D)$ als Widerlegung der Nullhypothese, daß beide zweidimensionalen Verteilungen übereinstimmen, näherungsweise wie folgt:

$$P(D) = Q_{KS}\left(\frac{\sqrt{N_e}D}{1+\sqrt{1-r^2}(0.25-0.75/\sqrt{N_e})}\right) \tag{2.7}$$

Q_{KS} und N_e sind schon aus Gleichung (2.3) bekannt. Die obige Formel ist ausreichend genau für $N_e \geq 20$, und wenn das Signifikanzniveau $P(D)$ kleiner als 0.2 ist. Ist $P(D) > 0.2$, so mag der eigentliche Wert nicht korrekt sein, die Folgerung aber, daß die beiden Datensätze nicht signifikant unterschiedlich sind, ist trotzdem richtig.

Abbildung 2.7 zeigt ein Beispiel, wie das Verfahren funktioniert. Die 65 Dreiecke und 35 Quadrate scheinen eine etwas unterschiedliche Verteilung in der Ebene aufzuweisen. Die gepunkteten Linien sind auf das Dreieck zentriert, für das der D-Wert maximal ist. Das Maximum tritt im oberen linken Quadranten auf. Dieser Quadrant enthält nur 12% aller Dreiecke, aber 56% aller Quadrate. Der D-Wert beträgt somit 0.44. Nach Formel (2.7) ergibt dies ein Signifikanzniveau von ungefähr 0.001, so daß die beiden Datensätze mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit aus verschiedenen Verteilungen stammen (was in der Tat auch der Fall ist).

Die Signifikanz eines D-Wertes zweier Datensätze läßt sich auch auf ein andere Weise bestimmen, wenn der eine der beiden Datensätze auf Messungen beruht und der andere einer Modellsimulation entspringt. In diesem Fall bestimmt man als Referenzwert das D zwischen dem gemessenen Datensatz und einem deutlich größeren simulierten. Daraufhin erzeugt man eine ganze Reihe weiterer simulierter Datensätze, die die gleiche Größe wie der ursprüngliche haben, und bestimmt die entsprechenden synthetischen D-Werte. Der Anteil dieser D-Werte, die über dem Referenzwert liegen, ist die Signifikanz des Referenzwertes. Die Signifikanz, die aus dieser Art von Monte Carlo Simulation folgt, sollte natürlich der aus Formel (2.7) gleichen, andernfalls ist die aus der Monte Carlo Simulation zu bevorzugen. Der Quellcode des zweidimensionalen K-S Tests ist Press *et al.* (1992) entnommen.

2.3.3 Spearman Rangkorrelationstest

Der Spearman Rangkorrelationstest ist ein nichtparametrischer Korrelationstest für N Paare von Meßgrößen (x_i, y_i), $i = 1, \ldots, N$. Zur Bestimmung der Korrelation zwischen

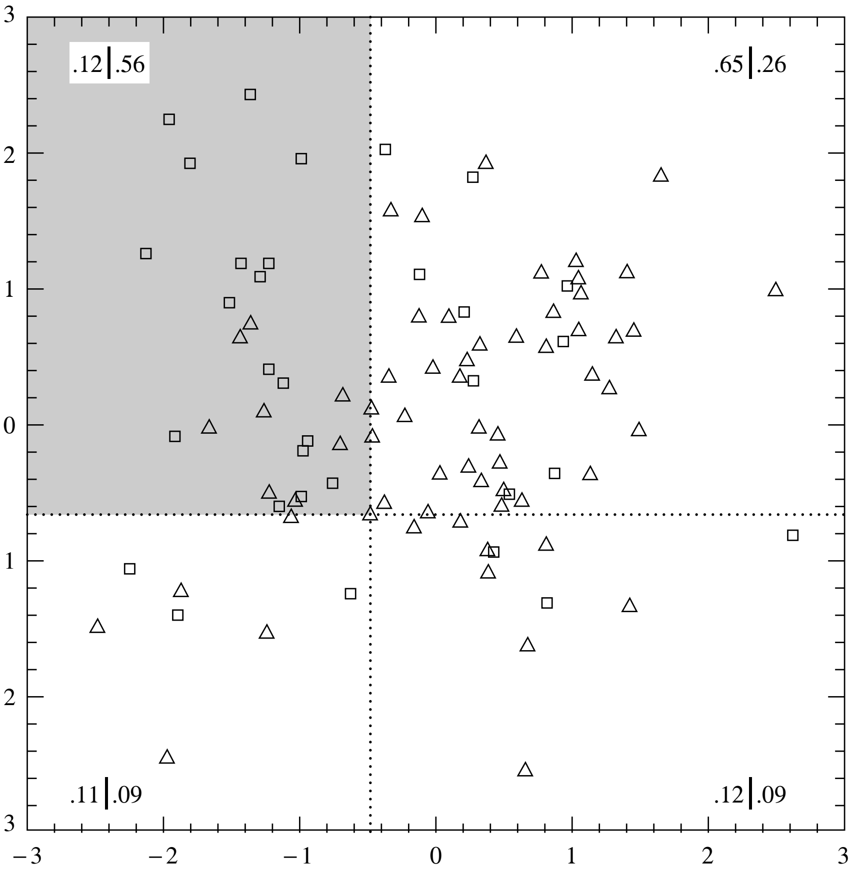


Abb. 2.7: *Zweidimensionale Verteilung von 65 Dreiecken und 35 Quadraten. Der zweidimensionale K-S Test findet den Punkt, für den in einem der Quadranten (durch die gepunkteten Linien angedeutet) die Differenz zwischen den relativen Häufigkeiten der Dreiecke und Quadrate maximal wird. Die Formel (2.7) gibt dann an, ob die Differenz signifikant ist, d.h. ob den Dreiecken und Quadraten unterschiedliche Verteilungen zugrunde liegen (Press et al. 1992).*

diesen beiden Meßgrößen gehen nicht die jeweiligen Werte ein, sondern nur deren Rang innerhalb der Werte. Dabei werden die Werte x_i und y_i in aufsteigender Reihenfolge sortiert und jedem Wert sein Rang zugeordnet. Damit spielt die zugrunde liegende Verteilung der x_i und y_i keine Rolle mehr, sie wird durch eine gleichförmige Verteilung von ganzen Zahlen zwischen 1 und N ersetzt. Haben mehrere x_i oder y_i jeweils die gleichen Werte, so wird ihnen als Rang der Mittelwert der Rangstufen zugewiesen, die sie hätten, wenn die Werte unterschiedlich wären. Das Prinzip dieser Rangstufen ist invariant unter Reparametrisierung von x_i und y_i, ein immenser Vorteil gegenüber dem klassischen parametrischen linearen Korrelationstest.

Ist R_i der Rang von x_i und S_i der Rang von y_i, so ist der Spearman Rangkorrelationskoeffizient r_s definiert als der lineare Korrelationskoeffizient der Rangstufen:

$$r_s = \frac{\sum_i (R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_i (R_i - \bar{R})^2}\sqrt{\sum_i (S_i - \bar{S})^2}} \tag{2.8}$$

Die Signifikanz $P(r_s)$ eines Wertes $r_s \neq 0$ ergibt sich dann näherungsweise aus

$$P(r_s) = 1 - A\left(r_s\sqrt{\frac{N-2}{1-r_s^2}}\,\middle|\, N-2\right) \tag{2.9}$$

Dabei ist $A(t|\nu)$ die Student t Verteilung mit ν Freiheitsgraden:

$$A(t|\nu) = \frac{1}{\nu^{1/2}B(\frac{1}{2},\frac{\nu}{2})}\int_{-t}^{t}\left(1+\frac{x^2}{\nu}\right)^{-\frac{\nu+1}{2}}dx \tag{2.10}$$

mit

$$B(a,b) = \int_0^1 t^{a-1}(1-t)^{b-1}dt \tag{2.11}$$

Die Signifikanz $P(r_s)$ gibt so die Wahrscheinlichkeit an, daß bei der vorliegenden Verteilung der beiden untersuchten Meßgrößen die gefundene Korrelation zufällig auftritt. Bei $P(r_s) < 2.7\cdot 10^{-3}$ (3σ-Niveau) ist die Zufallswahrscheinlichkeit schon sehr klein und die Korrelation entsprechend signifikant. Der Quellcode für den Spearman Rangkorrelationstests stammt wie zuvor aus Press *et al.* (1992).

2.3.4 Principal Components Analyse

Die Principal Components Analyse (PCA) ist ein Multivarianzverfahren, das mit Hilfe einer linearen Transformation einen Satz von p Variablen in einen neuen überführt, so daß die neuen Variablen untereinander unkorreliert und nach ihrer Varianz absteigend sortiert sind. Die PCA findet einen Satz orthogonaler Achsen im p-dimensionalen Raum, so daß in der Projektion der Datenpunkte auf die erste dieser Achsen die Varianz der Datenpunkte maximal ist, und in der Projektion auf die folgenden Achsen jeweils die verbleibende Varianz ebenso maximal ist. Sind z.B. im dreidimensionalen Raum Datenpunkte in der Art eines Ellipsoids verteilt, so findet die PCA die drei Hauptachsen des Ellipsoids. Im Vergleich zu den vorangegangenen Abschnitten über statistische Tests enthält die PCA kein Modell und kann somit auch keine Hypothese überprüfen. Jedoch kann sie dazu verwendet werden, Gruppen von gemeinsam variierenden Variablen zu lokalisieren, Beziehungen zwischen Variablen zu finden, die nicht in den Daten vermutet wurden, oder die Dimension des Problems optimal zu reduzieren.

Liegen n Messungen $\mathbf{X}_1,\ldots,\mathbf{X}_n$ von p Variablen vor, so wird die Sample Kovarianzmatrix $\mathbf{S}$ der Daten definiert durch (Babu & Feigelson 1996)

$$\mathbf{S} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}_n\right)\left(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}_n\right)^T, \tag{2.12}$$

wobei $\bar{\mathbf{X}}_n$ für den Samplemittelwert von $\mathbf{X}_1,\ldots,\mathbf{X}_n$ steht und ^{T} transponiert bedeutet. Sind $\lambda_1 \geq \ldots \geq \lambda_p \geq 0$ die Eigenwerte von $\mathbf{S}$ und $\mathbf{e}_1,\ldots,\mathbf{e}_p$ die korrespondierenden

Eigenvektoren, so bilden diese Eigenvektoren genau den oben beschriebenen Satz orthogonaler Achsen im p-dimensionalen Raum. Die Principal Components Analyse transformiert somit die Hauptvariation der p Variablen in die ersten Eigenvektoren und das Rauschen in die letzten Eigenvektoren. Erzeugt man mit diesen normierten Eigenvektoren als Spaltenvektoren eine Matrix, so ist diese Matrix die Drehmatrix vom ursprünglichen Datenraum in den der Hauptachsen. Die Transponierte dieser Drehmatrix führt die umgekehrte Transformation aus.

Es muß immer berücksichtigt werden, daß die PCA nur lineare Beziehungen findet, entsprechend auf Ausreißer reagiert und nicht invariant gegenüber der Skalierung der Variablen ist. Murtagh & Heck (1987) geben neben einer ausführlicheren mathematischen Beschreibung der PCA auch den Quellcode an, der in dieser Arbeit Verwendung gefunden hat.

3 Datenakquisition und -analyse

3.1 Auswahl des Samples

3.1.1 Erstellung des AGN Katalogs

Die Basis des für diese Arbeit erstellten AGN Katalogs bilden die AGN Kataloge von Véron-Cetty & Véron (1993) und Hewitt & Burbidge (1993), der Katalog optischer Identifikationen der 1 Jy Radioquellen von Stickel *et al.* (1994) und die NASA/IPAC Datenbank extragalaktischer Objekte (NED). Diese Kataloge enthalten für jede Quelle neben dem Namen, der Position am Himmel und der scheinbaren optischen Helligkeit m_{V} ($[m_{\mathrm{V}}]$ = mag) auch — soweit bekannt — die Radioflußdichte[1] S_ν ($[S_\nu]$ = Jy = $10^{-26}\,\mathrm{W\,m^{-2}\,Hz^{-1}}$) bei 2.7 GHz und 5 GHz und die Rotverschiebung z. Die Informationen aus dem optischen und Radiobereich werden später für die Auswahl der radiolauten AGN benötigt. Aus dieser Basis werden alle Objekte ausgewählt, die eindeutig als Quasar oder BL Lac Objekt klassifiziert werden. Seyfert Galaxien werden nicht berücksichtigt.

Der daraus resultierende AGN Katalog umfaßt 8 205 Quasare und BL Lac Objekte, für die Name, Position, optische Helligkeit m_{V} und Klassifikation vollständig und Rotverschiebung z und Radioflußdichte, soweit gemessen und bekannt, vorhanden sind.

3.1.2 Auswahlkriterium radiolaut

In der Literatur findet man zwei leicht unterschiedliche Definitionen für "radiolaut". Hat ein AGN bei der Frequenz ν_r die monochromatische Radioleuchtkraftdichte l_r ($[l_r]$ = $\mathrm{erg\,s^{-1}\,Hz^{-1}} = 10^{-7}\,\mathrm{W\,Hz^{-1}}$) und bei ν_o die optische Leuchtkraftdichte l_o, so wird er dann als radiolaut bezeichnet, wenn er entweder die Voraussetzung

[1] In der Radioastronomie wird für die Flußdichte überwiegend S_ν benutzt, im weiteren wird jedoch durchgängig nur f_ν für die Flußdichte verwendet.

$$R_L = \log(l_r/l_o) > 1 \tag{3.1}$$

(Green *et al.* 1995) oder

$$\alpha_{ro} = -\frac{\log(l_o/l_r)}{\log(\nu_o/\nu_r)} > 0.35 \tag{3.2}$$

(Worrall *et al.* 1987) erfüllt. R_L ist die sogenannte "Radiolautstärke" (radio loudness) und α_{ro} der Breitbandspektralindex zwischen dem Radio- und dem optischen Frequenzbereich unter der Annahme eines Potenzgesetzes ($l_\nu \propto \nu^{-\alpha}$). Je nach Autor können die Angaben der Referenzfrequenzen ν_r und ν_o schwanken ($\nu_r = 5$ – 8.4 GHz, $c/\nu_o = 2500$ – 4410 Å). Je nach Referenzfrequenz entspricht $\alpha_{ro} > 0.35$ einem $R_L > 1.6$ – 1.9. Da es sich bei der Leuchtkraftdichte um eine intrinsische Größe handelt, die im System der Quelle unter Annahme isotroper Abstrahlung bestimmt ist, beziehen sich die obengenannten Referenzfrequenzen in diesem Fall auch auf das System der Quelle. Alternativ wird auch von manchen Autoren (z.B. Wilkes & Elvis 1987) statt der Leuchtkraftdichte die Flußdichte f_ν ($[f_\nu] = \mathrm{Jy}$) verwendet, die hingegen eine bei der Erde gemessene Größe ist. Die Referenzfrequenz ist dann die Frequenz, bei der die entsprechende Flußdichte auf der Erde gemessen wird. Dieser Unterschied wirkt sich jedoch nur unwesentlich auf R_L bzw. α_{ro} aus. Der Zusammenhang zwischen l_ν und f_ν wird in Abschnitt 3.4 durch die Formel (3.11) wiedergegeben.

Bei der Auswahl der radiolauten AGN werden hier die gemessenen Flußdichten f_ν bei 5 GHz und 5517 Å verwendet. Die Selektion erfolgt über den Breitbandspektralindex α_{ro} mit $\alpha_{ro} > 0.4$ und $f_{5\,\mathrm{GHz}} \geq 0.5$ Jy. Letzteres Kriterium dient dazu, Quellen auszuwählen, von denen als hellere Objekte vielfach der Fluß gemessen wurde, um die zeitliche Variation der Quelle zu ermitteln (siehe auch Abschnitt 3.4). Außerdem läßt sich aus der starken Korrelation zwischen l_r und l_x (Brinkmann *et al.* 1995) schließen, daß Quellen mit höherem Radiofluß auch im Röntgenbereich leichter zu detektieren sind. In einer Arbeit von Müller (1995) wird ein Sample radioleiser AGN untersucht, die mit $\alpha_{ro} < 0.3$ aus demselben Katalog selektiert sind. Damit ist sichergestellt, daß es zum einen untereinander keine Überschneidungen gibt und zum anderen die so ausgewählten radiolauten und radioleisen Quellen auch nach beiden obigen Definitionen (Formeln (3.1) und (3.2)) als solche gelten.

Zur Berechnung von α_{ro} muß noch die scheinbare optische Helligkeit m_V in eine Flußdichte $f_{5517\,\text{Å}}$ umgewandelt werden. Es gilt (Karttunen 1990):

$$m_\mathrm{V} = -2.5 \log \frac{f_{5517\,\text{Å}}}{f_0} \quad \Leftrightarrow \quad f_{5517\,\text{Å}} = f_0 \cdot 10^{-0.4 m_\mathrm{V}} \tag{3.3}$$

wobei f_0 die Flußdichte einer Quelle 0. Größenklasse bei 5517 Å ist ($f_0 = 10^{3.59}$ Jy). Zusätzlich müssen der Radiospektralindex α_r und die Rotverschiebung z bekannt sein, damit weitere Größen berechnet werden können (siehe auch Abschnitt 3.4). Der so selektierte Unterkatalog enthält 622 radiolaute AGN mit $\alpha_{ro} > 0.4$ und $f_{5\,\mathrm{GHz}} \geq 0.5$ Jy.

3.1.3 Auswahlkriterium ROSAT/PSPC

Zu guter Letzt müssen diese radiolauten AGN im Gesichtsfeld (2° Durchmesser) einer ROSAT/PSPC Beobachtung liegen. Ein Vergleich mit der Liste aller pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen ohne Borfilter ergibt, daß von den zuvor selektierten 622 radiolauten AGN 201 Quellen innerhalb eines Kreises von 55′ Radius um das Zentrum des Gesichtsfeldes liegen. Diese 201 radiolauten AGN bilden somit das Sample und die Grundlage dieser Arbeit. Sie sind in Tabelle 6.1 aufgelistet.

3.2 Aufbereitung der ROSAT/PSPC Daten

Die Aufbereitung der ROSAT/PSPC Daten zur spektralen Analyse vollzieht sich mit Hilfe des EXSAS Softwarepakets (**EX**tended **S**cientific **A**nalysis **S**ystem, Zimmermann *et al.* 1994) in mehreren Schritten.

Zuerst wird aus dem Rohbild die Quelle mit typischerweise 150″ Radius als Kreis ausgeschnitten und zusätzlich der Hintergrund über einen Kreisring um die Quelle mit den Radien 250″ und 500″ bestimmt. Störquellen in Hintergrundring werden ausgeschnitten. Mit wachsendem Winkelabstand zur optischen Achse (off-axis-Winkel) muß der Extraktionsradius der Quelle wegen der zunehmenden Verbreiterung der Punktbildfunktion auch bis zu 300″ anwachsen. Der Hintergrund wird bei großen off-axis-Winkeln dann auch nicht mehr über einen Kreisring, sondern durch einen Kreisausschnitt in der näheren Umgebung der Quelle bestimmt. Dieser Vorgang wird für alle 256 Energiekanäle des ROSAT/PSPC durchgeführt.

Die so extrahierten Quell- und Hintergrundsdaten müssen nun dreierlei Korrekturen unterzogen werden. Die Totzeitkorrektur berücksichtigt, daß während der Messung eines Ereignisses ein weiteres Ereignis nicht nachgewiesen werden kann (Totzeit = 170 – 280 μs, ROSAT - Call for Proposals 1991). Die Korrektur der effektiven Fläche beinhaltet, daß die Nachweiswahrscheinlichkeit von der Energie und dem off-axis-Winkel der einfallenden Photonen abhängt. Die Korrektur auf die Punktbildfunktion ist dann relevant, wenn eine Quelle sehr eng ausgeschnitten ist und damit der Teil der Quelldaten, die in den Flügeln der Punktbildfunktion außerhalb des Extraktionsradius liegen, vernachlässigt wird. Nach diesen Korrekturen werden von den Quelldaten, die Ereignisse (Counts) von der Quelle und dem Hintergrund enthalten, die separat bestimmten Hintergrundsdaten subtrahiert. Damit erhält man die reinen Quellcounts mit ihrem Fehler, der in diesem Zusammenhang auch Rauschen genannt wird.

Wegen der geringen Energieauflösung des ROSAT/PSPC können nicht alle 256 Kanäle einzeln zur spektralen Information beitragen, sondern sie müssen gebinnt werden, d.h.

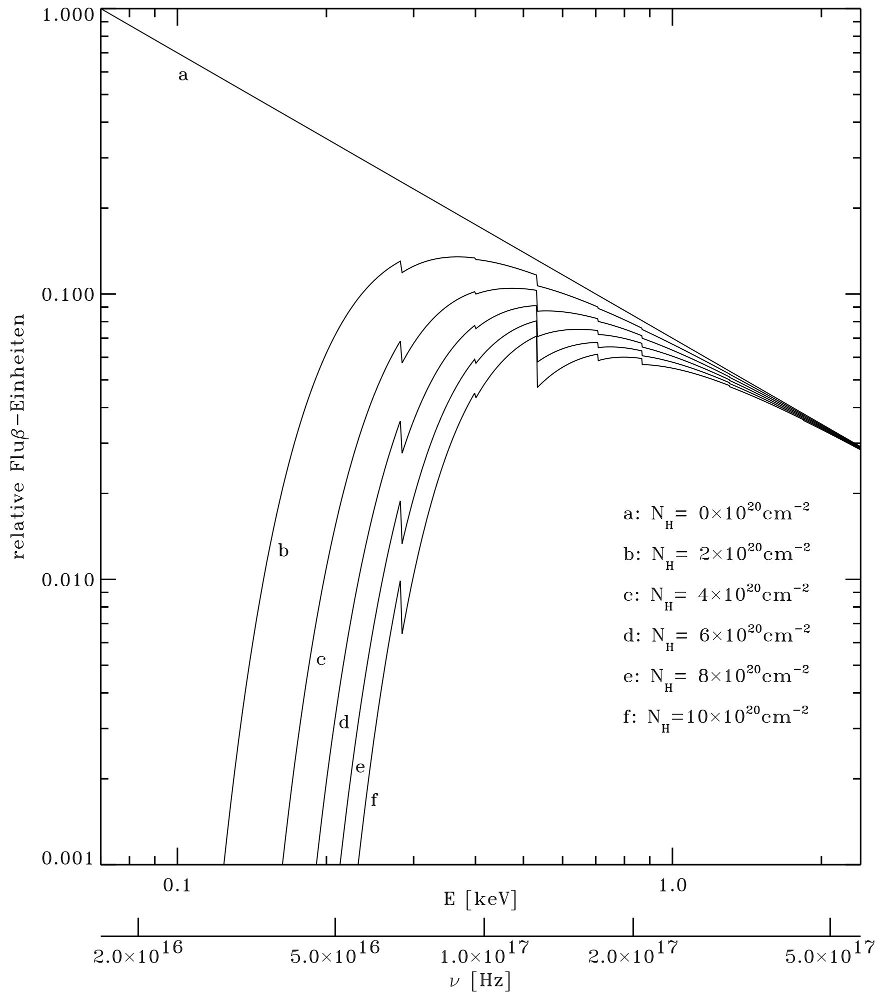


Abb. 3.1: *Wirkung der Absorption des interstellaren Gases auf ein Potenzgesetzspektrum: Mit zunehmender Wasserstoffsäulendichte N_{H} bricht das Spektrum bei niedrigen Frequenzen stärker ein. Der dargestellte Frequenzbereich entspricht dem Meßbereich von ROSAT (Friedrich 1994).*

es werden jeweils mehrere Kanäle zu einem Intervall, auch Bin genannt, zusammengefaßt. Außerdem haben die einzelnen Kanäle in den meisten Fällen ein zu schlechtes Signal-zu-Rausch-Verhältnis, so daß ihre individuelle spektrale Information nicht signifikant ist. Aus diesem Grund und wegen der schlechteren Kalibration in den untersten und obersten Kanälen werden auch nur die Kanäle 11 – 240 zur Analyse verwendet. Die drei disjunkten Energiebänder, die in der Standardanalyse der ROSAT/PSPC Daten (Zimmermann *et al.* 1994) zur Spektralanalyse verwendet werden, spiegeln die Energieauflösung von $\Delta E/E \simeq 0.4$ bei 1 keV (siehe Abschnitt 2.2) wider und dienen als Anhaltspunkt für die Anzahl der spektralen Bins. Teilt man jedoch die verbleibenden 230 Energiekanäle in diese drei Bins ein, verliert man unnötig spektrale Information. Die Grenzen der Energiebänder haben nämlich keine eigentliche physikalische Bedeutung und können somit auch variiert werden, so daß das Spektrum aus den variierten 3 Bins eine andere Form hat als das aus den ursprünglichen Bins. Daher ist es zulässig, diese drei Bins weiter zu unterteilen (sogenanntes Oversampling). Die Energiekanäle werden dann mit einem festen Signal-zu-Rausch-Verhältnis so gebinnt, daß man zwischen 7 und 14 Bins erhält. Bei kleinerem Signal-zu-Rausch-Verhältnis (= 3 bzw. 5) werden die Energiekanäle teilweise auch zu 3 – 6 Bins zusammengefaßt. Bei Quellen mit sehr vielen Counts und hohem Signal-zu-Rausch-Verhältnis ($\geq$ 9) können auch mehr als 15 Bins verwendet werden (siehe Tabelle 6.1). Letztendlich müssen in jedem Bin genügend Counts sein, damit eine spätere Modellanpassung durch einen χ^2-Fit zulässig ist. Die rechte Hälfte der Tabelle 6.1 enthält die Informationen über die ROSAT/PSPC Beobachtungen der AGN. Die Spalten geben von links nach rechts an: den IAU Namen, die ROR (ROSAT Observation Request) Nummer zur eindeutigen Identifikation der Beobachtung, das Datum des Endes der Beobachtung, die Dauer der Beobachtung, den off-axis-Winkel, die Anzahl der Quellcounts plus Fehler, das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (S/R) und die Anzahl der resultierenden spektralen Bins.

Um aus diesen gemessenen Spektren Rückschlüsse auf die tatsächlich emittierten Spektren ziehen zu können, wäre es der natürliche Weg, aus den gemessenen Spektren die Detektoreigenschaften zu eliminieren und sie dann mit Modellspektren zu vergleichen. Leider ist dies nicht möglich, da die Detektorresponsematrix des ROSAT/PSPC nicht invertierbar ist. Daher muß man Modellspektren unter Verwendung der Detektoreigenschaften in Zählratenspektren umrechnen und so ihre Verträglichkeit mit den tatsächlich gemessenen Zählratenspektren testen. Es kann also ein gemessenes Zählratenspektrum nicht eindeutig einem reellen Spektrum zugeordnet werden. Somit ist es mit dem ROSAT/PSPC Detektor grundsätzlich nicht möglich, aus den Beobachtungen direkt Spektren abzulesen.

3.3 Spektrale Analyse der ROSAT/PSPC Daten

3.3.1 Das Potenzgesetzspektrum

Als experimenteller Befund ist typischerweise das einfachste Modellspektrum für AGN im Röntgenenergiebereich ein Potenzgesetzspektrum:

$$f_\nu = f_\nu(\nu_0) \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{-\alpha} \tag{3.4}$$

Dabei ist ν_0 eine feste Referenzfrequenz, $f_\nu(\nu_0)$ die Normierung des Potenzgesetzes und α der Spektralindex, der auch als Energieindex bezeichnet wird, da das Spektrum als Energiefluß pro Frequenzintervall beschrieben wird. Davon zu unterscheiden ist der in der Literatur ebenfalls verwendete Photonenindex Γ, der auf das Photonenzahlspektrum N bezogen ist:

$$N = \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{-1} \cdot f_\nu = f_\nu(\nu_0) \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{-\alpha-1} \equiv f_\nu(\nu_0) \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{\Gamma} \tag{3.5}$$

Die Beziehung zwischen Energie- und Photonenindex ist durch $\Gamma = -\alpha - 1$ gegeben[2]. Zusätzlich muß berücksichtigt werden, daß das intrinsische Spektrum einer Quelle durch absorbierendes Gas in der Sichtlinie verändert wird. Dabei handelt es sich in der Hauptsache um das interstellare Gas in unserer Galaxie. Im weichen Röntgenbereich unterhalb etwa $1.5 \cdot 10^{17}$ Hz ($\simeq 0.6$ keV) führt diese Absorption zu einer wesentlichen Schwächung der Strahlung bis hin zur Unbeobachtbarkeit. Die Absorption wird durch gebunden-frei Übergänge verursacht, für die der Wirkungsquerschnitt sprunghaft ansteigt, sobald die Photonenenergie die Bindungsenergie eines Elektrons erreicht. Daraus ergeben sich die Absorptionskanten verschiedener Elemente im Spektrum (siehe Abbildung 3.1). Unter der Annahme, daß die Elementhäufigkeiten auf der Sichtlinie zur Quelle denen der galaktischen interstellaren Materie entsprechen, kann man aus der Säulendichte N_{H} des neutralen atomaren Wasserstoffs den Absorptionsverlauf berechnen (Morrison & McCammon, 1983). Es zeigt sich, daß im Energiebereich von ROSAT Helium noch mehr als Wasserstoff zur Absorption beiträgt. Die Unsicherheit der relativen Heliumhäufigkeit stellt wahrscheinlich die größte Fehlerquelle (ca. 10%) für die Absorptionsbestimmung dar. Daneben spielen auch Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Eisen, Neon usw. ein Rolle. Für das Potenzgesetz aus Gleichung (3.4) ergibt sich somit folgende Form:

$$f_\nu = f_\nu(\nu_0) \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{-\alpha} \cdot \exp\left[-N_{\mathrm{H}} \cdot \sum_i \left(\frac{N_i}{N_{\mathrm{H}}}\right) \sigma_i\right] \tag{3.6}$$

N_i/N_{H} und σ_i sind die relative Häufigkeit bzw. der Wirkungsquerschnitt der i-ten Teilchensorte nach Morrison & McCammon (1983). Die galaktische Wasserstoffsäulendichte N_{H} ergibt sich aus Radiobeobachtungen bei einer Wellenlänge von 21 cm (Elvis *et al.* 1986, Elvis *et al.* 1989, Stark *et al.* 1992). Die Messungen von Stark *et al.* (1992) decken zwar den ganzen Himmel ab, sind aber mit einer räumlichen Auflösung von ca. 2° nur sehr grob gerastert. Dadurch werden kleinräumige Variationen der Wasserstoffsäulendichte nicht aufgelöst. Die Messungen von Elvis *et al.* (1986, 1989) sind hingegen nur in Richtung ausgewählter AGN gemacht worden, dafür ist die räumliche Auflösung mit 21' deutlicher besser. Liegen für AGN aus dem vorliegenden Sample keine Werte für N_{H} von Elvis *et al.* (1986, 1989) vor, so wird der Wert aus den vier der Position des AGN benachbarten Stützstellen der Messungen von Stark *et al.* (1992) interpoliert. Entsprechend ist auch der Fehler dieser N_{H}-Werte deutlich größer als bei Elvis *et al.* (1986, 1989).

Das Modellspektrum aus Formel (3.6) wird nach der Faltung mit den Detektoreigenschaften mit Hilfe eines χ^2-Fits an die gemessenen korrigierten und gebinnten Spektren angepaßt. Von den insgesamt 201 radiolauten AGN sind 160 Quellen in den ROSAT/PSPC Beobachtungen mit einem ausreichenden Signal-zu-Rausch-Verhältnis für eine spektrale Analyse detektiert. Liegt eine Quelle im Gesichtsfeld mehrerer Beobachtungen, so wird nur die Beobachtung mit den meisten Quellcounts zur spektralen

[2] In der Literatur wird aber ebenso das Photonenzahlspektrum N mit $N \propto \nu^{-\Gamma}$ verwendet.

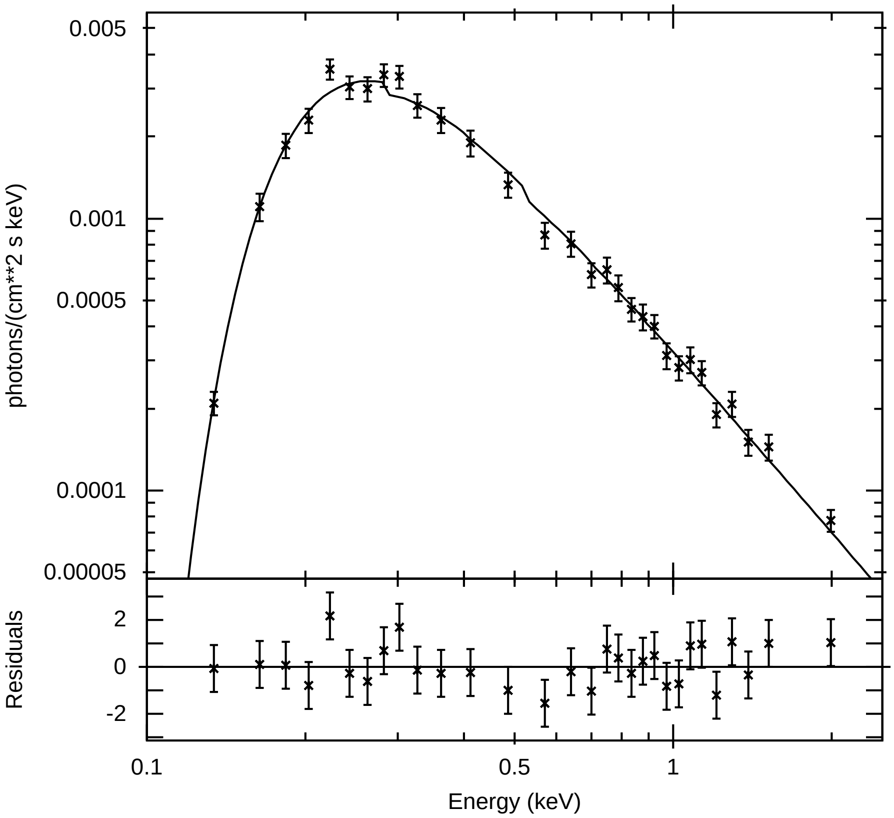


Abb. 3.2: *Das Spektrum des Quasars OS 562 (1637+574) läßt sich sehr gut durch ein Potenzgesetz mit galaktischem* $N_{\rm H}$ *repräsentieren* ($\chi^2_{\rm red} = 0.81$, $N_{\rm H} = 1.94 \cdot 10^{20}$ cm^{-2}, $\alpha_x = 1.26$, *siehe Tabelle 6.2).*

Analyse verwendet. Für alle Quellen, die mindestens drei Bins mit einem Signal-zu-Rausch-Verhältnis ≥ 3 haben, wird das Potenzgesetzspektrum mit Absorption mit festem galaktischen $N_{\rm H}$ gefittet. Die Referenzfrequenz ν_0 bzw. -energie E_0 ist mit 1 keV ungefähr in der Mitte des ROSAT/PSPC Energiebereichs festgelegt. Die Normierung $f_\nu(E_0)$ und der Spektralindex α sind freie Parameter des Fits. Für 139 Quellen, die mehr als fünf spektrale Bins haben, wird ein zusätzlicher Fit mit $N_{\rm H}$ als weiteren freien Parameter durchgeführt. Die Fitergebnisse sind in Tabelle 6.2 zu finden[3]. Sie enthält auf der linken Seite die Ergebnisse der Fits mit festem galaktischen $N_{\rm H}$ und auf der rechten Seite die Fits mit freiem gefitteten $N_{\rm H}$. Die Spalten geben jeweils von links nach rechts an: den IAU Namen, $N_{\rm H}$, den Fluß bei 1 keV $f_{1\,\rm keV}$, den Energiespektralindex α_x, das reduzierte $\chi^2_{\rm red}$ und die Anzahl der Freiheitsgrade des Fits (d.o.f. = degrees of freedom). Die angegebenen Fehler der Fits sind 1σ-Fehler (68% Signifikanzniveau, $\chi^2_{\rm min} + 2.28$ für 2 freie Parameter bzw. $\chi^2_{\rm min} + 3.51$ für 3 freie Parameter, Lampton *et al.* 1976). Die Fehler der galaktischen Wasserstoffsäulendichte $N_{\rm H}$ werden von Elvis *et al.* (1986, 1989) als 1.6σ-Fehler (90% Signifikanzniveau) angegeben. Sie werden für die Tabelle 6.2 durch die Division durch 1.6 in ungefähre 1σ-Fehler umgerechnet.

[3] Trotz eines Signal-zu-Rausch-Verhältnisses von 3 in 5 bzw. 6 Bins ist für die Quellen 0157−311 und 0514−459 kein sinnvoller Fit mit freiem $N_{\rm H}$ möglich.

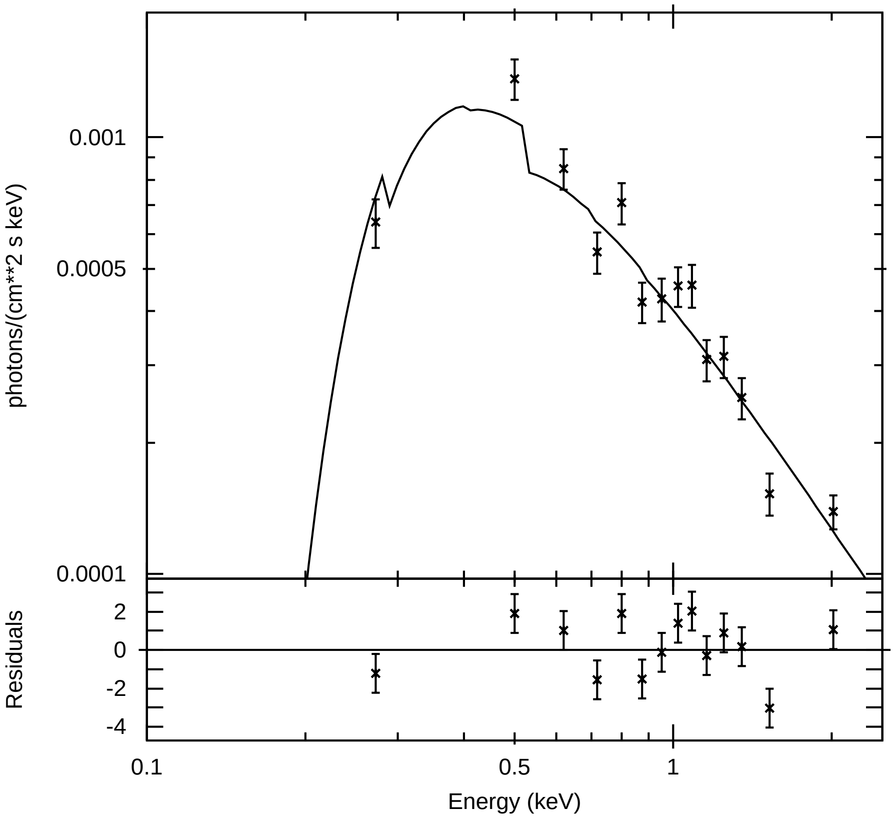


Abb. 3.3: *Das Spektrum des Quasars 3C 446 (2223−052). Trotz eines schlechten $\chi^2_{\rm red}$ ($\chi^2_{\rm red} = 2.64$, siehe Tabelle 6.2) ist ein Potenzgesetz mit galaktischem $N_{\rm H}$ wohl das beste Modell für diese Quelle ($N_{\rm H} = 5.26 \cdot 10^{20}$ cm^{-2}, $\alpha_x = 0.81$).*

3.3.2 Die Spektren der gut detektierten Quellen

Für 116 der 160 gefitteten Quellen ergibt sich für ein Potenzgesetzspektrum mit festem galaktischen $N_{\rm H}$ ein reduziertes $\chi^2_{\rm red} < 1.5$. Somit können die Spektren dieser Quellen durch dieses Modell sehr gut im Energiebereich des ROSAT/PSPC dargestellt werden. Ein gutes Beispiel dafür ist der Quasar OS 562 (1637+574) in Abbildung 3.2. Die 44 Quellen, für die bei festem galaktischen $N_{\rm H}$ das reduzierte $\chi^2_{\rm red} > 1.5$ ist, lassen sich grob in zwei Klassen einteilen. Die größere der beiden beinhaltet 30 Quellen, für die trotz eines schlechten $\chi^2_{\rm red}$ das Potenzgesetz mit galaktischem $N_{\rm H}$ das beste Modell darstellt. Obwohl die Quellen teilweise eine große Anzahl von Quellcounts haben, zeigen sie schlechte Residuen im Fit (siehe Spektrum von 3C 446 = 2223−052 in Abbildung 3.3) und auch ein Fit mit freiem $N_{\rm H}$ ergibt kaum ein besseres $\chi^2_{\rm red}$. Für die verbleibenden 14 Quellen ist das Potenzgesetz mit galaktischem $N_{\rm H}$ eindeutig kein gutes Modell. Bei zwei Quellen (3C 273 = 1226+023, 3C 351 = 1704+608) bringt auch ein Fit mit freiem $N_{\rm H}$ keine entscheidende Verbesserung. Ihre Signatur in den Residuen deutet darauf hin, daß ein doppeltes Potenzgesetz ein besseres Modell ist (siehe Abbildung 3.4). Für 3C 273 ist dies seit langem bekannt (z.B. Staubert 1992, Pflüger 1995, Krull 1997). Drei andere Objekte (3C 212 = 0855+143, MARK 501 = 1652+398, PKS 2351−154)

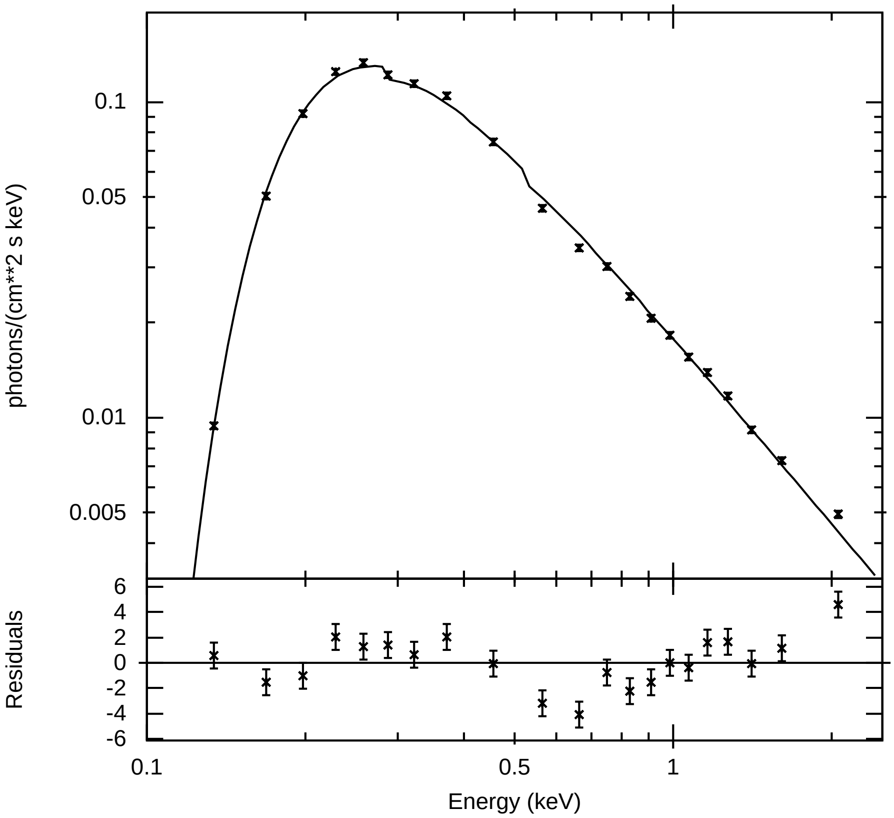


Abb. 3.4: *Das Spektrum des Quasars 3C 273 (1226+023) wird durch ein Potenzgesetz mit galaktischem N_{H} nur unzureichend beschrieben. Die Signatur in den Residuen weist auf ein doppeltes Potenzgesetz hin ($\chi^2_{\mathrm{red}} = 4.15$, $N_{\mathrm{H}} = 1.83 \cdot 10^{20}\ \mathrm{cm}^{-2}$, $\alpha_x = 1.00$).*

erreichen bei einem Fit mit freiem N_{H}, welches deutlich über dem jeweiligen galaktischen Wert liegt, ein signifikant besseres χ^2_{red}, was darauf hindeutet, daß diese Objekte eine zusätzliche intrinsische Absorption aufweisen (siehe Abbildung 3.5). Die übrigen neun Objekte (PKS 0122−003, PKS 0208−512, S5 0716+714, PKS 0735+178, 3C 208.1 = 0851+142, 3C 216 = 0906+430, 3C 245 = 1040+123, 3C 371 = 1807+698, PKS 2005−489) erreichen bei einem Fit mit freiem N_{H}, welches jedoch deutlich unter dem jeweiligen galaktischen Wert liegt, ein signifikant besseres χ^2_{red}. Dieses Ergebnis kann zum einen darauf beruhen, daß es nur für zwei Quellen (PKS 0735+178, 3C 245) genaue Werte für die galaktische Wasserstoffsäulendichte N_{H} in Richtung dieser Quellen von Elvis *et al.* (1989) gibt, die übrigen Werte für N_{H} hingegen aus dem groben Himmelsraster von Stark *et al.* (1992) interpoliert und damit stark fehlerbehaftet sind. Somit könnte das gefittete N_{H} vielleicht das wirkliche galaktische N_{H} sein. Zum anderen zeigen aber die Residuen der Fits mit galaktischem N_{H} (siehe Abbildung 3.6) deutliche Parallelen zu denen von 3C 273 (siehe Abbildung 3.4). Daher könnte ein doppeltes Potenzgesetz mit galaktischem N_{H} das bessere Modell für diese Quellen sein, und das niedrigere gefittete N_{H} ist nur eine Ausweichbewegung des Fits, die bei 3C 273 und 3C 351 nicht erfolgt ist. Ähnliches wird von Krull (1997) bei der Untersuchung des soft excess in AGN disku-

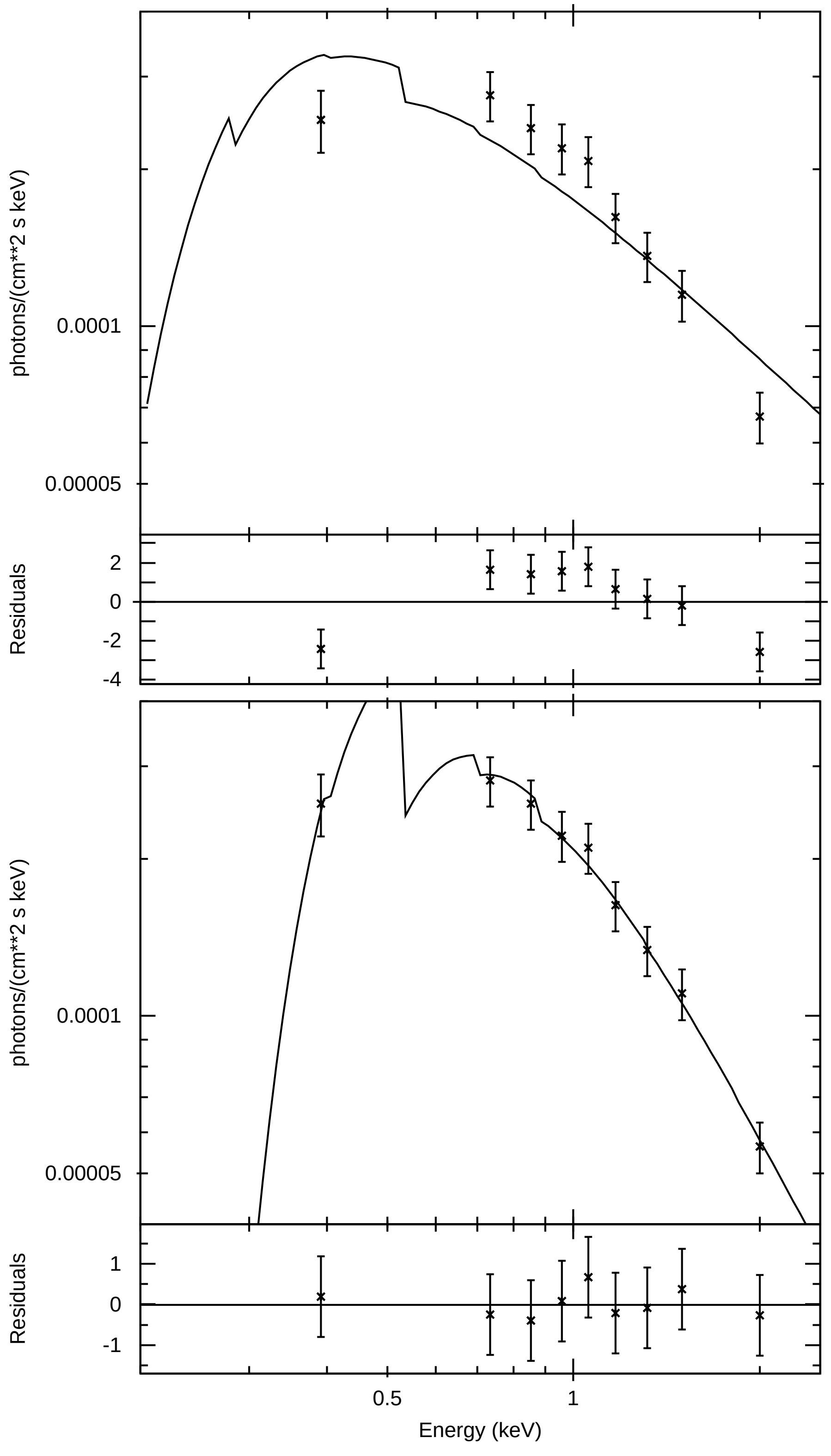


Abb. 3.5: *Das Spektrum des Quasars 3C 212 (0855+143). Das obere Bild zeigt ein Potenzgesetz mit galaktischem* $N_{\rm H}$ *(*$\chi^2_{\rm red} = 3.35$, $N_{\rm H} = 3.40 \cdot 10^{20}$ cm^{-2}, $\alpha_x = 0.11$*), unten mit gefittetem* $N_{\rm H}$ *(*$\chi^2_{\rm red} = 0.16$, $N_{\rm H} = 16.92 \cdot 10^{20}$ cm^{-2}, $\alpha_x = 1.34$*). Der Unterschied deutet auf eine zusätzliche intrinsische Absorption in der Quelle hin.*

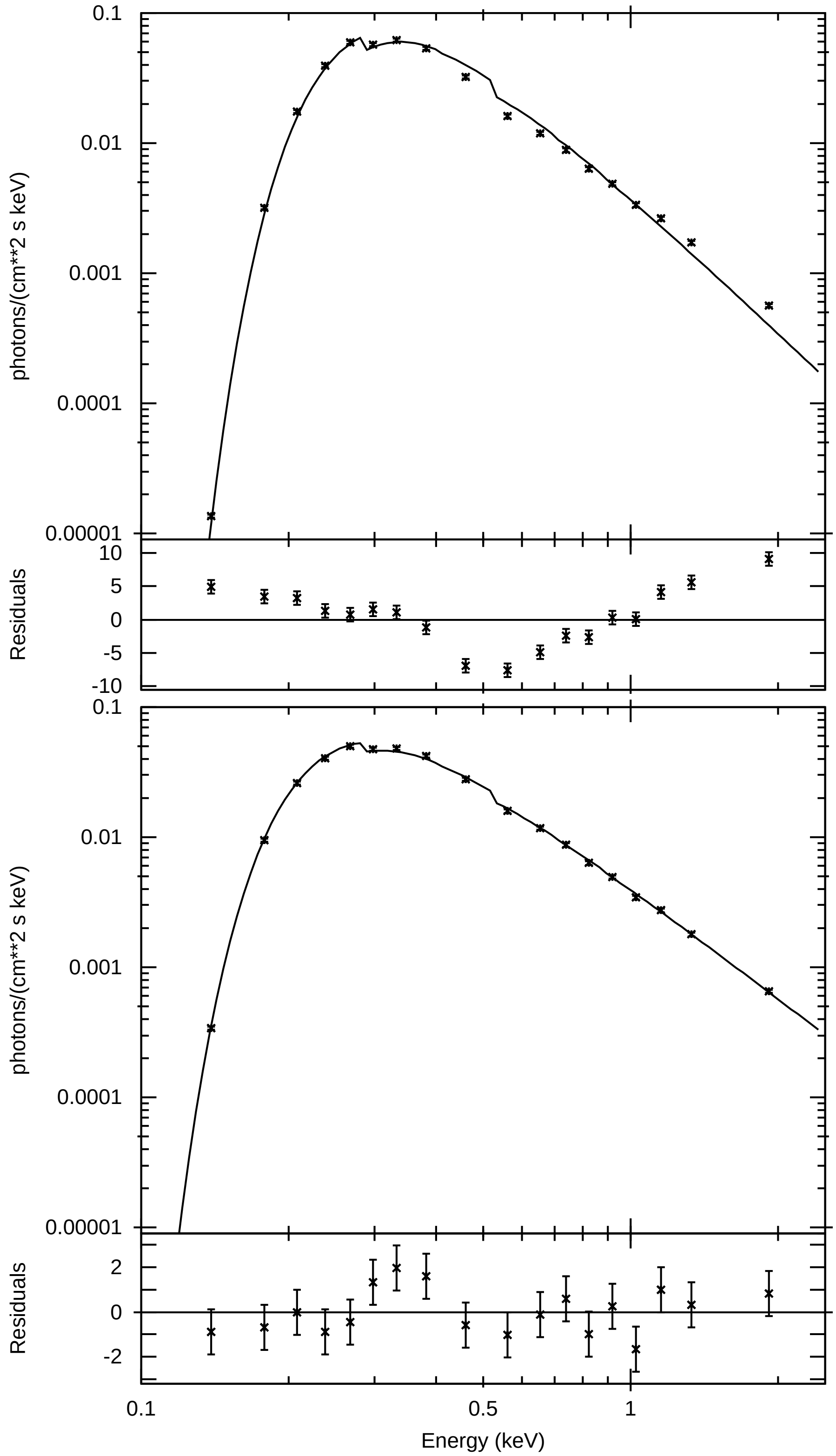


Abb. 3.6: *Das Spektrum des BL Lac Objekts PKS 2005−489. Das obere Bild zeigt ein Potenzgesetz mit galaktischem N_{H} ($\chi^2_{\mathrm{red}} = 20.73$, $N_{\mathrm{H}} = 5.53 \cdot 10^{20}\ \mathrm{cm}^{-2}$, $\alpha_x = 2.57$), unten mit gefittetem N_{H} ($\chi^2_{\mathrm{red}} = 1.18$, $N_{\mathrm{H}} = 3.50 \cdot 10^{20}\ \mathrm{cm}^{-2}$, $\alpha_x = 1.88$). Entweder ist das galaktische N_{H} als zu groß bestimmt oder ein doppeltes Potenzgesetz mit galaktischem N_{H} ist das bessere Modell.*

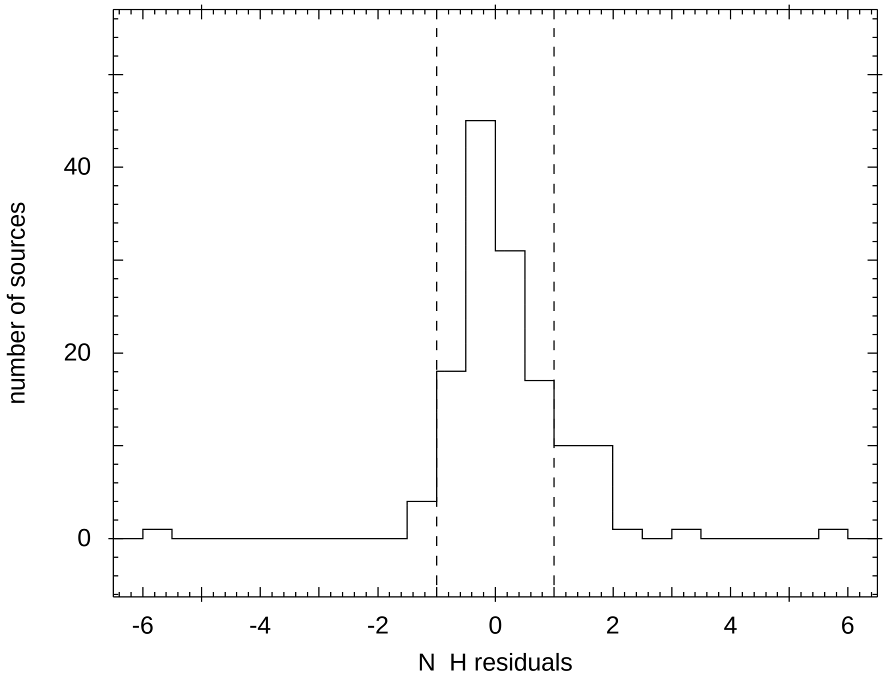


Abb. 3.7: *Die Residuen R_{N_H} von N_H (siehe Formel (3.7)). Bei allen Quellen, deren R_{N_H} im Intervall $[-1, 1]$ liegt, stimmen galaktisches und gefittetes N_H im Rahmen der 1σ-Fehler überein (80% von 139 Quellen).*

tiert. Leider ist von den 14 Quellen, für die das Potenzgesetz mit galaktischem N_H kein gutes Modell darstellt, nur 3C 273 im Sample von Krull enthalten.

3.3.3 Die Wasserstoffsäulendichte

Als ein weiteres Ergebnis der spektralen Analyse läßt sich festhalten, daß bei der überwiegenden Mehrzahl der Quellen (111 von 139) die Werte für die galaktische und die gefittete Wasserstoffsäulendichte N_H im Rahmen ihrer 1σ-Fehler identisch sind. 24 weitere Quellen zeigen diese Identität zumindest innerhalb der 2σ-Fehler. Nur bei vier Quellen weichen das galaktische und das gefittete N_H stark voneinander ab. Diese Resultate lassen sich aus Abbildung 3.7 entnehmen, in der die Residuen R_{N_H} von N_H im Histogramm aufgetragen sind. R_{N_H} ist definiert über

$$R_{N_\mathrm{H}} = \frac{N_\mathrm{H,gal} - N_\mathrm{H,fit}}{\sqrt{N_{\mathrm{H,gal}}{}_{err}^{2} + N_{\mathrm{H,fit}}{}_{err}^{2}}} \tag{3.7}$$

R_{N_H} hat damit einen absoluten Fehler von 1. Aufgrund dieser großen Übereinstimmung zwischen galaktischem und gefittetem N_H werden für die folgenden Berechnung nur die Ergebnisse aus den Fits mit galaktischem N_H verwendet. Wegen der großen Fehler der galaktischen N_H-Werte läßt sich aber nicht ausschließen, daß die Quellen selbst Gas enthalten, das zur Absorption beiträgt.

3.3.4 Die Spektren der schwach detektierten Quellen

Für die verbleibenden 41 Quellen, die nur mit einem sehr schlechten Signal-zu-Rausch-Verhältnis detektiert sind, wird jeweils ein Potenzgesetzspektrum mit galaktischem N_{H} und festem $\alpha_x = 0.95$, das dem Mittelwert der gefitteten Röngtenspektralindizes entspricht, und freier Flußdichte $f_{1\,\mathrm{keV}}$ angepaßt, um die gemessenen Quellcounts zu reproduzieren. Bei Quellen, die nur mit einem Signal-zu-Rausch-Verhältnis von 1 detektiert sind, entspricht diese Flußdichte $f_{1\,\mathrm{keV}}$ eher einer oberen Grenze als dem wirklichen Wert. N_{H} und $f_{1\,\mathrm{keV}}$ $(= f_x)$ dieser 41 Quellen sind in Tabelle 6.4 wiedergegeben.

3.4 Leuchtkraftdichten und Breitbandspektralindizes

Einen tiefergehenden Einblick in die energieerzeugenden Prozesse in AGN erhält man am besten, wenn man zur Untersuchung der Quellen die Informationen aus möglichst vielen Spektralbereichen hinzuzieht. Als Basisinformation aus den einzelnen Spektralbereichen dienen die Flußdichte f_ν und der zugehörige Spektralindex α_ν (unter der Annahme eines Potenzgesetzspektrums in diesem Spektralbereich analog zum Röntgenbereich). Idealerweise müßte diese Spektralinformation zeitgleich zur ROSAT Beobachtung gemessen werden, um eine Momentaufnahme der Quellen zu erhalten, denn ob der großen Variabilität dieser Quellen lassen sich Messungen zu verschiedenen Zeiten bei verschiedenen Frequenzen nur schlecht miteinander in Beziehung setzen. Da solche Parallelbeobachtungen für so viele Quellen jeglichen Rahmen sprengen würden, versucht man, für die verschiedenen Spektralbereiche möglichst viele Messungen zusammenzutragen, so daß die Mittelwerte einen repräsentativen Wert ergeben und deren Standardabweichung die zeitliche Variabilität widerspiegeln. Damit kann in erster Näherung ein Multifrequenzspektrum zur Zeit der ROSAT Beobachtung dargestellt werden.

Aus den Radiomessungen in der NASA/IPAC Datenbank extragalaktischer Objekte (NED) bei 2.7 und 5 GHz ($\lambda \simeq 11$ cm bzw. 6 cm) werden die gemittelte Radioflußdichten bestimmt. Der Radiospektralindex α_r läßt sich aus den beiden Flußdichten $f_{2.7\,\mathrm{GHz}}$ und $f_{5\,\mathrm{GHz}}$ unter der Annahme eines Potenzgesetzspektrums leicht bestimmen:

$$\alpha_r = -\frac{\log(f_{5\,\mathrm{GHz}}/f_{2.7\,\mathrm{GHz}})}{\log(5\,\mathrm{GHz}/2.7\,\mathrm{GHz})} \tag{3.8}$$

Der zuvor zusammengestellte AGN Katalog enthält bereits die optische Helligkeit der Quellen, die sich in eine Flußdichte $f_{5517\,\text{Å}}$ umrechnen läßt. Berücksichtigt man dabei noch die Extinktion durch den interstellaren Staub A_{V} (auch Rötung genannt), so muß die Formel (3.3) wie folgt modifiziert werden:

$$f_{5517\,\text{Å}} = 10^{3.59-0.4(m_{\mathrm{V}}-A_{\mathrm{V}})} \tag{3.9}$$

Die Extinktion $A_{\rm V}$ hängt nach Seaton (1979) mit dem Farbexzeß $E_{\rm B-V}$ über $A_{\rm V} = 3.14 \cdot E_{\rm B-V}$ zusammen. Der Farbexzeß hingegen ist nach einem empirischen Gesetz (Bohlin *et al.* 1978) im Mittel proportional zur Wasserstoffsäulendichte $N_{\rm H}$: $\langle N_{\rm H}/E_{\rm B-V}\rangle = 4.8 \cdot 10^{21}$ cm^{-2} mag^{-1}. Danach stellt sich die Formel (3.9) wie folgt dar, wobei $N_{\rm H}$ in Einheiten von 10^{20} cm^{-2} angegeben wird:

$$f_{5517\,\text{Å}} = 10^{3.59-0.4(m_{\rm V}-0.0654N_{\rm H})} \tag{3.10}$$

Der Spektralindex α_o wird für BL Lac Objekte mit $\alpha_o = 1.0$ und für Quasare mit $\alpha_o = 0.5$ angesetzt (Brunner *et al.* 1994).

Der Katalog von Steppe *et al.* (1993) liefert für 63 Quellen aus dem radiolauten AGN Sample Flußdichten bei 90 und 230 GHz ($\lambda \simeq 3.3$ mm bzw. 1.3 mm). Auch existieren für die einzelnen Objekte viele Messungen über einen längeren Zeitraum, aber diese geringe Anzahl würde das Sample zu sehr verkleinern, um damit im Rahmen der folgenden Untersuchung ausreichend Statistik betreiben zu können. Diesem Kriterium fallen auch Messungen aus dem Infrarot-, Ultraviolett- bzw. γ-Bereich zum Opfer, da in diesen Energiebereichen nur sehr wenige Quellen aus diesem Sample beobachtet worden sind, meist auch nur einmal.

Aus diesen gesammelten Daten einschließlich der ROSAT Daten lassen sich für jede Quelle in jedem Spektralbereich die Leuchtkraftdichte l_ν berechnen. Wie schon in Abschnitt 3.1.2 beschrieben, ist die Leuchtkraftdichte eine intrinsische Größe, die im System der Quelle bestimmt ist. Die Leuchtkraftdichte l_ν ergibt sich unter der Annahme eines Friedmann Modells mit $H_0 = 50$ km s^{-1} Mpc^{-1} und $q_0 = 0$ wie folgt (Zamorani *et al.* 1981):

$$\begin{aligned} \log l_\nu = 34.63 + \log f_\nu + 2 \cdot \log\left(z\left(1+\frac{z}{2}\right)\right) \\ + \alpha_\nu \cdot \log\left(\frac{\nu}{\nu_0}\right) + (\alpha_\nu - 1)\cdot\log(1+z) \end{aligned} \tag{3.11}$$

Der verhältnismäßig kleine Wert der Hubble-Konstanten H_0 wird hier verwendet, um die Resultate mit denen in der Literatur vergleichbar zu machen (von Zamorani *et al.* 1981 bis Schartel *et al.* 1996). Manche verwenden auch $q_0 = 0.5$, wie z.B. Brinkmann *et al.* (1997).

Durch die Rotverschiebung z wird das intrinsische Spektrum der Quelle zu größeren Wellenlängen bzw. niedrigeren Energien verschoben. Demzufolge ist z.B. die Radioflußdichte $f_{2.7\,\rm GHz}$, die auf der Erde bei 2.7 GHz gemessen wird, von der Quelle bei höheren Frequenzen emittiert worden. Daher gibt man die Leuchtkraftdichte immer bezogen auf eine Referenzfrequenz ν_0 an, die zur tatsächlich gemessenen Frequenz blauverschoben ist. So wird die Radioleuchtkraftdichte l_r auf die Frequenz $\nu_r = 5$ GHz bezogen, l_o auf $c/\nu_o = 2500$ Å und l_x auf $h\nu_x = 2$ keV. Die Leuchtkraftdichten basieren auf den gemessen Flußdichten $f_{2.7\,\rm GHz}$, $f_{5517\,\text{Å}}$ (entrötet nach obiger Formel (3.10)) bzw. $f_{1\,\rm keV}$, für die im folgenden als äquivalente Bezeichnung f_r, f_o und f_x verwendet werden. Aus diesen Leuchtkraftdichten l_ν kann man zusätzlich die Breitbandspektralindizes α_{rx} und α_{ox} analog zu α_{ro} aus Abschnitt 3.1.2 bestimmen:

$$\alpha_{ro} = -\frac{\log(l_o/l_r)}{\log(\nu_o/\nu_r)} \tag{3.12}$$

Dabei sind ν_o und ν_r die oben angeführten Referenzfrequenzen der Leuchtkraftdichten. Damit hat man einen Satz von intrinsischen physikalischen Größen (l_ν, α_ν für die drei Energiebereiche und die Rotverschiebung z) und einen Satz von daraus abgeleiteten Größen (die Flußdichten f_ν und die Breitbandspektralindizes) für die radiolauten AGN. Der optische Spektralindex α_o nimmt dabei eine untergeordnete Rolle ein, da er nur zwei Werte annimmt und nicht direkt für jede Quelle gemessen ist. Tabelle 6.3 zeigt die Leuchtkraftdichten, Rotverschiebung, Flußdichten, Spektralindizes und die Breitbandspektralindizes für die 160 mit ROSAT gut detektierten Quellen. In Tabelle 6.4 sind die entsprechenden Werte der 41 mit ROSAT nur schwach detektierten Quellen aufgelistet. Die Fehler der jeweiligen Größen sind nicht aufgeführt, da sie in die folgenden Betrachtungen nicht weiter eingehen bzw. die Analysemethoden keine Fehler berücksichtigen können.

3.5 Wie repräsentativ ist das Sample?

Liegen nun für diese AGN alle Breitbandspektralinformationen vor, so ist es wichtig zu wissen, wie repräsentativ dieses Sample für alle radiolauten AGN ($\alpha_{ro} > 0.4$ und $f_{5\,\mathrm{GHz}} > 0.5$ Jy, siehe auch Abschnitt 3.1.2) ist, um die Ergebnisse dieses Samples eventuell hinterher verallgemeinern zu können. Das übergeordnete Sample aller radiolauten AGN enthält 622 Quellen, wie schon in Abschnitt 3.1.2 erwähnt. Das Subsample der 201 AGN, die im ROSAT Gesichtsfeld liegen, teilt sich in 160 gut detektierte und 41 schwach oder gar nicht detektierte Quellen. Diese Samples werden nun auf ihre Unterschiede in den Breitbandspektralinformationen untersucht.

3.5.1 Alle radiolauten AGN und ROSAT AGN im Vergleich

Im Vergleich durch den eindimensionalen K-S Test (siehe Abschnitt 2.3.1) zeigt sich in den intrinsischen Größen l_r, l_o, α_r, z sowie im Breitbandspektralindex α_{ro} kein Unterschied zwischen dem vollständigen Sample der 622 radiolauten AGN und dem Subsample der im ROSAT Gesichtsfeld liegenden 201 radiolauten AGN (siehe Tabelle 3.1 und Abbildung 3.8). Nur die Flußdichten f_r und f_o stimmen zwischen den beiden Samples nicht überein. Ähnliches ergibt sich auch, wenn man die 160 gut detektierten bzw. 41 schwach detektierten Quellen mit dem Sample der 622 AGN vergleicht. Berechnet man aber nach Formel (3.11) für ein festes l_r bzw. l_o die Flußdichten mit den Mittelwerten von α_ν und z aus den beiden Samples, so ergibt sich zwanglos der Unterschied in den Flußdichten. Während nämlich die Mittelwerte der Leuchtkraftdichten identisch sind, sind die der

Tabelle 3.1: *Vergleich zwischen dem Sample aller radiolauter AGN (622 Quellen) und dem Subsample der im ROSAT Gesichtsfeld liegenden AGN (201 Quellen) mit Hilfe eines eindimensionalen K-S Tests bezüglich der Größen $l_r, l_o, z, \alpha_r, \alpha_{ro}, f_r, f_o$. Für große Werte von $P(D)$ stimmen die Verteilungen der Größen gut überein und erst für $P(D) < 2.7 \cdot 10^{-3}$ (3σ-Niveau) sind die Verteilungen signifikant verschieden.*

	D	$P(D)$
l_r	0.115	0.236
l_o	0.064	0.978
z	0.120	0.174
α_r	0.072	0.920
α_{ro}	0.082	0.785
f_r	0.180	0.0016
f_o	0.171	0.0037

Spektralindizes α_ν und der Rotverschiebung leicht verschieden. Dies ist für den eindimensionalen K-S Test unerheblich, weil es im Rahmen der statistischen Schwankungen liegt, aber über die Formel (3.11) verstärken sich diese Effekte unglücklicherweise bei der Bestimmung der Flußdichten. Wichtig ist jedoch, daß die beiden Samples sich in ihren intrinsischen Größen und α_{ro} gleichen, und somit das Subsample der 201 AGN durchaus als repräsentativ für die Klasse der radiolauten AGN mit $\alpha_{ro} > 0.4$ und $f_{5\,\mathrm{GHz}} > 0.5$ Jy gelten kann.

Dies Ergebnis ist auch ungefähr zu erwarten, da die pointierten ROSAT Beobachtungen relativ zufällig am Himmel verteilt sind, betrachtet man nur eine Beobachtung je Target. Der Unterschied zwischen den Verteilungen der Flußdichten der beiden Samples könnte auch durch einen beobachtungspolitischen Selektionseffekt erklärt werden: Quellen, die im optischen und Radiobereich hell sind, gehören auch im Röntgenbereich in der Regel zu den hellen Quellen. Bei einer hellen Röntgenquelle ist die benötigte Beobachtungszeit, um ein gutes Spektrum aufzunehmen, entsprechend kürzer als bei schwachen Röntgenquellen. Daher sind bei der enorm großen Nachfrage nach Beobachtungszeit mit dem ROSAT/PSPC vermutlich die hellen Quellen eher als Target der Beobachtung vorgeschlagen und akzeptiert worden als schwächere Quellen.

3.5.2 Gut und schwach detektierte ROSAT AGN im Vergleich

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn man die 160 mit ROSAT gut detektierten Quellen mit den 41 schwach detektierten vergleicht. In diesem Vergleich können zusätzlich auch die Röntgendaten mit einbezogen werden. Im eindimensionalen K-S Test (siehe Tabelle 3.2) gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Samples bei den Leuchtkraftdichten und α_r. Bei den intrinsischen Größen differieren lediglich die Verteilungen der Rotverschiebung, bei den abgeleiteten Größen die Verteilungen von α_{rx} und der Röntgenflußdichte (siehe auch Abbildung 3.9). Abbildung 3.10 zeigt den Kern des Unterschiedes zwischen den beiden Samples. Während im linken Diagramm l_r - z die

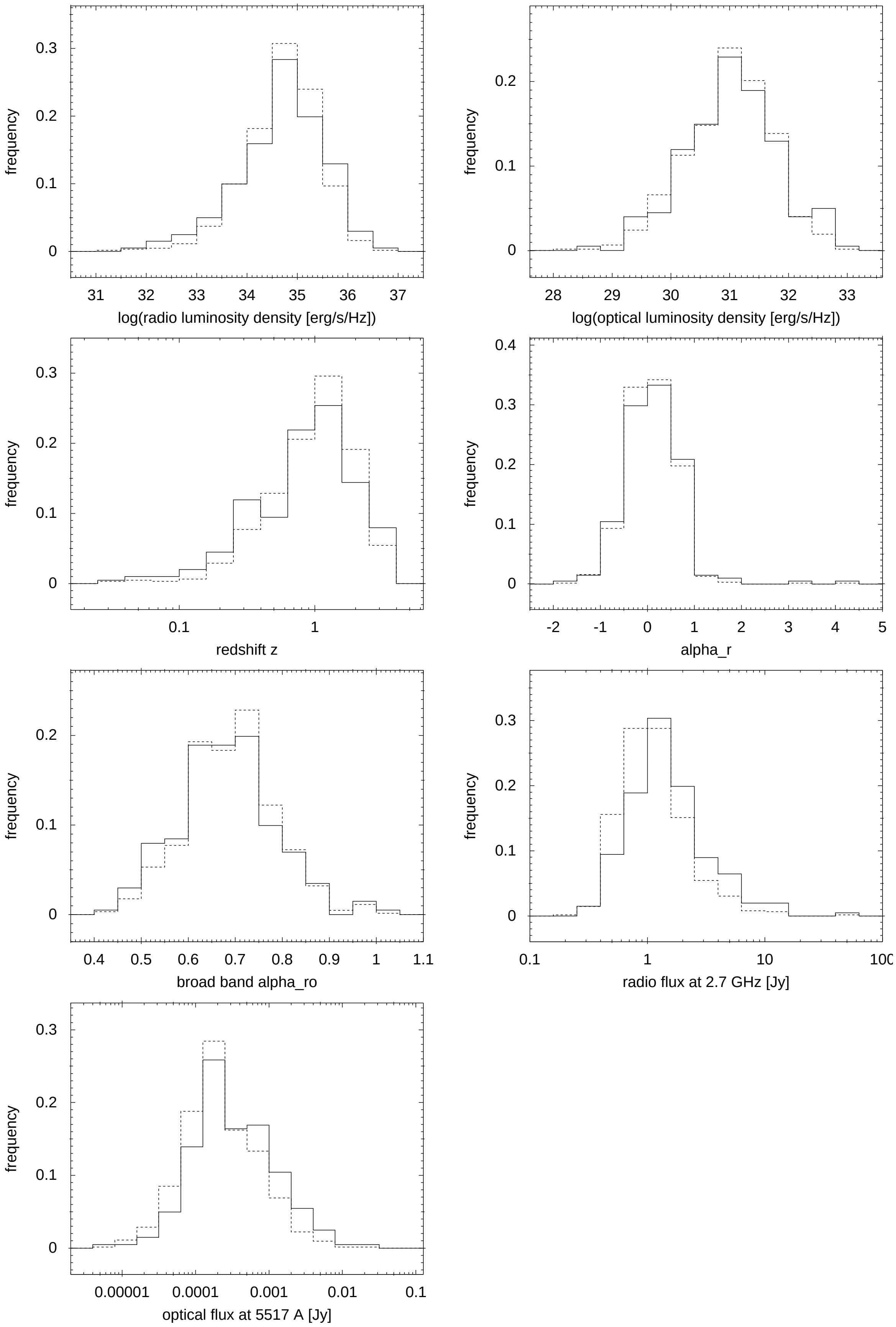


Abb. 3.8: *Verteilung der optischen und Radiogrößen im Sample aller 622 radiolauten AGN (- - -) und im Subsample der im ROSAT Gesichtsfeld liegenden 201 AGN (—). Die Fläche unter den Verteilungen ist auf 1 normiert.*

Tabelle 3.2: *Vergleich zwischen den 160 gut detektierten und den 41 schwach detektierten radiolauten AGN mit Hilfe eines eindimensionalen K-S Tests bezüglich aller gemessenen Größen außer α_x (siehe auch Tabelle 3.1).*

	D	$P(D)$
l_r	0.257	0.164
l_o	0.137	0.975
l_x	0.227	0.337
z	0.372	0.0023
α_r	0.317	0.023
α_{ro}	0.210	0.476
α_{rx}	0.556	$3.5 \cdot 10^{-8}$
α_{ox}	0.320	0.021
f_r	0.275	0.096
f_o	0.318	0.022
f_x	0.623	$1.8 \cdot 10^{-10}$

schwach detektierten Quellen sich mit den gut detektierten sehr gut vertragen, ist im rechten Diagramm l_x - z der Abbildung 3.10 der Unterschied sehr deutlich. Im Radio- und optischen Bereich sind die Samples fast identisch, im Röntgenbereich hingegen haben bei gleicher Rotverschiebung die gut detektierten Quellen eine höhere Leuchtkraftdichte als die schwach detektierten. Dies wirkt sich umgehend auf die Flußdichte f_x und ebenso auf den Breitbandspektralindex α_{rx} aus. Betrachtet man dazu noch die Größen $N_{\rm H}$, off-axis-Winkel und Beobachtungsdauer, die für die Detektierung der Quellen in ROSAT Beobachtungen ein wesentliche Rolle spielen, so verstärkt sich das Bild noch. Die schwach detektierten Quellen, die sich gut unter die Verteilung der gut detektierten Quellen mischen, weisen überwiegend erschwerte ROSAT Bedingungen auf. So ist entweder die galaktische Wasserstoffsäulendichte $N_{\rm H}$ in Richtung der Quelle extrem hoch, der off-axis-Winkel sehr groß, oder eine Kombination aus beidem, oder die Beobachtungsdauer ist ziemlich kurz. Somit verbleiben immer noch Quellen, die trotz gleicher Radioleuchtkraftdichte deutlich röntgenschwächer sind als die übrigen Quellen. Somit ist das Sample der 160 gut detektierten Quellen nicht sehr repräsentativ für die radiolauten AGN, da die röntgenschwachen Objekte zu wenig darin vertreten sind.

Aus zwei Gründen werden im folgenden jedoch nur die 160 gut detektierten Quellen zur weiteren Analyse verwendet. Der ausschlaggebende Grund ist, daß hier für ein sehr großes Sample neben den Radio- und optischen Daten auch sehr gute Röntgendaten aus pointierten ROSAT Beobachtungen vorliegen, aus deren Spektren der Spektralindex α_x recht genau bestimmt werden kann. Schartel *et al.* (1996) haben aus Daten des ROSAT All Sky Surveys (RASS) eine starke Korrelation zwischen α_x und z für Quasare gefunden, die natürlich auch in diesem Sample untersucht bzw. mit berücksichtigt werden soll. Das zweite Argument für die 160 Quellen ist, daß nur 1/5 der Quellen im ROSAT Gesichtsfeld ignoriert werden zu Gunsten der reichhaltigen α_x-Daten. Selbst-

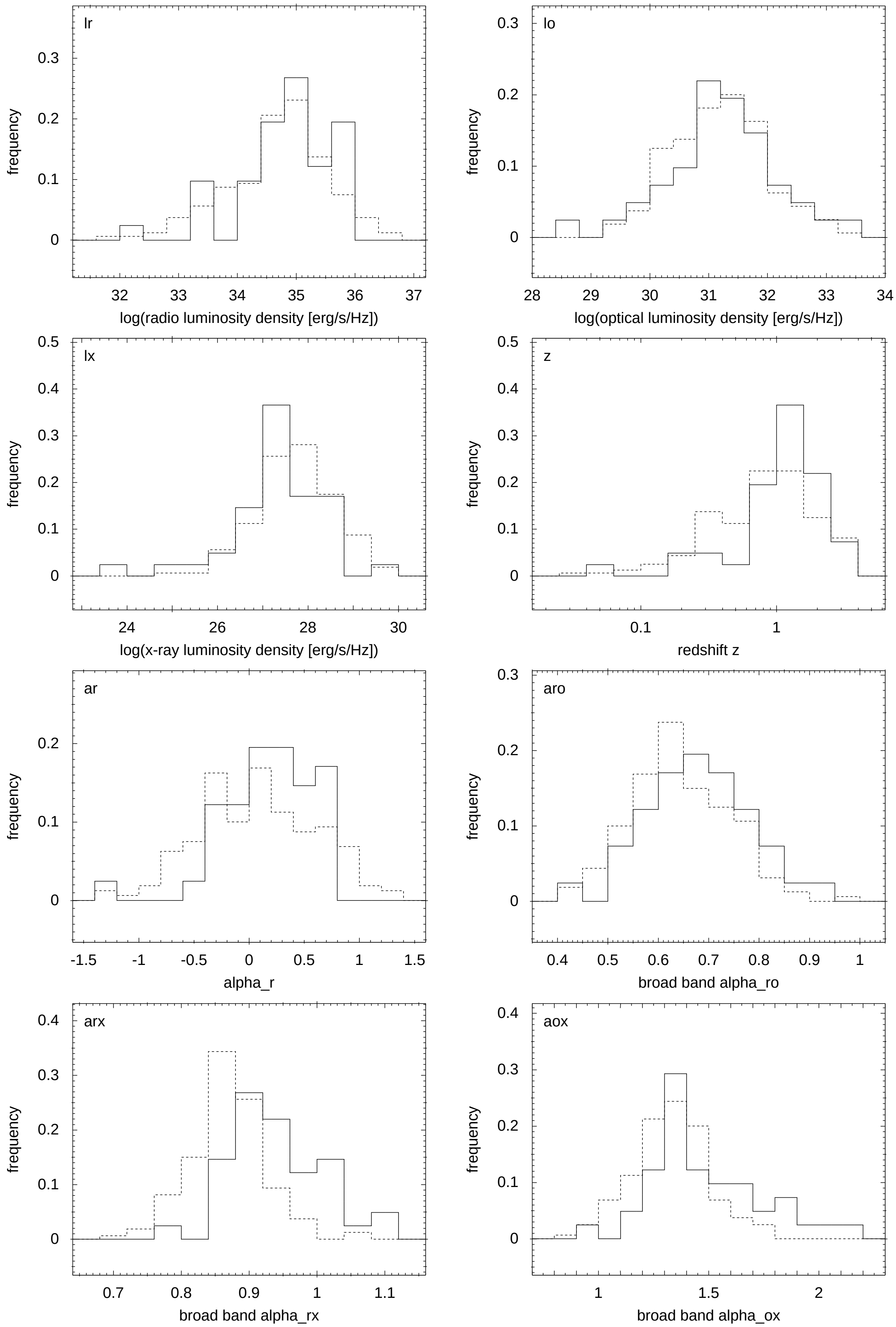


Abb. 3.9: *Verteilung aller Größen im Sample der 160 gut detektierten radiolauten AGN (- - -) und im Sample der 41 schwach detektierten (—). Die Fläche unter den Verteilungen ist auf 1 normiert.*

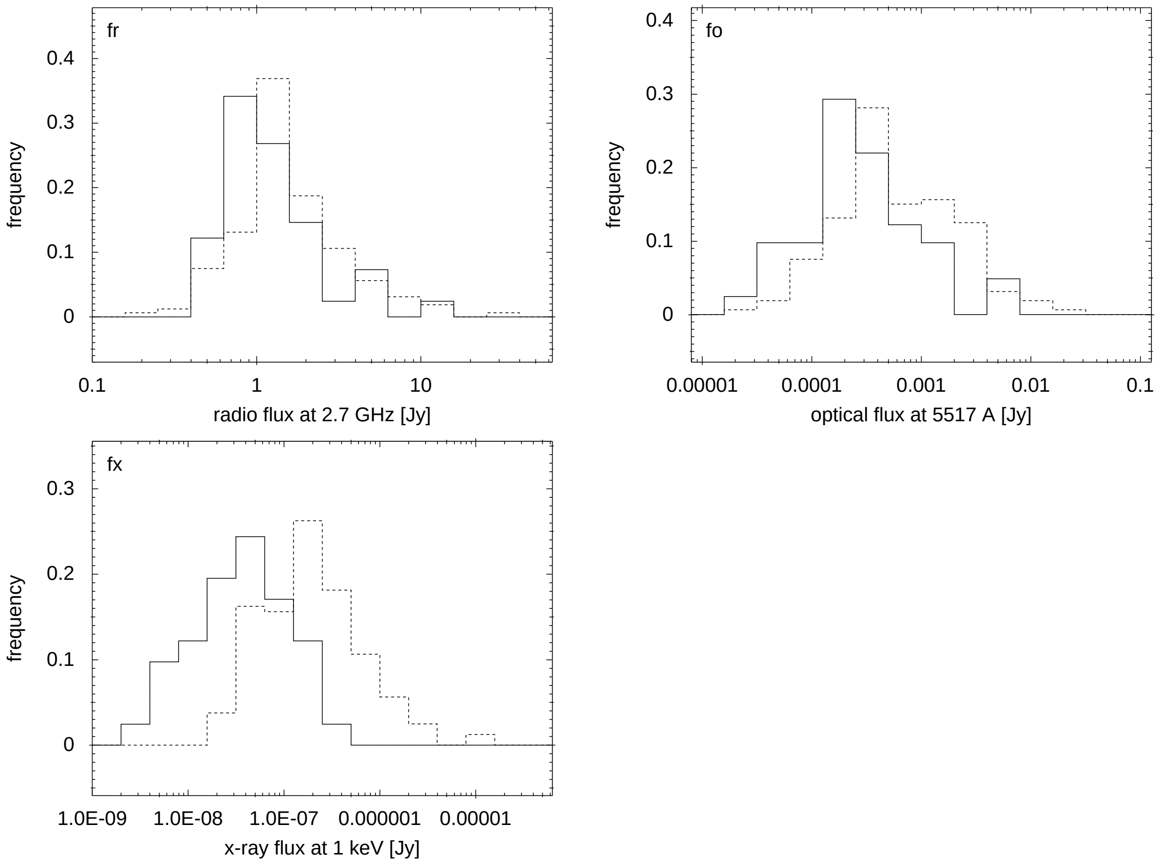


Abb. 3.9: *(Fortsetzung) Verteilung aller Größen im Sample der 160 gut detektierten radiolauten AGN (- - -) und im Sample der 41 schwach detektierten (—).*

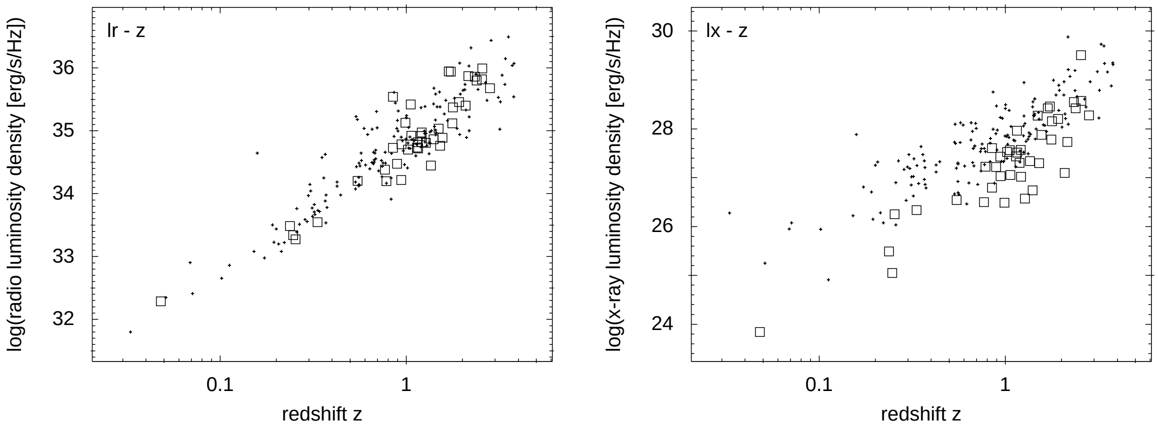


Abb. 3.10: *Verteilung von l_r - z und l_x - z im Sample der 160 gut detektierten radiolauten AGN (kleine Kreuze) und im Sample der 41 schwach detektierten (Quadrate).*

verständlich wird dieses eine Fünftel in die Bewertung der Daten und Ergebnisse wieder mit einbezogen. Der Einfachheit halber werden im folgenden nun diese 160 gut detektierten Quellen als “das Sample” bezeichnet, sofern nicht anders angegeben.

3.6 Korrelationen im Sample

Zurückgreifend auf das Ende des Abschnitts 3.4 liegen nun für dieses Sample sieben intrinsische Größen (l_ν, α_ν für die drei Energiebereiche und z) und sechs weitere abgeleitete Größen vor (f_ν und die Breitbandspektralindizes). Der optische Spektralindex α_o wird aus den eben dort genannten Gründen bei der Betrachtung dieser Größen ausgeklammert. Versucht man nun, die Variationen und Verteilungen dieser intrinsischen und abgeleiteten Parameter und ihre Abhängigkeit untereinander zu erklären, so kann man sich auf die intrinsischen beschränken, da sich die weiteren Parameter zwanglos daraus ergeben. Somit können Zusammenhänge zwischen intrinsischen und abgeleiteten Größen oder zwischen den abgeleiteten Größen selbst nicht isoliert, sondern nur vor dem Hintergrund der Verteilung aller intrinsischer Parameter betrachtet werden. Selbst bei diesen müssen noch die Auswahleffekte berücksichtigt werden, die durch die Zusammenstellung des Samples entstehen, z.B. durch das Weglassen der 41 schwach detektierten Quellen.

Anhand der Korrelationen aller Größen untereinander (bei 12 Größen sind dies 66 Korrelationen), berechnet mit Hilfe eines Spearman Rangkorrelationstests (siehe Abschnitt 2.3.3 und Tabelle 3.3), soll dies näher erläutert werden. Die Korrelation zwischen den Leuchtkraftdichten und der Rotverschiebung (siehe Abbildung 3.11 l_r - z, l_o - z und l_x - z) läßt sich qualitativ sehr einfach erklären. Unterhalb der Punktwolke fehlen Datenpunkte, weil diese potentiellen Quellen zu schwach für eine Detektion sind oder unter das Selektionskriterium $f_{5\,\mathrm{GHz}} > 0.5$ Jy fallen. Oberhalb der Punktwolke verhindert die Evolutionstheorie der Quasare zusätzliche Datenpunkte, weil in der jüngeren kosmologischen Geschichte keine leuchtkräftigen Quasare mehr entstanden sind (Rees 1991). Daraus resultieren auch die Korrelationen zwischen den Leuchtkraftdichten selbst (siehe Abbildung 3.11 l_r - l_o, l_o - l_x). Bei diesen wird die Korrelation zwischen l_r und l_o noch durch das Selektionskriterium $\alpha_{ro} > 0.4$ verstärkt.

Die Korrelationen der Breitbandspektralindizes untereinander bzw. mit den Leuchtkraftdichten ist rein mathematischer Natur. Liegen nämlich bei den Frequenzen ν_r, ν_o und ν_x eine Reihe von Meßpunkten l_r, l_o und l_x vor, und werden die Breitbandspektralindizes nach Formel (3.12) berechnet, so ergibt sich prinzipiell immer eine Antikorrelation zwischen α_{ro} und α_{ox} und jeweils eine positive Korrelation zwischen α_{ro} und α_{rx} bzw. α_{ox} und α_{rx} (siehe auch Abbildung 3.11 α_{ro} - α_{rx}, α_{ro} - α_{ox} und α_{rx} - α_{ox}).

Das Vorhandensein einer Korrelation läßt also noch keine direkten Schlüsse auf die dahinter liegende Physik zu, vielmehr ist diese Korrelation eine Kombination aus Physik,

Tabelle 3.3: *Alle 66 Korrelationen zwischen den 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen (α_o ausgenommen) des Samples. r_s ist der Korrelationskoeffizient des Spearman Rangkorrelationstests und $P(r_s)$ ist das dazugehörige Signifikanzniveau. $P(r_s)$ gibt die Wahrscheinlichkeit an, daß bei der vorliegenden Verteilung der beiden untersuchten Größen die gefundene Korrelation zufällig auftritt. Bei $P(r_s) < 2.7 \cdot 10^{-3}$ (3σ-Niveau) ist die Zufallswahrscheinlichkeit schon sehr klein und die Korrelation entsprechend signifikant. Die entsprechenden zweidimensionalen Darstellungen sind in Abbildung 6.1 wiedergegeben.*

		r_s	$P(r_s)$
f_r	f_o	0.208	$8.36 \cdot 10^{-03}$
f_r	f_x	0.455	$1.50 \cdot 10^{-09}$
f_r	α_r	0.240	$2.20 \cdot 10^{-03}$
f_r	α_x	−0.028	$7.26 \cdot 10^{-01}$
f_r	l_r	0.204	$9.70 \cdot 10^{-03}$
f_r	l_o	−0.089	$2.62 \cdot 10^{-01}$
f_r	l_x	0.052	$5.16 \cdot 10^{-01}$
f_r	α_{ro}	0.418	$3.74 \cdot 10^{-08}$
f_r	α_{rx}	0.240	$2.26 \cdot 10^{-03}$
f_r	α_{ox}	−0.246	$1.69 \cdot 10^{-03}$
f_r	z	−0.213	$6.97 \cdot 10^{-03}$
f_o	f_x	0.602	$3.84 \cdot 10^{-17}$
f_o	α_r	0.031	$7.01 \cdot 10^{-01}$
f_o	α_x	0.293	$1.70 \cdot 10^{-04}$
f_o	l_r	−0.339	$1.17 \cdot 10^{-05}$
f_o	l_o	0.063	$4.27 \cdot 10^{-01}$
f_o	l_x	−0.198	$1.23 \cdot 10^{-02}$
f_o	α_{ro}	−0.737	$1.08 \cdot 10^{-28}$
f_o	α_{rx}	−0.369	$1.61 \cdot 10^{-06}$
f_o	α_{ox}	0.535	$3.15 \cdot 10^{-13}$
f_o	z	−0.469	$3.79 \cdot 10^{-10}$
f_x	α_r	−0.001	$9.93 \cdot 10^{-01}$
f_x	α_x	0.118	$1.39 \cdot 10^{-01}$
f_x	l_r	−0.210	$7.78 \cdot 10^{-03}$
f_x	l_o	−0.097	$2.21 \cdot 10^{-01}$
f_x	l_x	0.065	$4.14 \cdot 10^{-01}$
f_x	α_{ro}	−0.261	$8.39 \cdot 10^{-04}$
f_x	α_{rx}	−0.635	$1.78 \cdot 10^{-19}$
f_x	α_{ox}	−0.275	$4.43 \cdot 10^{-04}$
f_x	z	−0.420	$3.13 \cdot 10^{-08}$
α_r	α_x	0.211	$7.30 \cdot 10^{-03}$
α_r	l_r	0.022	$7.85 \cdot 10^{-01}$
α_r	l_o	−0.073	$3.57 \cdot 10^{-01}$

		r_s	$P(r_s)$
α_r	l_x	−0.110	$1.67 \cdot 10^{-01}$
α_r	α_{ro}	0.122	$1.24 \cdot 10^{-01}$
α_r	α_{rx}	0.223	$4.60 \cdot 10^{-03}$
α_r	α_{ox}	0.032	$6.91 \cdot 10^{-01}$
α_r	z	−0.075	$3.43 \cdot 10^{-01}$
α_x	l_r	−0.349	$6.07 \cdot 10^{-06}$
α_x	l_o	−0.190	$1.59 \cdot 10^{-02}$
α_x	l_x	−0.325	$2.68 \cdot 10^{-05}$
α_x	α_{ro}	−0.301	$1.09 \cdot 10^{-04}$
α_x	α_{rx}	−0.097	$2.24 \cdot 10^{-01}$
α_x	α_{ox}	0.301	$1.12 \cdot 10^{-04}$
α_x	z	−0.345	$8.08 \cdot 10^{-06}$
l_r	l_o	0.788	$3.73 \cdot 10^{-35}$
l_r	l_x	0.871	$1.50 \cdot 10^{-50}$
l_r	α_{ro}	0.406	$1.01 \cdot 10^{-07}$
l_r	α_{rx}	0.205	$9.24 \cdot 10^{-03}$
l_r	α_{ox}	−0.269	$5.84 \cdot 10^{-04}$
l_r	z	0.882	$1.80 \cdot 10^{-53}$
l_o	l_x	0.855	$7.38 \cdot 10^{-47}$
l_o	α_{ro}	−0.172	$2.99 \cdot 10^{-02}$
l_o	α_{rx}	−0.132	$9.69 \cdot 10^{-02}$
l_o	α_{ox}	0.107	$1.77 \cdot 10^{-01}$
l_o	z	0.818	$7.35 \cdot 10^{-40}$
l_x	α_{ro}	0.146	$6.50 \cdot 10^{-02}$
l_x	α_{rx}	−0.224	$4.33 \cdot 10^{-03}$
l_x	α_{ox}	−0.382	$6.12 \cdot 10^{-07}$
l_x	z	0.847	$3.88 \cdot 10^{-45}$
α_{ro}	α_{rx}	0.571	$3.37 \cdot 10^{-15}$
α_{ro}	α_{ox}	−0.609	$1.26 \cdot 10^{-17}$
α_{ro}	z	0.221	$4.92 \cdot 10^{-03}$
α_{rx}	α_{ox}	0.210	$7.76 \cdot 10^{-03}$
α_{rx}	z	0.087	$2.72 \cdot 10^{-01}$
α_{ox}	z	−0.190	$1.61 \cdot 10^{-02}$

Selektion und reiner Mathematik. Die Mathematik ist noch einfach davon zu separieren, die Trennung von Physik und Selektion gestaltet sich hingegen meist schwieriger, da dann beide Komponenten modelliert werden müssen. Selbst bei der Größe des vorliegenden Samples enthalten die Modelle zu viele Parameter, um eine konkrete Aussage über Physik und Selektion zu machen.

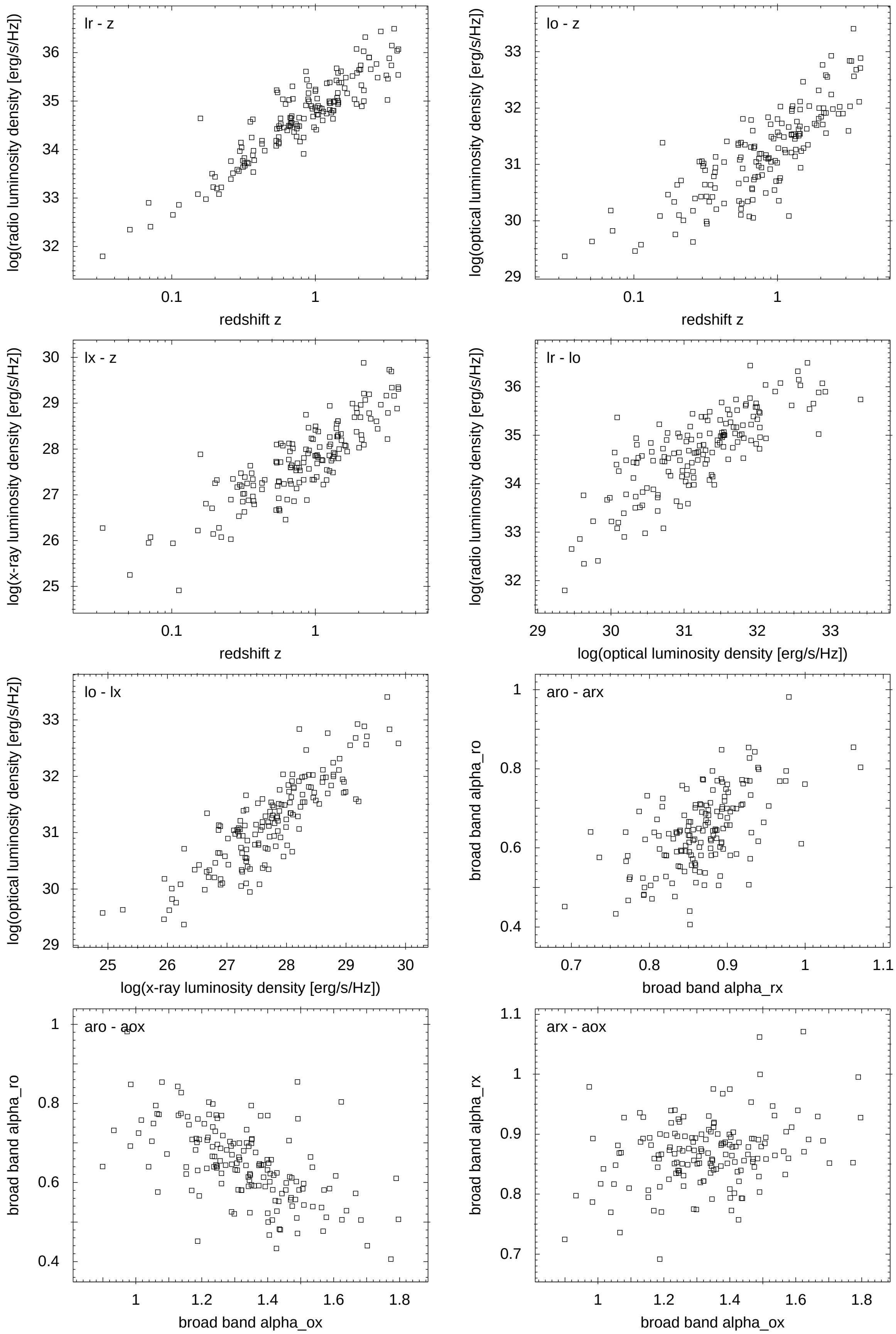


Abb. 3.11: *Einige Größen des Samples in zweidimensionaler Darstellung (Auszug aus der Abbildung 6.1).*

3.7 Das Modell

Um dem geschilderten Problem des vorangegangenen Abschnitts zu begegnen, werden mit Hilfe einer Principal Components Analyse (siehe Abschnitt 2.3.4) die intrinsischen Größen des Samples durch einen Satz voneinander unabhängiger Parameter beschrieben. Es kann zwar mit Hilfe der PCA an sich schon ein Sample von Quellen auf eine Reihe von Eigenschaften untersucht werden, wie es z.B. auch Dultzin-Hacyan & Ruano (1996) bzw. Boroson & Green (1992) getan haben, jedoch bleiben die Unsicherheiten bestehen, daß die PCA nämlich nur lineare Beziehungen findet, entsprechend auf Ausreißer reagiert und nicht invariant gegenüber der Skalierung der Variablen ist (siehe ebenfalls Abschnitt 2.3.4). Wird jedoch aufgrund der PCA ein Modell erstellt und dieses Modell ist dann mit den Daten des ursprünglichen Samples verträglich, so sind damit die oben genannten Unsicherheiten der PCA ausgeräumt. Neben der Interpretation der Hauptachsen der PCA können darüber hinausgehende Aussagen z.B. über die Korrelationen im Sample gemacht werden.

3.7.1 Grundlagen des Modells

Die wichtigste Grundlage des Modells ist das Sample selbst. Mit Hilfe einer Principal Components Analyse des Sample findet man einen neuen Satz von Größen, die unabhängig voneinander sind und das Sample genauso beschreiben wie die ursprünglichen Größen. Wie schon im vorherigen Abschnitt 3.6 beschrieben, reicht es dabei völlig aus, sich auf die intrinsischen Größen des Samples zu beschränken, da sich die anderen zwanglos daraus ergeben. Die Transformation zwischen den ursprünglichen und den neuen Größen ist durch die Drehmatrix der PCA gegeben. Diese Methode liefert aber kein analytisches Modell, sondern nur ein implizites Modell. Dies besteht darin, daß man die Verteilungen der neuen Größen unabhängig voneinander simulieren kann, die dann mit Hilfe der Drehmatrix in das System der ursprünglichen Größen transformiert werden. Somit kann man anhand des ursprünglichen Samples neue Samples beliebigen Umfangs erzeugen. Diese simulierten Samples haben natürlich nur etwas mit dem ursprünglichen Sample gemeinsam, wenn die Grundannahme der PCA zutrifft, daß die Zusammenhänge zwischen den Größen linear sind.

Um diese Grundannahme annähernd zu gewährleisten, gehen die Leuchtkraftdichten l_ν und die Rotverschiebung mit ihrem Logarithmus $\log l_\nu$ bzw. $\log z$ in die PCA ein (siehe auch Abbildung 3.11 l_r - z), α_r und α_x gehen unverändert ein. Der optische Spektralindex α_o muß aus der PCA ausgenommen werden, da α_o nur die diskreten Werte 0.5 oder 1.0 annimmt. Somit wird die PCA nur für einen sechsdimensionalen Datenraum angewendet, die Verteilung von α_o wird unabhängig davon betrachtet.

Nach der Anwendung der Drehmatrix der PCA bezogen auf den Schwerpunkt der Datenpunkte des Originalsamples liegen diese dann im neuen gedrehten sechsdimensionalen Koordinatensystem der Hauptachsen der PCA $(l_1, \ldots, l_6)$. Die Verteilung dieser neuen

Größen $l_1, \ldots, l_6$ läßt sich recht einfach simulieren. Zunächst sortiert man die Werte jeder dieser Größen in aufsteigender Reihenfolge und bildet um jeden Datenpunkt ein Intervall. Dabei liegt die Intervallgrenze genau in der Mitte zwischen zwei Werten, und für die beiden äußersten Werte wird die jeweils innere Intervallgrenze nach außen gespiegelt. Wird dann eines dieser Intervalle per gleichförmig verteilter Zufallsverteilung ausgewählt, und innerhalb dessen Grenzen ein Wert mit einer ebenfalls gleichförmig verteilten Zufallsverteilung bestimmt, so haben, bei beliebig häufiger Wiederholung dieser Prozedur, diese zufällig ausgewählten Werte genau die entsprechende gewünschte Verteilung.

Nach diesem Verfahren wird iterativ im System der neuen Größen $l_1, \ldots, l_6$ ein sechsdimensionaler Datenpunkt ausgewürfelt und mit Hilfe der transponierten Drehmatrix der PCA wieder ins ursprüngliche Koordinatensystem $(\log l_\nu, \log z, \alpha_r, \alpha_x)$ zurück transformiert. Daraus werden dann die Flußdichten und Breitbandspektralindizes berechnet. Danach wird überprüft, ob die anfänglichen Auswahlkriterien aus Abschnitt 3.1.2 erfüllt bleiben. Hat der Datenpunkt ein $\alpha_{ro} < 0.4$ oder $f_{5\,\mathrm{GHz}} < 0.5$ Jy oder $z < 0.01$ (dann ist die Quelle zu nah, um als Quasar zu gelten), so wird er verworfen und ein neuer Datenpunkt ausgewürfelt.

3.7.2 Prinzip des Vergleichs zwischen Modell und Sample

Leider kann man dieses implizite Modell nicht direkt mit dem Originalsample vergleichen, so daß anhand des Modells Samples in beliebiger Größe simuliert werden, die dann mit dem Originalsample verglichen werden. Die Verträglichkeit des Modells, das den simulierten Samples zugrunde liegt, mit dem ursprünglichen Sample wird mit ein- und zweidimensionalen K-S Tests (siehe Abschnitte 2.3.1 und 2.3.2) überprüft. Zusätzlich werden alle Korrelationen aus dem Spearman Rangkorrelationstest (siehe Abschnitt 2.3.3) zwischen den simulierten Samples und dem ursprünglichen Sample verglichen. Der zweidimensionale K-S Test und der Vergleich der Korrelationen ergänzen sich dabei durchaus. Zeigt der K-S Test schon eine gute Übereinstimmung der zweidimensionalen Verteilungen, reagiert der Spearman Rangkorrelationstest empfindlicher auf kleine Unterschiede und somit sind die resultierenden Korrelationssignifikanzen auch leicht verschieden. Anderseits können natürlich die Korrelationssignifikanzen zweier zweidimensionaler Verteilungen identisch sein, und der zweidimensionale K-S Test findet signifikante Unterschiede in den Verteilungen, wenn z.B. die Verteilungen einfach gegeneinander verschoben sind. Es sei noch einmal betont, daß der Vergleich der Korrelationen zwischen Modell und Sample nicht das Hauptanliegen dieser Vorgehensweise ist, weil eventuell die Art und Stärke der Korrelationen das Objekt von weitergehenden Untersuchungen sein könnten. Vielmehr hat im vorliegenden Fall der Vergleich der Korrelationen nur den Charakter eines weiteren zweidimensionalen Vergleichstest.

Die Verteilungen der 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen aus dem Ursprungssample mit 160 Quellen werden mit denen aus einem simulierten Sample von 160 000 Quellen durch den eindimensionalen K-S Test verglichen. Das simulierte Sample ist damit hinreichend groß, so daß statistische Schwankungen vernachlässigt werden können.

Da der Vergleich der 12 eindimensionalen Verteilungen die Samples nicht eindeutig bestimmen, werden noch die daraus resultierenden 66 zweidimensionalen Verteilungen verglichen. Die einfachste Art des Vergleichs mit einem simulierten Sample von 160 000 Quellen durch den zweidimensionalen K-S Test unter Verwendung der Signifikanz nach Formel (2.7) kann in diesem Fall nicht verwendet werden. Wie schon in Abschnitt 2.3.2 erwähnt, gibt es neben dieser Formel noch die Möglichkeit, mit Hilfe einer eigenen Monte Carlo Simulation die Signifikanz der Übereinstimmung zwischen den Samples zu ermitteln. Es hat sich im Vergleich dieser beiden Methoden leider herausgestellt, das für die vorliegenden Samples die berechneten Signifikanzniveaus stark differieren. Danach wird durch die Formel (2.7) die Übereinstimmung zwischen den Samples als viel zu gut eingeschätzt. Der Grund für diese übermäßige Gutmütigkeit der Formel ist unklar. Daher wird nur die zweite Methode der Monte Carlo Simulation zur Bestimmung des Signifikanzniveaus benutzt. Dabei wird der D-Referenzwert als der Mittelwert der D-Werte zwischen dem ursprünglichen Sample und 1000 simulierten Samples von je 1600 Quellen berechnet. Zusätzlich werden 1000 synthetische D-Werte erzeugt aus dem Vergleich zwischen simulierten Samples von 160 bzw. 1600 Quellen. Die Beschränkung auf Samples von 1600 statt 160 000 Quellen beruht darauf, daß für Samples von letzterer Größe die Rechenzeit des zweidimensionalen K-S Algorithmus unverhältnismäßig lang ist. Die statistischen Schwankungen sind trotzdem gering, d.h. bei mehrfacher Wiederholung dieses Vergleichs mit anderen simulierten Samples ergeben sich fast identische Signifikanzniveaus.

Schließlich werden noch die Korrelationen des ursprünglichen Samples mit denen aus dem Modell verglichen. Dafür wird bei 10 000 simulierten Samples mit je 160 Quellen für alle 66 Korrelationskombinationen jeweils die Signifikanz der Korrelation bestimmt, so daß sich für jede Korrelation eine Verteilung der Signifikanzen ergibt. Damit läßt sich die Lage der Korrelationssignifikanz des ursprünglichen Samples in dieser Verteilung bewerten, ob und wie weit sie vom Zentrum der Verteilung abweicht.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Vergleich zwischen Modell und Sample

4.1.1 Vergleich zwischen 6-Achsen Modell und Sample

Gehen die 6 Größen l_r, l_o, l_x, α_r, α_x und z über die Principal Components Analyse und α_o unabhängig davon in das Modell ein (sog. 6-Achsen Modell), so ergibt sich im Vergleich dieses Modells mit dem ursprünglichen Sample folgendes Bild.

Der eindimensionale K-S Test zeigt, daß die Verteilungen der 12 Größen von Originalsample und Modell sehr gut übereinstimmen (siehe Tabelle 4.1). Bei den intrinsischen Größen mag man denken, daß sich dies zwangsläufig ergeben muß, weil das Modell so konstruiert ist. Das ist ein Trugschluß, denn dieses Ergebnis kann nur dann herauskommen, wenn die Zusammenhänge zwischen den Größen rein linear sind, wie es die PCA annimmt. Die Verteilungen der Größen im ursprünglichen Sample sind in Abbildung 6.2 wiedergegeben, in der die simulierten Verteilungen zwar nicht eingezeichnet sind, sich aber auch kaum von der Originalverteilung unterscheiden.

Auch der zweidimensionale K-S Test findet eine sehr gute Übereinstimmung zwischen dem Originalsample und dem Modell (siehe Abbildung 6.3). Bei keiner der 66 zweidimensionalen Verteilungen weicht der D-Wert des Samples signifikant von der Verteilung der D-Werte der simulierten Samples ab. In erster Näherung stellen dabei die Signifikanzen der 66 D-Werte des Samples ein Stichprobenverteilung dar, d.h. der Prozentsatz der jeweiligen synthetischen D-Werte oberhalb — analog dazu auch unterhalb — des entsprechenden D-Wertes des Samples sollte in der Form einer Gaußkurve, die um 50% zentriert ist, verteilt sein. Spiegelt man diese Verteilung an ihrer Mitte, um die Statistik bei nur 66 Werten zu verbessern, und beschränkt sich damit auf einen Flügel der Gaußkurve, so zeigt Abbildung 4.1 im linken Bild, daß diese Verteilung (Datenpunkte mit Fehlerbalken) in der Tat einer Gaußkurve (Histogrammlinie) entspricht.

Tabelle 4.1: *Mit Hilfe eines eindimensionalen K-S Tests werden die Verteilungen der 12 Größen des Samples mit ihren Verteilungen aus dem 6-Achsen Modell verglichen. $P(D)$ ist die Signifikanz, daß sich die Verteilungen nicht unterscheiden. Die Größe des simulierten Samples ist 160 000 (siehe auch Abschnitt 3.7.2). Für große Werte von $P(D)$ stimmen die Verteilungen der Größen gut überein und erst für $P(D) < 2.7 \cdot 10^{-3}$ (3σ-Niveau) sind die Verteilungen signifikant verschieden.*

	D	$P(D)$
l_r	0.112	0.231
l_o	0.095	0.512
l_x	0.071	0.917
α_r	0.063	0.976
α_x	0.131	0.072
z	0.116	0.188

	D	$P(D)$
f_r	0.119	0.157
f_o	0.102	0.380
f_x	0.084	0.720
α_{ro}	0.087	0.658
α_{rx}	0.121	0.138
α_{ox}	0.066	0.957

Bei den Korrelationen im Sample stellt sich ebenso heraus, daß sie und die Verteilungen der simulierten Korrelationen sehr gut zusammenpassen (siehe Abbildung 6.4). Außerdem sind auch hier die Prozentanteile der simulierten Korrelationen links wie rechts von den Korrelationen des Samples gaußförmig verteilt (siehe Abbildung 4.1 rechts).

Somit läßt sich feststellen, daß das 6-Achsen Modell sehr gut die vorliegenden Daten des Samples beschreibt. Jedoch bleibt noch zu testen, ob nicht ein einfacheres Modell die gleichen Bedingungen erfüllt, d.h. ob nicht vielleicht eine Größe, die in PCA eingeht, doch unabhängig simuliert werden kann.

4.1.2 Vergleich zwischen 5-Achsen Modell und Sample

Anhand der Tabelle 3.3 kommt dafür nur α_r in Frage, das außer mit α_x mit keiner anderen intrinsischen Größe korreliert ist. Somit wird bei dem 5-Achsen Modell neben α_o auch α_r unabhängig simuliert.

Im Vergleich mit Hilfe des eindimensionalen K-S Tests zeigt sich, daß eigentlich nur die Verteilung von f_r im Originalsample durch dieses 5-Achsen Modell schlechter ($D = 0.136, P(D) = 0.050$) wiedergeben wird als durch das 6-Achsen Modell ($D = 0.119$, $P(D) = 0.157$). Dies wirkt sich auch auf den Vergleich durch den zweidimensionalen K-S Test aus. Bei allen zweidimensionalen Verteilungen, in denen f_r vorkommt, stimmt das 5-Achsen Modell vergleichsweise schlechter mit dem ursprünglichen Sample überein als das 6-Achsen Modell (siehe Abbildung 4.2). Beim Vergleich der Korrelationen zwischen dem Originalsample und den beide Modellen ergibt sich Ähnliches. Da im 5-Achsen Modell α_r unabhängig von den anderen intrinsischen Größen ist, sagt dieses Modell entsprechend auch keine Korrelationen zwischen α_r und anderen Größen vorher. Genau diese im Sample aber vorhandenen Korrelationen kann das 6-Achsen Modell wiedergeben (siehe Abbildung 4.3). Somit ist das 5-Achsen Modell im Vergleich zu verwerfen, da

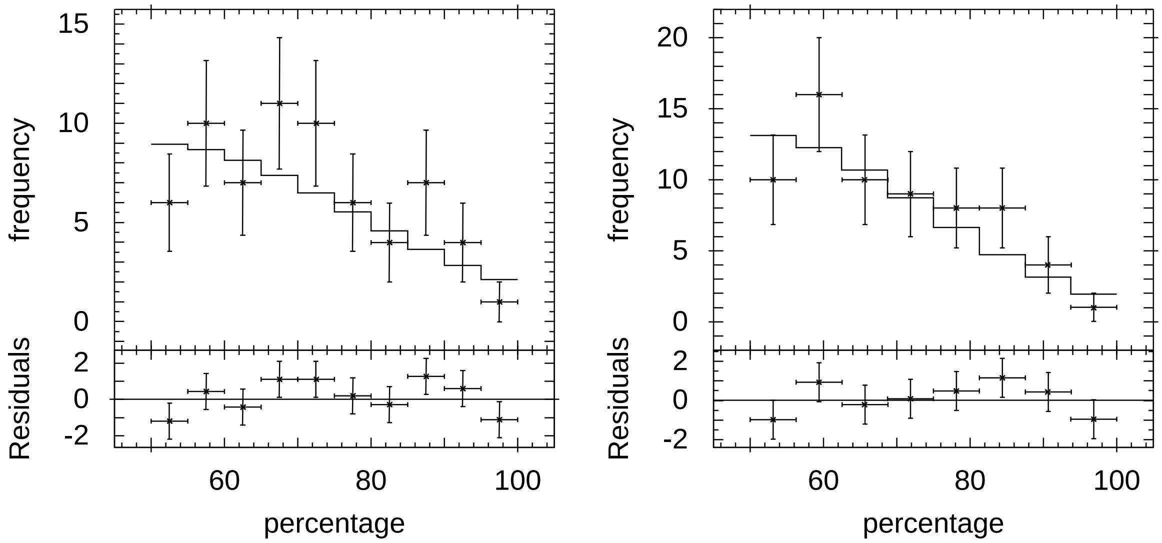


Abb. 4.1: *Die Verteilung der 66 Signifikanzen aus dem zweidimensionalen K-S Test (links) und dem Spearman Rangkorrelationstest (rechts), die sich direkt aus den Abbildungen 6.3 und 6.4 ergeben. Die Fehlerbalken der Datenpunkte sind in y-Richtung durch den Poissonfehler der Anzahl der Werte in dem jeweiligen Bin und in x-Richtung durch die Bingröße gegeben. Als Histogrammlinie ist dazu der Fit einer Gaußkurve gezeichnet. Daraus ergibt sich ein σ der Gaußkurve zu $\sigma = 28.0 \pm 7.5$ für das linke Bild und $\sigma = 24.0 \pm 4.8$ für das rechte Bild. Die Fehler sind 1σ-Fitfehler, wobei das Gaußzentrum fixiert ist.*

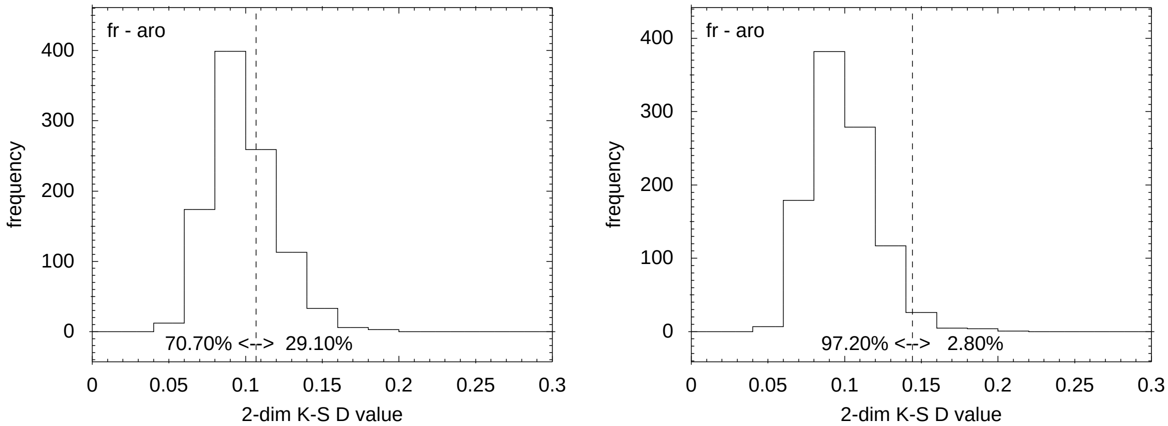


Abb. 4.2: *Verteilung der D-Werte des zweidimensionalen K-S Tests aus den simulierten Samples des 6-Achsen Modells (links) und 5-Achsen Modells (rechts) im Vergleich zum D-Wert des Originalsamples (senkrechte gestrichelte Linie) am Beispiel der Verteilung von f_r und α_{ro}. Das 6-Achsen Modell paßt deutlich besser (siehe auch Abschnitt 3.7.2 und Abbildung 6.3).*

zur Reproduktion der Eigenschaften des Originalsamples α_r nicht unabhängig von den anderen fünf Größen gesehen werden kann.

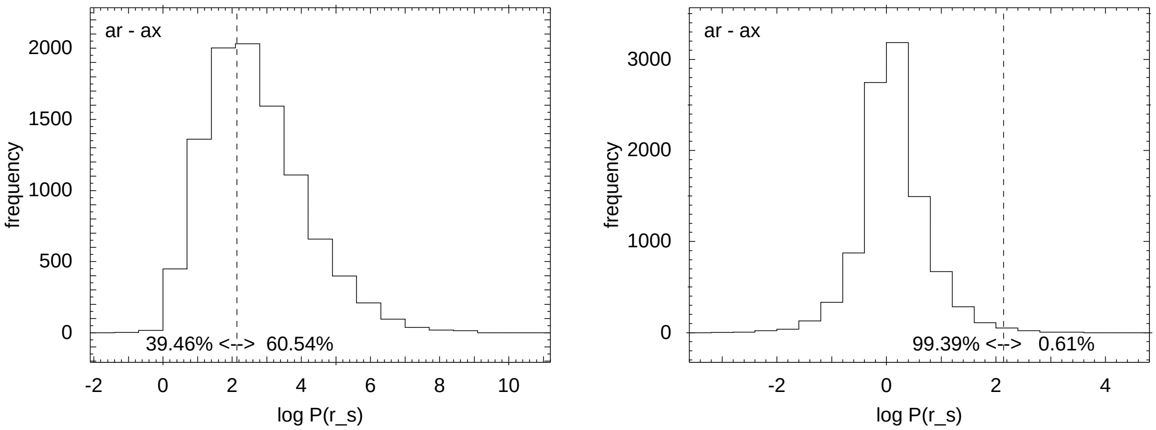


Abb. 4.3: *Verteilung der Korrelationswahrscheinlichkeiten $P(r_s)$ aus den simulierten Samples des 6-Achsen Modells (links) und 5-Achsen Modells (rechts) im Vergleich zur Korrelationswahrscheinlichkeit des Originalsamples (senkrechte gestrichelte Linie) am Beispiel der Verteilung von α_r und α_x. Das 5-Achsen Modell kann diese Korrelation nur sehr unzureichend reproduzieren (siehe auch Abschnitt 3.7.2 und Abbildung 6.4).*

4.1.3 Anmerkungen zum Vergleich

Bei diesen Vergleichen zwischen Modell und Sample bzw. zwei Modellen müssen noch ein paar Aspekte beleuchtet werden. Es gibt für diese Art des Vergleichs zwischen Modell und Sample keinen mathematischen Test, der die Güte der Übereinstimmung quantifiziert, wie z.B. ein χ^2-Test. Zwei Bedingungen sollten jedoch erfüllt sein: Zum einen müssen die Signifikanzen nach einer Stichprobenverteilung gaußförmig verteilt sein. Zum anderen darf diese Gaußverteilung nicht zu breit sein, weil dann die Signifikanzniveaus aus den Flügeln der Gaußverteilung auf eine zu starke Diskrepanz zwischen den zu vergleichenden Samples hinweisen.

Bei dem Vergleich zwischen den beiden Modellen muß man sich davor hüten, dies in Analogie zu einem χ^2-Test zu sehen. Das würde nämlich implizieren, daß das 6-Achsen Modell einen freien Parameter mehr hat als das 5-Achsen Modell und somit immer besser passen müßte. Dies ist aber nicht der Fall. Es gibt durchaus zweidimensionale Verteilungen oder Korrelationen, die durch das 5-Achsen Modell besser wiedergegeben werden als durch das 6-Achsen Modell. Der Unterschied ist nur längst nicht so stark wie im umgekehrten Fall in den Abbildungen 4.2 und 4.3. Es gibt daher auch keine Art von F-Test, der den Unterschied zweier Modelle im χ^2-Test quantifizieren kann.

4.2 Erste Ergebnisse des Vergleichs

Als wichtigstes Ergebnis ist festzuhalten, daß das 6-Achsen Modell (im folgenden nur noch "Modell" genannt) das Sample der 160 radiolauten AGN vollständig beschreibt. Dieses Modell kann alle Eigenschaften des Samples, die hier betrachtet werden, ohne Einschränkung reproduzieren. Dies ist keine Selbstverständlichkeit. Vielmehr folgt daraus,

Tabelle 4.2: *Die Eigenvektoren $l_1, \dots, l_6$ und Eigenwerte der Principal Components Analyse für das Sample der 160 gut detektierten AGN. Die Eigenwerte sind zum einem absolut angegeben, zum anderen als Prozentsatz der Summe aller Eigenwerte. Dieser Prozentsatz bedeutet, daß z.B. 74% der Variation im Originalsample durch Variation entlang des Vektors l_1 entsteht. Der Ursprung des Koordinatensystems der Eigenvektoren ist der Schwerpunkt des Originalsamples. Die aus den Eigenvektoren gebildete 6×6-Matrix ist die transponierte Drehmatrix der PCA (siehe Abschnitt 2.3.4).*

Eigen-	Eigenwerte		Komponenten der Eigenvektoren in Richtung					
vektor	abs.	%	$\log l_r$	$\log l_o$	$\log l_x$	$\log z$	α_r	α_x
l_1	326.0	74.04	0.565	0.508	0.583	0.254	−0.027	−0.130
l_2	48.7	11.06	−0.127	−0.038	0.029	0.007	−0.921	−0.364
l_3	32.5	7.39	−0.333	0.467	0.106	−0.077	−0.272	0.762
l_4	16.9	3.84	−0.589	0.538	0.065	−0.152	0.265	−0.516
l_5	13.2	3.00	0.317	0.475	−0.802	0.156	−0.068	−0.048
l_6	3.0	0.67	0.327	0.090	0.006	−0.939	−0.046	−0.025

daß die Grundannahme des Modells bzw. der Principal Components Analyse zutrifft, die rein lineare Beziehungen zwischen den eingehenden Größen voraussetzt. Weil dieses lineare Modell das Sample richtig beschreibt, müssen diese Beziehungen zwischen $\log l_r$, $\log l_o$, $logl_x$, α_r, α_x und $\log z$ linear sein. Diese Linearität wird durch die Hauptachsen bzw. Eigenvektoren der Principal Components Analyse beschrieben (siehe Tabelle 4.2). Die Interpretation bzw. die anschauliche Bedeutung der Hauptachsen folgt später im Abschnitt 4.4.

l_1 ist die Hauptachse, entlang derer das Sample am meisten elongiert ist. Da diese Hauptachsen die Variation im Sample vollständig beschreiben, ist die Summe der Eigenwerte dieser Eigenvektoren ein Maß für diese Variation und somit der Anteil der einzelnen Eigenwerte an ihrer Summe ein Maß für die Variation entlang dieser Achse. Diese Hauptachsen sind der Kern des Modells, durch sie ist die Physik und die Selektion des Samples vollständig parametrisiert, aber noch nicht unbedingt separiert.

In Abbildung 4.4 ist das Sample im System der Hauptachsen zu sehen. Deutlich ist die Dominanz der ersten Hauptachse l_1 zu erkennen sowie die Tatsache, daß das Sample sehr homogen ist und nicht in Gruppierungen zerfällt, die im System der intrinsischen Größen nicht auffallen. Mit Hilfe des Spearman Rangkorrelationstests kann auch verifiziert werden, daß die Größen $l_1, \dots, l_6$ nicht miteinander korrelieren.

Ein weiteres Ergebnis läßt sich auch sofort aus dem Vergleich ableiten. Obwohl α_o unabhängig von den anderen intrinsischen Größen modelliert werden kann, dementsprechend der Wert von α_o keinen Einfluß auf die anderen Größen hat, kann daraus nicht gefolgert werden, daß es keinen Unterschied zwischen Quasaren und BL Lac Objekten gibt. Im Originalsample können zwar diese beiden Typen sowohl an ihrer Klassifikation als auch am optischen Spektralindex α_o unterschieden werden, aber Letzteres geht auch nur, weil es in Abschnitt 3.4 so definiert wird. Vielmehr ist die Unabhängigkeit von α_o im

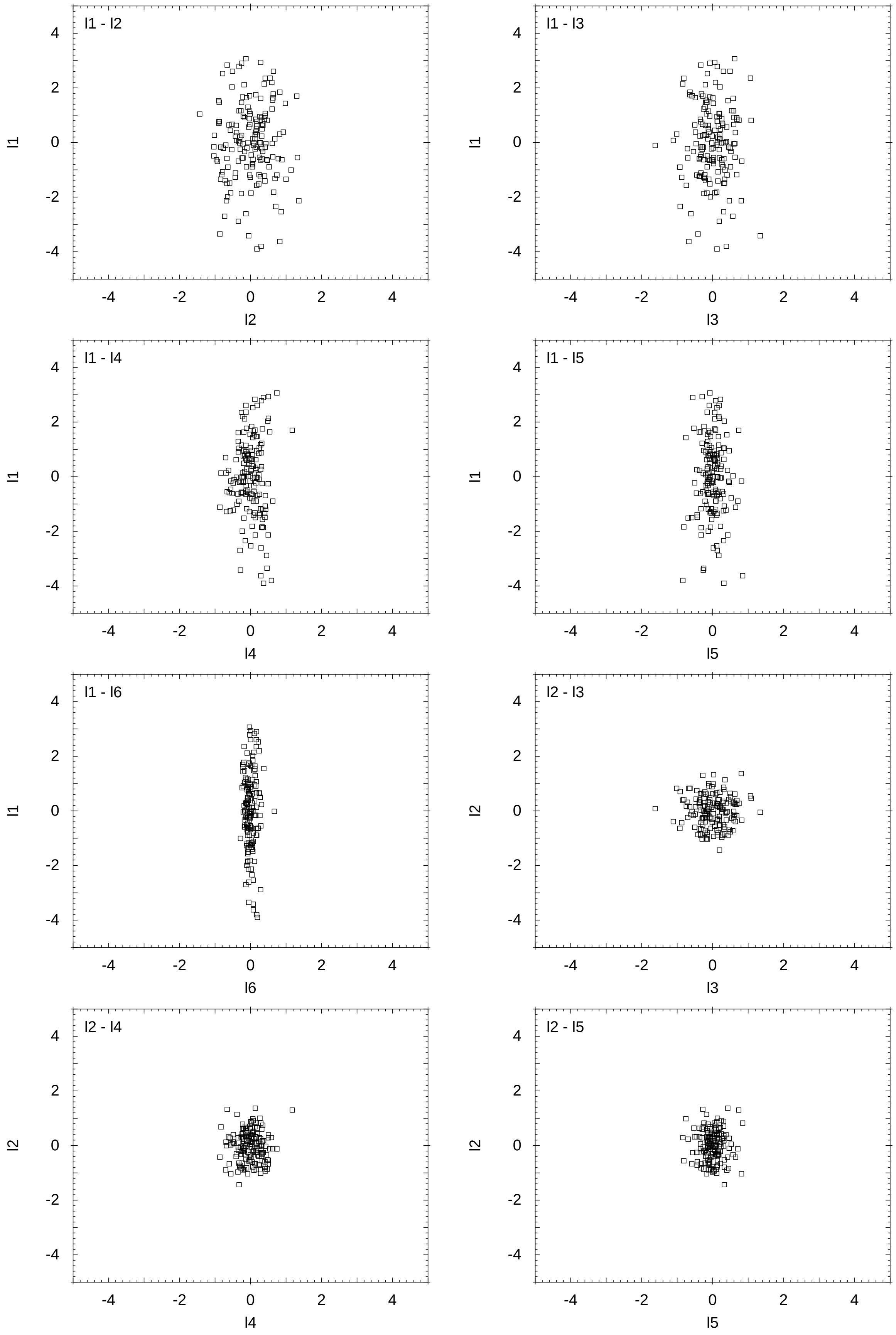


Abb. 4.4: *Das Originalsample im Koordinatensystem der 6 Hauptachsen (Eigenvektoren) der PCA. Der Ursprung des Koordinatensystems ist der Schwerpunkt des Originalsamples.*

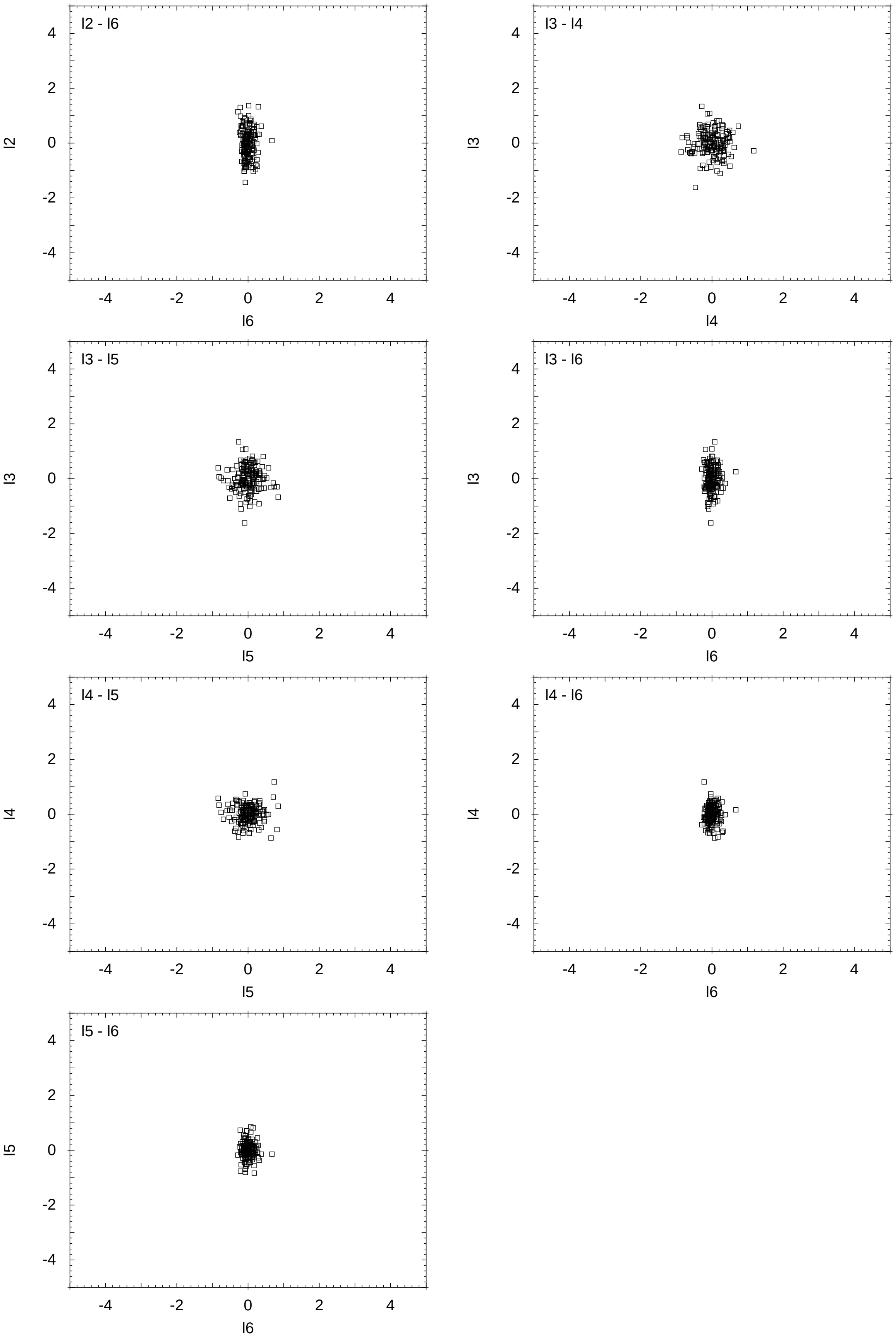


Abb. 4.4: *(Fortsetzung) Das Originalsample im Koordinatensystem der 6 Hauptachsen (Eigenvektoren) der PCA.*

Modell ein klarer Hinweis darauf, daß dieses α_o eben nicht als Indikator der Klasse benutzt werden darf. Daher ist ein Klassifikation im Modell nach Quasaren und BL Lac Objekten nicht möglich. Zumindest lassen sich im Rahmen der hier betrachteten intrinsischen Größen die BL Lac Objekte gut mit den Quasaren zu einer homogenen Gruppe vermischen.

4.3 Plädoyer für die Principal Components Analyse

Der besondere Vorteil der Principal Components Analyse ist, daß sie alle betrachteten Größen auf einmal analysiert und in einen Zusammenhang bringt. Die Arbeit erleichtert sich zudem durch die Trennung von intrinsischen und abgeleiteten Größen, von denen sich nur die intrinsischen einer PCA zu unterziehen brauchen. Dies hat einen enormen Vorteil gegenüber zweidimensionalen Analysemethoden, die dann wiederholt für verschieden Paarungen von den zu untersuchenden Größen angewendet werden müssen. Zwar können diese Analysemethoden die Fehler der Meßwerte z.T. vollständig berücksichtigen, d.h. die Ergebnisse der Analysen sind dann invariant gegen Vertauschen der x- und y-Achse, aber die Ergebnisse können ihre Tücken haben.

Bekannt ist das Problem, wenn man an zweidimensionale Daten mit Fehlerbalken in beiden Richtungen ein Gerade anpassen will, dazu aber einen χ^2-Fit verwendet, der nur Fehlerbalken in eine Richtung berücksichtigt. Je nachdem welche Fehlerbalken man verwendet, erhält man zwei Geradengleichungen, deren Steigungen meist sehr verschieden sind. Dieser mathematischen Falle kann man aber durch einen Fit entgehen, der die Fehler in beiden Richtungen einbezieht (siehe z.B. Press *et al.* 1992).

Im dreidimensionalen Raum gibt es wieder ein ähnliches Problem. Wendet man z.B. die PCA, die ebenso invariant gegen Vertauschen der Achsen ist, getrennt auf die Paarkombinationen (l_r, l_o), (l_o, l_x) und (l_r, l_x) an, so lassen sich die Hauptachsen durch Geradengleichungen ausdrücken, die der obigen mathematischen Falle entgangen sind. Kombiniert man nun die Geradengleichungen der ersten beiden Paare, so sollte die der dritten Paarung herauskommen. Dies ist hier nicht der Fall, auch wenn die Unterschiede nicht gravierend sind. Hier schlummert offensichtlich die dreidimensionale Abart dieser mathematischen Falle. Demzufolge ist eine zweidimensionale Analysemethode nicht adäquat bei dreidimensionalen Daten. Dieses Problem läßt sich elegant mit einer PCA für alle drei Größen vermeiden.

Außerdem impliziert eine Gleichung der Form $\log l_x = m \cdot \log l_o + b$ eine Aussage derart, daß l_x eine Funktion von l_o ist und damit l_o die Ursache und l_x die Wirkung. Eine solche Aussage entspricht natürlich nicht der Physik, selbst wenn beide Größen sich aus ein und derselben dritten Größe herleiten und somit ein direkter Zusammenhang besteht. Zumindest neuere zweidimensionale Analysemethoden, wie in Brinkmann *et al.* (1997), unterscheiden nicht mehr zwischen Ursache und Wirkung bzw. unabhängigen und abhängigen

Größen. Entscheidend ist doch aber, daß die Analysemethode den Daten angemessen sein sollte. Mehrdimensionale Daten verlangen auch nach mehrdimensionalen Werkzeugen, wie z.B. der PCA, auch wenn sie keine Meßfehler berücksichtigt.

Auf eine weitere Problemquelle bei der zweidimensionalen Analyse muß noch hingewiesen werden. Es ist gefährlich, aus einer Beziehung zwischen einer intrinsischen und einer abgeleiteten Größe, wie z.B. l_o und α_{ox}, weitere Folgerungen abzuleiten. Diese beiden Größen sind eben nicht unabhängig voneinander, so daß z.B. eine Regressionsanalyse irreführende Ergebnissen liefern kann (Lamer *et al.* 1997, Brinkmann *et al.* 1997). Auch dieses Problem läßt sich mit einer Principal Components Analyse umgehen. Geht nämlich in die PCA eine Größe ein, die rein mathematisch von einer oder mehreren Größen abhängt, die ebenfalls in die PCA eingehen, so führt dies dazu, daß kein Eigenvektor der PCA eine Komponente in Richtung dieser Größe hat und der letzte Eigenvektor der Nullvektor mit dem Eigenwert Null ist. Die PCA eliminiert einfach die abhängigen Größen aus der Betrachtung. Es kann wirklich nur eindringlich darauf hingewiesen werden, den Unterschied zwischen abhängigen und unabhängigen Größen unbedingt zu beachten.

4.4 Interpretation des Modells

Wie schon zuvor gesagt, enthalten die Hauptachsen als Kern des Modells die ganze Physik und alle Selektionseffekte des Samples. Die Frage ist nur, was läßt sich separieren, und was ist ununterscheidbar miteinander verwoben? Betrachtet man noch einmal die Eigenwerte der Hauptachsen in Tabelle 4.2, so dominieren die ersten beiden Hauptachsen und können zusammen schon 85% der Variation im Sample erklären. Das Ignorieren der Meßfehler in der PCA führt aber nach Francis *et al.* (1992) in der Regel dazu, daß bei den ersten Hauptachsen zum einen die Komponenten unkorrekt gewichtet werden und zum anderen ihr Beitrag zur Variation des Samples unterschätzt wird. Damit sind die ersten beiden Achsen eher noch dominanter, und die verbleibenden vier Achsen stellen wohl nur noch das Rauschen im Sample dar, das die Datenpunkte um die ersten beiden Hauptachsen streuen läßt. Deswegen sind diese letzten Achsen noch lange nicht irrelevant für das Sample, die Variation entlang dieser Achsen ist nur im Verhältnis gesehen zu gering, um die zugrunde liegenden physikalischen und Selektionseffekte zu erkennen oder gar auseinanderzuhalten. Die beiden ersten Hauptachsen beschreiben somit zwei "fundamentalere" Größen, aus denen sich zum überwiegenden Teil das Verhalten der sechs intrinsischen Größen ableiten läßt. Durch die PCA reduziert sich so die Dimensionalität des Problems von ursprünglich sechs auf nur noch zwei Dimensionen.

4.4.1 Relevanz der schwach detektierten Quellen für die PCA

Bevor nun die ersten beiden Hauptachsen selbst näher betrachtet werden, soll erst noch der Einfluß der mit ROSAT nur schwach detektierten Quellen auf diese Achsen untersucht werden. Da α_x für diese Quellen nicht mit einbezogen werden kann und

Tabelle 4.3: *Der Eigenvektor l_1 und sein prozentualer Eigenwert der Principal Components Analyse für das Sample der 160 gut detektierten Quellen einerseits und für das Sample aller 201 im ROSAT Gesichtsfeld liegenden Quellen andererseits. In der PCA werden hier nur die Leuchtkraftdichten und die Rotverschiebung berücksichtigt. Der prozentuale Eigenwert ist daher nicht mit dem aus Tabelle 4.2 vergleichbar.*

Eigen-vektor	Eigenwert %	Komponenten des EV in Richtung log l_r	log l_o	log l_x	log z
PCA für 160 gut detektierte radiolaute AGN					
l_1	89.20	0.569	0.515	0.588	0.255
PCA für alle 201 radiolauten AGN					
l_1	87.44	0.550	0.526	0.601	0.242

α_r zur ersten Hauptachse einen vernachlässigbaren Beitrag liefert, wird nur die PCA der Leuchtkraftdichten und Rotverschiebung für das Sample der 160 gut detektierten Quellen mit der für das Sample aller 201 im ROSAT Gesichtsfeld liegenden Quellen verglichen. Erwartungsgemäß ergibt sich zwischen den beiden Samples kein entscheidender Unterschied in der ersten Hauptachse, die für den Vergleich maßgeblich relevant ist (siehe Tabelle 4.3). Die leicht erhöhten Beiträge von l_x und l_o zur ersten Hauptachse im kompletten Sample sind nach Abbildung 3.10 verständlich, aber die prinzipielle Richtung der ersten Hauptachse ändert sich durch Hinzunahme der 41 schwach detektierten Quellen nicht.

4.4.2 Prinzipielle Interpretation der Hauptachsen

Bei der eigentlichen Interpretation der beiden dominanten Hauptachsen aus Tabelle 4.2 ist es nicht angebracht, die exakten Werte der Komponenten detailliert zu analysieren. Sie geben nämlich nur die Korrelationen im Sample wieder (siehe Abschnitt 3.6 und Tabelle 3.3). Daß z.B. die Beiträge der Leuchtkraftdichten zur ersten Hauptachse leicht unterschiedlich sind, liegt an den ebenfalls unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten zwischen diesen Größen. Auch wenn genau dieses Modell mit exakt diesen Hauptachsen das Sample vollständig beschreibt, so ist es angesichts der Vernachlässigung der Meßfehler und der Tatsache, daß die beiden Hauptachsen nicht 100% der Variation des Samples erklären, vielmehr sinnvoll, die Achsen wie durch eine unscharfe Brille zu betrachten, um die allgemeine Richtung der beiden Achsen zu erkennen und somit die zwei "fundamentaleren" Größen eher zu qualifizieren als zu quantifizieren. Nichtsdestoweniger kann das exakte Modell bei der Interpretation der Hauptachsen helfen. Schließlich verhält sich das Sample völlig durchschnittlich, wie es von einem Sample zu erwarten ist, das anhand des Modells in gleicher Größe simuliert wird. Andererseits enthält ein deutlich größeres simuliertes Sample alles an Physik und Selektion wie das ursprüngliche, aber mit entsprechend besserer Statistik, wenn auch ohne Meßfehler der einzelnen Datenpunkte. Alles, was die Daten des Samples hergeben, steckt im Modell. Ein großes simuliertes Sample (im folgenden mit 16 000 Quellen) wirkt dann wie eine Lupe und kann entsprechend hilfreich sein bei der Analyse des Samples (siehe Abschnitt 4.4.3 und 4.4.4). Natürlich darf man keine Wunder erwarten, weil letztendlich das ursprüngliche Sample die Basis des Modells ist.

4.4.3 Die erste Hauptachse

Bei der ersten Hauptachse kann zunächst einmal der Beitrag in Richtung α_r ignoriert werden, da er im Verhältnis zu den anderen Komponenten verschwindend gering ist. Die Korrelationen von α_x mit den Leuchtkraftdichten und z spiegeln sich in der α_x-Komponente der ersten Hauptachse wider. In Abbildung 4.5 sieht man, daß das Verhalten von α_x über z unabhängig von l_x ist. Daher muß die Korrelation von α_x und z die grundlegende sein, und die von α_x und den Leuchtkraftdichten ist dadurch nur induziert.

Dieser Zusammenhang von α_x und z ist auch von Schartel *et al.* (1996) in Daten des ROSAT All Sky Surveys (RASS) gefunden und untersucht worden. Dabei wird im Rahmen eines Zweikomponentenspektrums (flaches Potenzgesetz bei höheren Energien + soft excess bei niedrigeren Energien) dieser Effekt kosmologisch gedeutet, indem das ROSAT Energiefenster (0.1 – 2.4 keV) bei Quellen mit hoher Rotverschiebung zur höheren intrinsischen Energien verschoben ist als bei Quellen mit niedriger Rotverschiebung. Diese offensichtlich intrinsische Eigenschaft des soft excess (Krull 1997) trägt eventuell dazu bei, daß bei der Berechnung von l_x nach Formel (3.11) für Quellen niedriger Rotverschiebung mit dem falschen Spektralindex zur höheren Referenzenergie (siehe Abschnitt 3.4) extrapoliert wird und somit l_x stärker fehlerbehaftet ist als angenommen. Da dieser soft excess zusammen mit dem begrenzten ROSAT Energiefenster den wahren Wert von α_x bei der Referenzenergie verschleiert, wird daher der Beitrag von α_x zur ersten Hauptachse stark überschätzt, zumal bei Energien oberhalb 2 keV α_x eher unabhängig von z ist (Krull 1997). Der Zusammenhang von Rotverschiebung und Leuchtkraftdichten ist, wie schon in Abschnitt 3.6 erwähnt, durch zwei Effekte bestimmt, die Evolution und die Selektion, unter die auch die Sensitivitätsgrenzen der Meßinstrumente fallen sollen. Selbst wenn der Selektionseffekt durch unendlich gute Meßinstrumente entfallen sollte, bleibt die Rotverschiebung untrennbar mit den Leuchtkraftdichten verbunden, da sie auch gleichzeitig für die intrinsische Größe des Alters der Quellen steht.

Somit ist die fundamentale Größe der ersten Achse als eine Art zentraler Energiequelle zu deuten, aus der sich die Leuchtkraftdichten im Radio-, optischen und Röntgenbereich ableiten. Eine direkte Proportionalität mit der Steigung 1 zwischen den Leuchtkraftdichten ist hierbei sogar sehr wahrscheinlich. Diese Proportionalität ist nicht für zeitliche Variationen zu sehen, sondern im energetischen Rahmen zu betrachten. Ändert sich die Intensität der zentralen Energiequelle, so wirkt sich dies auf alle Energiebereiche parallel aus und zwar im gleichen Verhältnis. Steigt die Radioleuchtkraftdichte durch

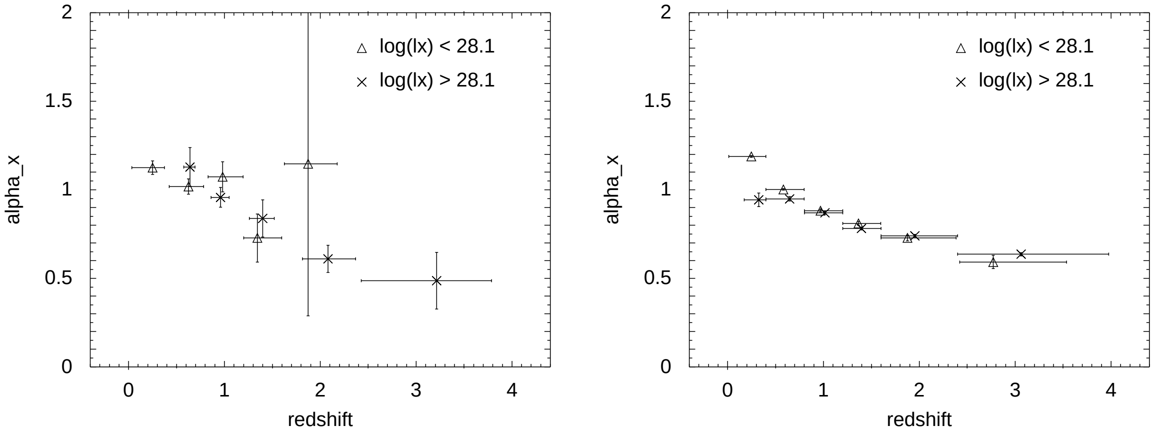


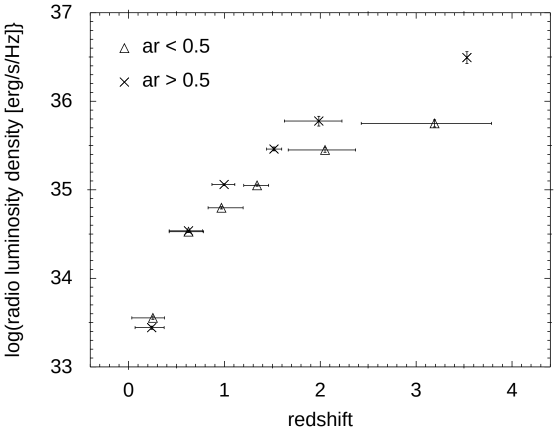
Abb. 4.5: *Das ursprüngliche Sample teilt sich bei* $\log l_x = 28.1$ *in zwei Subsamples, die eine große Spannweite an* z*-Werten haben. In den beiden Bilder ist der Mittelwert von* α_x *in den* z*-Intervallen (0.0, 0.4), (0.4, 0.8), (0.8, 1.2), (1.2, 1.6), (1.6, 2.4) und (2.4, 4.0) gegen* z *für die beiden Subsamples aufgetragen. Das linke Bild enthält die Daten des ursprünglichen Samples, das rechte Bild die Daten des simulierten Samples. Der Fehlerbalken in* α_x*-Richtung ist jeweils die Summe der quadratischen Fehler der einzelnen Werte von* α_x *in dem entsprechenden* z*-Intervall. Für die einzelnen simulierten Werte von* α_x*, die vom Modell her keinen Fehler haben, wird als Fehler der Mittelwert der Fehler von* α_x *des ursprünglichen Samples angenommen (*$\overline{\Delta\alpha_x} = 0.28$*). In* z*-Richtung wird ebenfalls der Mittelwert für jedes Intervall bestimmt. Die Fehlerbalken in* z *geben den Bereich der* z*-Werte im Intervall an. Die Diskrepanz im ersten Bin des simulierten Samples ist auf einen Selektionseffekt durch die Rotverschiebung zurückzuführen.*

die Änderung der Intensität z.B. um den Faktor 2, so gilt das gleiche für die optische und Röntgenleuchtkraftdichte. Dies weist auf einen Erzeugungs- und Umverteilungsmechanismus der Energie hin, wie er von den Synchrotron Self-Compton (SSC) Modellen beschrieben wird (z.B. Jones & Stein 1990).

Dultzin-Hacyan und Ruano (1996) haben ein sehr ähnliches Ergebnis aus einer PCA für Seyfert-1-Galaxien erhalten. Bei ihnen läßt sich die Variation der Leuchtkräfte vom Infrarot- bis Röntgenbereich eines Samples von 37 Seyfert-1-Galaxien zu 87% durch die erste Hauptachse beschreiben. In diese Hauptachse gehen alle Leuchtkräfte zu fast gleichen Teilen ein. So scheint diese zentrale Energiequelle in den radiolauten AGN wie in Seyfert-1-Galaxien gleichermaßen zu arbeiten, nur die absolute Intensität macht den Unterschied zwischen diesen beiden Klassen (siehe Abschnitt 2.1.2). Im Standardmodell der AGN (siehe Abschnitt 2.1.1) sind die relevanten Größen der zentralen Energiequelle die Masse des schwarzen Loches sowie die Akkretionsrate.

4.4.4 Die zweite Hauptachse

Die Beiträge der Leuchtkraftdichten l_o und l_x sowie der Rotverschiebung zur zweiten Hauptachse sind vernachlässigbar. Dominiert wird sie besonders durch die Komponente in Richtung α_r. Betrachtet man den Zusammenhang von l_r und α_r, indem man das Sample in Quellen mit flachem Radiospektrum (FRS, $\alpha_r < 0.5$) und steilem (SRS,



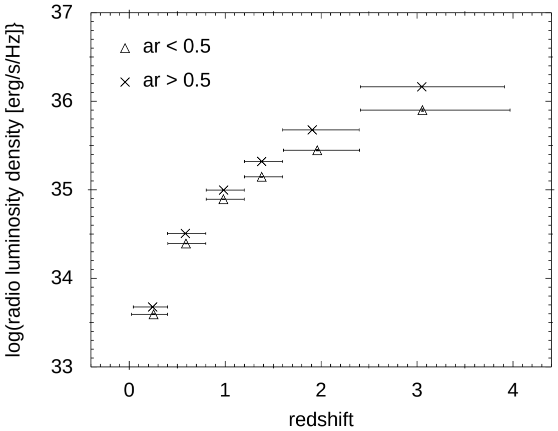


Abb. 4.6: *Die Abhängigkeit l_r von z für AGN mit flachem Radiospektrum ($\alpha_r < 0.5$, Dreiecke) und für AGN mit steilem Radiospektrum ($\alpha_r > 0.5$, Kreuze). Das linke Bild enthält die Daten des ursprünglichen Samples, das rechte Bild die Daten des simulierten Samples. Die Darstellung und Einteilung in z-Intervalle ist analog zu Abbildung 4.5 ($\overline{\Delta l_r} = 0.06$).*

$\alpha_r > 0.5$) unterteilt und l_r über z in z-Intervallen aufträgt (siehe Abbildung 4.6), so erscheinen die SRS Quellen heller als die FRS Quellen. Dies ist jedoch ein reiner Selektionseffekt. Da das Sample bei 5 GHz flußlimitiert ist ($f_{5\,\mathrm{GHz}} > 0.5$ Jy) und die Leuchtkraftdichte l_r über die Flußdichte bei 2.7 GHz bestimmt wird, haben dadurch die SRS AGN im Mittel schon eine höhere Flußdichte bei 2.7 als die FRS AGN. Bestimmt man dann nach Formel (3.11) die Leuchtkraftdichte, so ergibt sich die beobachtete Differenz, die auch mit z zunimmt, wie es auch bei dem simulierten Sample in Abbildung 4.6 zu sehen ist.

Berücksichtigt man bei der Analyse des Beitrages von α_x den Zusammenhang α_x - z und vergleicht α_r mit α_x in Abhängigkeit von z (siehe Abbildung 4.7), so ist das Bild für das ursprüngliche Sample schwer zu deuten. Im Lichte des simulierten Samples ist hingegen klar zu erkennen, daß die SRS AGN eine steileres Röntgenspektrum besitzen als die FRS AGN, wie es auch andere (Brinkmann *et al.* 1997, Brunner *et al.* 1989) festgestellt haben. Beide Typen von AGN haben auch die gleiche Verteilung der Rotverschiebung (eindim. K-S Test: $P(D) = 0.206$), so daß ein Selektionseffekt durch die Rotverschiebung auszuschließen ist. Dieses Ergebnis geht mit der Klassifikation aus Abschnitt 2.1.2 einher, die einen radiomorphologischen Unterschied zwischen Quasaren mit flachen und steilem Radiospektrum beschreibt. Dieser Unterschied kann im Rahmen eines Zweikomponentenmodells für die Radioemission verstanden werden: einerseits eine gerichtete (beamed) flache Spektralkomponente, die bei den FRS AGN dominant ist, und eine eher isotrope steile Komponente bei den SRS AGN. Zusätzlich läuft die Evolution beider Typen wohl parallel ab, da dem Modell zufolge die Differenz in α_x unabhängig von z ist. Dieses Ergebnis konnte bislang von anderen Autoren nicht festgestellt werden. So wird die eigentlich starke Korrelation zwischen α_r und α_x durch den soft excess verschmiert und der Beitrag von α_x zur zweiten Hauptachse unterbewertet.

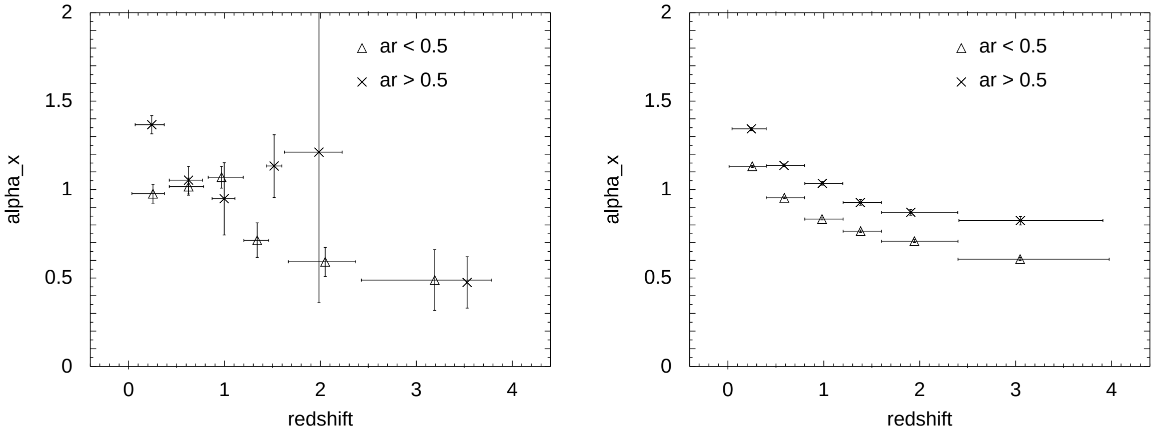


Abb. 4.7: *Die Abhängigkeit α_x von z für AGN mit flachem Radiospektrum ($\alpha_r < 0.5$, Dreiecke) und für AGN mit steilem Radiospektrum ($\alpha_r > 0.5$, Kreuze). Das linke Bild enthält die Daten des ursprünglichen Samples, das rechte Bild die Daten des simulierten Samples. Die Darstellung und Einteilung in z-Intervalle ist analog zu Abbildung 4.5.*

Damit stellt die fundamentale Größe dieser Achse eine Art spektraler Form dar, die nichts über das Breitbandspektrum, sondern nur etwas über das individuelle Spektrum im Radio- und Röntgenbereich aussagt. Dies paßt auch gut in das Bild der Synchrotron Self-Compton (SSC) Modelle. Obwohl Modelle, die die Röntgenemission von einer heißen Akkretionsscheibe erwarten (Dörrer *et al.* 1996), keinen Zusammenhang zwischen Radio- und Röntgenspektralindex enthalten, muß dieses Ergebnis nicht gegen sie sprechen. Die Akkretionsscheibenmodelle versuchen, den soft excess im weichen Röntgenspektrum zu erklären, und beschreiben damit nur eine lokale additive Komponente im Spektrum, die eher unabhängig vom darunterliegenden Spektrum ist.

Übrigens wurde in der Interpretation und den vorangegangenen Abbildungen nicht extra zwischen Quasaren und BL Lac Objekten unterschieden, weil es in den Abbildungen auch keinen Unterschied ergeben würde. Die 26 BL Lac Objekte, die nur bis $z = 1$ reichen und drei Vertreter mit $\alpha_r > 0.5$ haben, scheinen sich in der Tat gut unter die 97 Quasare mit flachem und 37 Quasare mit steilem Radiospektrum mischen zu lassen.

4.5 Diskussion

Zur Einordnung dieser Ergebnisse in den Rahmen früherer Veröffentlichungen bietet sich exemplarisch der Vergleich mit Brinkmann *et al.* (1997) an, die ein Sample von 654 radiolauten Quasaren aus dem ROSAT All Sky Survey (RASS) und aus pointierten Beobachtungen auf Breitbandeigenschaften im Radio-, optischen und Röntgenbereich untersucht haben. Brinkmann *et al.* verwendeten als Definition von radiolaut $\log(f_{5\,\mathrm{GHz}}/f_{2500\,\mathrm{\AA}}) > 1$ und kein zusätzliches Flußlimit im Radiobereich. Es wurden die Proportionalitäten zwischen den Leuchtkraftdichten und der Unterschied zwischen FRS und SRS Quellen untersucht. Zur Analyse wurde überwiegend eine zweidimensionale lineare Regressionsmethode verwendet, die die Fehler in beiden Dimensionen berücksichtigt.

Aufgrund dieser Analysemethode wurden die Korrelationen zwischen den Leuchtkraftdichten getrennt für l_x und l_o bzw. l_x und l_r untersucht. Dazu wurden Gleichungen der Form $\log l_x = \beta \cdot \log l_o + c$ und analog für l_x und l_r benutzt. Die Steigungen für beide Korrelationen ist mit ca. 0.8 ± 0.15 etwas kleiner als 1, während der Wert dieser Steigungen für das Sample der vorliegenden Arbeit aus der PCA mit 1.1 knapp darüber liegt. Dies ist jedoch sicherlich auf die verschiedenen Analysemethoden zurückzuführen, so daß diese Ergebnisse in guter Übereinstimmung sind. Brinkmann *et al.* glauben aber, daß diese reine Linearität keine adäquate Beschreibung ist. In der l_x-l_o Beziehung fanden sie signifikant unterschiedliche Steigungen β für FRS Quellen, deren optischer Leuchtkraftdichten größer bzw. kleiner als $\log l_o = 31.5$ sind. Allerdings war der Fit für die Regressionsgerade mit zwei Steigungen auch nicht entscheidend besser als der mit nur einer einzigen Steigung. In der l_x-l_r Beziehung fanden sie einen ähnlichen Effekt, als sie statt der gesamten Radioleuchtkraftdichte l_r nur die des Kerns $l_{r,c}$ aus interferometrischen Radiomessungen verwendeten. Aber auch hier war der Fit mit zwei Steigungen nicht signifikant besser. Einen deutlich besseren Fit ergab es hingegen, wenn sie l_x als kombinierte Funktion von $l_{r,c}$ und der ausgedehnten Radioleuchtkraftdichte $l_{r,ext}$ betrachteten ($\log l_x = \beta_1 \cdot \log l_{r,c} + \beta_2 \cdot \log l_{r,ext} + c$), im Gegensatz zu einfachen Fits von l_x in Abhängigkeit von l_r oder $l_{r,c}$. Die Aufspaltung der Radioleuchtkraftdichte in $l_{r,c}$ und $l_{r,ext}$ scheint jedoch vielleicht nicht angemessen zu sein, da im optischen und Röntgenbereich wegen der deutlich geringeren räumlichen Auflösung gar nicht zwischen Kern- und ausgedehnter Emission unterschieden werden kann. Über den Radiospektralindex α_r geht zwar das Verhältnis $l_{r,c}/l_{r,ext}$, das nämlich direkt proportional zu α_r ist, in die Analyse des Samples der vorliegenden Arbeit ein, aber l_x zeigt keinerlei Abhängigkeit von α_r. Weder in den Hauptachsen der PCA noch in der direkten Korrelation findet sich ein Zusammenhang dieser beiden Größen, der auf das Resultat von Brinkmann *et al.* hinweisen könnte. Unter Umständen ist dies aber auch auf die deutlich unterschiedlichen Samplegrößen zurückzuführen.

Wie im vorliegenden Sample weisen auch bei Brinkmann *et al.* die FRS AGN ein flacheres Röntgenspektrum auf als die SRS AGN. Andererseits zeigte eine lineare Regressionsanalyse des Zusammenhangs α_x-z bei Brinkmann *et al.*, daß für die beiden Typen die Evolution (Abhängigkeit von z) unterschiedlich ist. Dies ist aber vermutlich falsch. Wie das Modell im rechten Bild der Abbildung 4.7 nahelegt, ist nicht $\alpha_x(z)$ sondern $\alpha_x(\log z)$ eine lineare Funktion, wie es auch die PCA zeigt. Daher stimmte die Linearitätsvermutung der Regressionsanalyse bei Brinkmann *et al.* für diesen Zusammenhang nicht. Allerdings war und ist dies den Daten nicht direkt anzusehen. Brunner *et al.* (1989) fanden den Unterschied in α_x zwischen FRS und SRS AGN nur für ein Subsample von Quellen hoher Röntgenleuchtkraftdichte. Dies paßt sehr gut in das Bild des Modells aus Abbildung 4.7. Denn eine hohe Röntgenleuchtkraftdichte bedeutet auch eine höhere Rotverschiebung, bei der α_x kaum noch von z abhängt. In diesem Fall kann leicht zwischen den FRS AGN und SRS AGN bezüglich α_x unterschieden werden, während über alle Rotverschiebungen betrachtet die Verteilungen von α_x sich sehr stark überlappen, und so der Unterschied zwischen den FRS AGN und SRS AGN verschmiert wird.

Die Beziehungen zwischen den Leuchtkraftdichten wurden von Brinkmann *et al.* auch für FRS und SRS AGN getrennt untersucht. Dabei ergab unter anderem eine Regressionsanalyse für l_x und l_o folgendes Resultat: $\log l_x = \beta_1 \cdot \log l_o + c_1$ für FRS Quellen und $\log l_x = \beta_2 \cdot \log l_o + c_2$ für SRS Quellen mit $\beta_1 \simeq \beta_1$ und $c_1 > c_2$. Daraus folgerten sie, wie auch andere (z.B. Worrall *et al.* 1987), daß die FRS AGN für eine gegebene optische Leuchtkraftdichte l_o im Röntgenbereich heller sind als die SRS AGN. Dies ist zwar mathematisch richtig, aber eine physikalisch unlogische Schlußfolgerung. Eine im mathematischen Sinne dazu völlig äquivalente Aussage ist nämlich auch, daß für eine gegebene Röntgenleuchtkraftdichte l_x die SRS Quellen im optischen Bereich schwächer sind als die FRS Quellen. Zwischen diesen beiden physikalisch unterschiedlichen Aussagen kann man aber nur entscheiden, wenn man z.B. die Leuchtkraftdichten in Abhängigkeit der Rotverschiebung betrachtet (siehe z.B. Abbildung 4.6). Erst dann zeigt sich, ob bei gleicher Rotverschiebung die beiden Typen sich in der optischen oder in der Röntgenleuchtkraftdichte unterscheiden. Eine richtige und logische Schlußfolgerung ist hingegen, daß die FRS AGN röntgenlauter sind, d.h. α_{ox} ($\propto \log(l_x/l_o)$) ist größer als bei den SRS AGN.

4.6 Fazit

Bewußt wurde auf die detaillierte Analyse der Zusammenhänge zwischen den meisten übrigen Größen im Sample verzichtet, da sie den Blick für das Wesentliche, die fundamentalen Größen des Samples, trüben würde. Es scheint, als würde man sonst den Wald vor lauter Bäumen nicht sehen. Im Folgenden seien die Ergebnisse für das Sample der 160 radiolauten AGN noch einmal zusammengefaßt:

- Es gibt ein implizites Modell für dieses Sample, das alle sechs intrinsischen Größen (l_r, l_o, l_x, z, α_r, α_x) und die sechs daraus abgeleiteten Größen (α_{ro}, α_{rx}, α_{ox}, f_r, f_o, f_x) und deren Zusammenhänge vollständig beschreibt. Der Kern des Modells sind die Hauptachsen einer Principal Components Analyse für dieses Sample.
- Weil dieses Modell zutrifft, müssen die Beziehungen zwischen den intrinsischen Größen vollständig linear sein.
- Die beiden dominanten Hauptachsen sind für mindestens 85% der Variationen im Sample verantwortlich. Die Achsen stellen die fundamentalen Größen des Samples dar. Die erste Hauptachse wird als zentrale Energiequelle der AGN interpretiert, deren Intensität alle Leuchtkraftdichten parallel im gleichen Verhältnis beeinflußt.

Die zweite Hauptachse stellt die kombinierte spektrale Form im Radio- und Röntgenbereich dar. Das Verhalten aller Größen des Samples kann somit zu mindestens 85% durch die Variation dieser beiden Größen erzeugt werden.

- Die erste Hauptachse ist das gleiche Ergebnis, das Dultzin-Hacyan und Ruano (1996) für Seyfert-1-Galaxien gefunden haben. Beide Achsen sind in Übereinstimmung mit Synchrotron Self-Compton (SSC) Modellen.
- Die aus früheren Untersuchungen bekannte Korrelation α_x - z wird bestätigt. Sie ist zudem die grundlegende Korrelation für die Korrelationen der Leuchtkraftdichten mit α_x. Ebenso werden frühere Untersuchungen bestätigt, daß AGN mit flachen Radiospektren auch flacherer Röntgenspektren haben als AGN mit steilen Radiospektren. Neu hingegen ist, daß die Evolution (Abhängigkeit von z) für beide Typen gleich ist, d.h. die Differenz in α_x unabhängig von z ist.
- Im Rahmen der hier untersuchten Größen ist es nicht nötig, zwischen BL Lac Objekte und Quasaren zu unterscheiden. Die BL Lac Objekte können problemlos als Quasare niedriger Rotverschiebung durchgehen.
- Diese Ergebnisse können mit gewisser Vorsicht auf alle radiolauten AGN mit $\alpha_{ro} > 0.4$ verallgemeinert werden.

Zum Abschluß bleibt noch einmal zu sagen, daß die PCA erste Wahl sein sollte bei der Analyse vieldimensionaler Daten. Eine Modellierung der Daten von Brinkmann *et al.* (1997) durch eine PCA könnte insbesondere helfen, die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit einzuordnen. Zu guter Letzt stünde noch die Berücksichtigung der Meßfehler in der PCA auch ganz oben auf der Wunschliste für die Zukunft.

5 Literaturverzeichnis

Antonucci, R.R.J. 1993, UNIFIED MODELS FOR ACTIVE GALACTIC NUCLEI AND QUASARS, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **31**, 473.

Babu, G.J. & Feigelson, E.D. 1996, ASTROSTATISTICS, Chapman & Hall London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.

Blandford, R.D., Netzer, H. & Woltjer, L. 1990, ACTIVE GALACTIC NUCLEI, SAAS-FEE ADVANCED COURSE 20, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York.

Bohlin, R.C., Savage, B.D. & Drake, J.F. 1978, A SURVEY OF INTERSTELLAR H I FROM Lα ABSORPTION MEASUREMENTS. II., *Astrophys. J.*, **224**, 132.

Boroson, T.A. & Green, R.F. 1992, THE EMISSION-LINE PROPERTIES OF LOW-REDSHIFT QUASI-STELLAR OBJECTS, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **80**, 109.

Brinkmann, W., Siebert, J., Reich, W., Fürst, E., Reich, P., Voges, W., Trümper, J. & Wielebinski, R. 1995, THE ROSAT AGN CONTENT OF THE 87GB 5 GHZ SURVEY: BULK PROPERTIES OF PREVIOUSLY OPTICALLY IDENTIFIED SOURCES, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **109**, 147.

Brinkmann, W., Yuan, W. & Siebert, J. 1997, BROAD BAND ENERGY DISTRIBUTION OF ROSAT DETECTED QUASARS. I. RADIO-LOUD OBJECTS, *Astron. Astrophys.*, **319**, 413.

Brunner, H., Worrall, D.M., Wilkes, B.J. & Elvis, M. 1989, THE DEPENDENCE OF THE SOFT X RAY SPECTRAL SLOPE WITH RADIO PROPERTY, LUMINOSITY, AND REDSHIFT, FOR A LARGE SAMPLE OF AGN FROM THE EINSTEIN IPC DATA BASE, *Proc. 23rd ESLAB Symposium on Two Topics in X-Ray Astronomy, Vol. 2: AGN and the X-Ray Background (ESA SP-296)*, 905.

Brunner, H., Lamer, G., Worrall, D.M. & Staubert, R. 1994, X-RAY SPECTRA OF A COMPLETE SAMPLE OF EXTRAGALACTIC CORE-DOMINATED RADIO SOURCES, *Astron. Astrophys.*, **287**, 436.

Dörrer, T., Riffert, H., Staubert, R. & Ruder , H. 1996, VERTICAL STRUCTURE AND SPECTRUM OF ACCRETION DISKS IN ACTIVE GALACTIC NUCLEI, *Astron. Astrophys.*, **311**, 69.

Dultzin-Hacyan, D. & Ruano, C. 1996, GENERAL STATISTICS AND PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF MULTIWAVELENGTH PROPERTIES OF SEYFERT GALAXIES, *Astron. Astrophys.*, **305**, 719.

Elvis, M., Green, R.F., Bechtold, J., Schmidt, M., Neugebauer, G., Soifer, B.T., Matthews, K. & Fabbiano, G. 1986, X-RAY SPECTRA OF PG QUASARS. I. THE CONTINUUM FROM X-RAYS TO INFRARED, *Astrophys. J.*, **310**, 291.

Elvis, M., Lockman, F.J., & Wilkes, B.J. 1989, ACCURATE GALACTIC N_{H} VALUES TOWARDS QUASARS AND AGN, *Astron. J.*, **97**, 777.

Fasano, G. and Franceschini, A. 1987, A MULTIDIMENSIONAL VERSION OF THE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **225**, 155.

Francis, P.J., Hewett, P.C., Foltz, C.B. & Chaffee, F.H. 1992, AN OBJECTIVE CLASSIFICATION SCHEME FOR QSO SPECTRA, *Astrophys. J.*, **398**, 476.

Green, P.J., Schartel, N., Anderson, S.F., Hewett, P.C., Foltz, C.B., Brinkmann, W., Fink, H., Trümper, J. & Margon, B. 1995, THE SOFT X-RAY PROPERTIES OF A LARGE OPTICAL QSO SAMPLE: ROSAT OBSERVATIONS OF THE LARGE BRIGHT QUASAR SURVEY, *Astrophys. J.*, **450**, 51.

Hewitt, A. & Burbidge, G. 1993, A REVISED AND UPDATED CATALOG OF QUASI-STELLAR OBJECTS, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **87**, 451.

Jones, T.W. & Stein, W.A. 1990, SECONDARY ELECTRON PRODUCTION AND THE MILLIMETER TO GAMMA-RAY CONTINUUM OF EMMISION-LINE QUASI-STELLAR OBJECTS, *Astrophys. J.*, **349**, 443.

Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M. & Donner, K.J. (Hrsg.) 1990, ASTRONOMIE, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

Krull, F. 1997, SOFT X-RAY EXCESS IN AKTIVEN GALAXIENKERNEN, Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Lamer, G. 1996, DIE RÖNTGENSPEKTREN DER BL-LACERTAE-OBJEKTE UND IDENTIFIKATION VON ROSAT-QUELLEN, Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Lamer, G., Brunner, H. & Staubert, R. 1997, PROPERTIES OF OPTICALLY AND X-RAY SELECTED QUASARS, *Astron. Astrophys.*, **327**, 467.

Lampton, M., Margon, B. & Bowyer, S. 1976, PARAMETER ESTIMATION IN X-RAY ASTRONOMY, *Astrophys. J.*, **208**, 177.

Morisson, R. & McCammon, D. 1983, INTERSTELLAR PHOTOELECTRIC ABSORPTION CROSS SECTION, 0.03–10 KEV, *Astrophys. J.*, **270**, 119.

Müller, C. 1995, RÖNTGENSPEKTREN RADIOLEISER QUASARE, Diplomarbeit, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Murtagh, F. & Heck, A. 1987, MULTIVARIATE DATA ANALYSIS, D. Reidel Publishing Company Dordrecht, Boston, Lancaster, Tokyo.

Peacock, J.A. 1983, TWO-DIMENSIONAL GOODNESS-OF-FIT TESTING IN ASTRONOMY, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **202**, 615.

Pfeffermann, E. & Briel, U.G. 1985, PERFORMANCE OF THE POSITION SENSITIVE PROPORTIONAL COUNTER OF THE ROSAT TELESCOPE, *Proc. SPIE*, **597**, 208.

Pflüger, B. 1995, ROSAT UNTERSUCHUNGEN DES QUASARS 3C 273, Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T, & Flannery, B.P. 1992, NUMERICAL RECIPES - THE ART OF SCIENTIFIC COMPUTING, Cambridge University Press.

Rees, M.J. 1984, BLACK HOLE MODELS FOR ACTIVE GALACTIC NUCLEI, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **22**, 471.

Rees, M.J. 1991, SCHWARZE LÖCHER IN GALAXIENZENTREN, *Spektrum der Wissenschaft*, **1**, 98.

ROSAT - CALL FOR PROPOSALS FOR THE FIRST OBSERVING PERIOD NOVEMBER 1990 - APRIL 1991, TECHNICAL APPENDIX, 1990, Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik.

ROSAT - CALL FOR PROPOSALS FOR THE SECOND OBSERVING PERIOD, TECHNICAL APPENDIX, 1991, Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik.

Seaton, M. J. 1979, INTERSTELLAR EXTINCTION IN THE UV, *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **187**, 73p.

Schartel, N., Walter, R., Fink, H.H. & Trümper, J. 1996, REDSHIFT DEPENDENCE OF SOFT X-RAY QUASAR SPECTRA, *Astron. Astrophys.*, **307**, 33.

Stark, A.A., Gammie, C.F., Wilson, R.W., Bally, J., Linke, R.A., Heiles, C., & Hurwitz, M. 1992, THE BELL LABORATORIES H I SURVEY, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **79**, 77.

Staubert, R., 1992, RECENTS RESULTS ON 3C 273, *MPE Report*, **235**, 42.

Steppe, H., Paubert, G., Sievers, A., Reuter, H.P., Greve, A., Liechti, S., le Floch, B., Brunswig, W., Menedez, C.& Sanchez, S. 1993, MILLIMETER CONTINUUM MEASUREMENTS OF EXTRAGALACTIC RADIO SOURCES. III., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **102**, 611.

Stickel, M., Fried, J.W. & Kühr, H. 1993, THE COMPLETE SAMPLE OF 1 JY BL LAC OBJECTS. II - OBSERVATIONAL DATA, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **98**, 393.

Stickel, M., Meisenheimer, K. & Kühr, H. 1994, THE OPTICAL IDENTIFICATION STATUS OF THE 1 JY RADIO SOURCE CATALOGUE, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **105**, 211.

Trümper, J. 1990a, THE ROSAT MISSION, *IAU Coll.*, **115**, 291.

Trümper, J. 1990b, DER RÖNTGENSATELLIT ROSAT, *Phys. Bl.*, **46**, 137.

Urry, C.M. & Padovani, P. 1995, UNIFIED SCHEMES FOR RADIO-LOUD ACTIVE GALACTIC NUCLEI, *Pub. Astron. Soc. Pac.*, **107**, 803.

Véron-Cetty, M.P. & Véron, P. 1993, QUASARS AND ACTIVE GALACTIC NUCLEI, *ESO Scientific Report*, **13**.

Wilkes, B.J. & Elvis, M. 1987, QUASAR ENERGY DISTRIBUTIONS. I. SOFT X-RAY SPECTRA OF QUASARS, *Astrophys. J.*, **323**, 243.

Worrall, D.M., Giomi, P., Tananbaum, H. & Zamorani, G. 1987, X-RAY STUDIES OF QUASARS WITH THE EINSTEIN OBSERVATORY. IV. X-RAY DEPENDENCE ON RADIO EMISSION, *Astrophys. J.*, **313**, 596.

Zamorani, G., Henry, J.P., Maccacaro, T., Tananbaum, H., Soltan, A., Avni, Y., Liebert, J., Stocke, J., Strittmatter, A., Weymann, R.J., Smith, M.G. & Condon, J.J. 1981, X-RAY STUDIES OF QUASARS WITH THE EINSTEIN OBSERVATORY. II., *Astrophys. J.*, **245**, 357.

Zimmermann, H.U., Becker, W., Belloni, T., Döbereiner, S. Izzo, C., Kahabka, P. & Schwentker, O. 1994, EXSAS USER'S GUIDE, *MPE Report*, **257**.

6 Anhang

Tabelle 6.1: *Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen, die die Grundlage dieser Arbeit bilden.*

Objekt	IAU Name	Position (2000)		z	Klasse
		R.A.	Dekl.		
S5 0014+81	0014+813	$00^h\,17^m\,06.00^s$	$+81°\,35'\,50.7''$	3.384	Quasar
S5 0016+73	0016+731	$00^h\,19^m\,41.67^s$	$+73°\,28'\,13.2''$	1.781	Quasar
3C 9	0017+154	$00^h\,20^m\,19.57^s$	$+15°\,41'\,41.8''$	2.018	Quasar
S4 0024+34	0024+348	$00^h\,26^m\,36.35^s$	$+35°\,09'\,27.5''$	0.333	Quasar
S4 0035+41	0035+413	$00^h\,38^m\,19.72^s$	$+41°\,37'\,48.6''$	1.353	Quasar
OB 565	0039+568	$00^h\,42^m\,14.88^s$	$+57°\,09'\,17.9''$	1.141	Quasar
PKS 0112−017	0112−017	$01^h\,15^m\,10.84^s$	$-01°\,26'\,31.6''$	1.365	Quasar
PKS 0118−272	0118−272	$01^h\,20^m\,23.21^s$	$-27°\,00'\,31.5''$	0.557	BL Lac
PKS 0119+041	0119+041	$01^h\,21^m\,50.76^s$	$+04°\,22'\,57.9''$	0.637	Quasar
PKS 0122−00	0122−003	$01^h\,25^m\,22.54^s$	$-00°\,05'\,23.8''$	1.070	Quasar
PKS 0130−17	0130−171	$01^h\,32^m\,35.81^s$	$-16°\,54'\,17.1''$	1.020	Quasar
3C 47	0133+207	$01^h\,36^m\,18.90^s$	$+20°\,57'\,58.1''$	0.425	Quasar
DA 55	0133+476	$01^h\,36^m\,54.22^s$	$+47°\,52'\,03.2''$	0.859	Quasar
3C 48	0134+329	$01^h\,37^m\,36.16^s$	$+33°\,10'\,07.6''$	0.367	Quasar
PKS 0135−247	0135−247	$01^h\,37^m\,29.88^s$	$-24°\,30'\,08.9''$	0.831	Quasar
PKS 0136+176	0136+176	$01^h\,39^m\,36.23^s$	$+17°\,53'\,38.3''$	2.716	Quasar
PHL 1093	0137+012	$01^h\,39^m\,50.80^s$	$+01°\,32'\,16.1''$	0.258	Quasar
PKS 0142−278	0142−278	$01^h\,44^m\,54.86^s$	$-27°\,32'\,44.3''$	1.157	Quasar
S5 0153+74	0153+744	$01^h\,57^m\,35.09^s$	$+74°\,43'\,16.7''$	2.338	Quasar
PKS 0157−31	0157−311	$02^h\,00^m\,03.82^s$	$-30°\,52'\,27.8''$	0.677	Quasar
4C 15.05	0202+149	$02^h\,04^m\,44.43^s$	$+15°\,14'\,36.4''$	1.202	Quasar
PKS 0208−512	0208−512	$02^h\,10^m\,37.87^s$	$-51°\,00'\,17.0''$	1.003	Quasar
S5 0212+73	0212+735	$02^h\,17^m\,31.39^s$	$+73°\,50'\,03.6''$	2.367	Quasar
3C 66A	0219+428	$02^h\,22^m\,35.19^s$	$+43°\,02'\,33.7''$	0.444	BL Lac
PKS 0232−04	0232−042	$02^h\,34^m\,59.83^s$	$-04°\,01'\,41.8''$	1.438	Quasar
PKS 0234−301	0234−301	$02^h\,36^m\,22.27^s$	$-29°\,53'\,11.7''$	2.102	Quasar
AO 0235+164	0235+164	$02^h\,38^m\,32.81^s$	$+16°\,37'\,20.2''$	0.940	BL Lac
PKS 0237−23	0237−233	$02^h\,39^m\,59.35^s$	$-23°\,08'\,38.7''$	2.226	Quasar
PKS 0256+075	0256+075	$02^h\,59^m\,20.34^s$	$+07°\,47'\,57.7''$	0.893	Quasar
NRAO 140	0333+321	$03^h\,36^m\,24.80^s$	$+32°\,18'\,40.2''$	1.259	Quasar
PKS 0348−120	0348−120	$03^h\,51^m\,02.60^s$	$-11°\,53'\,02.3''$	1.520	Quasar
PKS 0403−13	0403−132	$04^h\,05^m\,25.73^s$	$-13°\,07'\,58.6''$	0.571	Quasar
PKS 0405−12	0405−123	$04^h\,07^m\,40.24^s$	$-12°\,11'\,22.0''$	0.574	Quasar
PKS 0406−127	0406−127	$04^h\,08^m\,57.48^s$	$-12°\,38'\,34.0''$	1.563	Quasar
3C 108	0409+229	$04^h\,12^m\,37.78^s$	$+23°\,05'\,10.9''$	1.213	Quasar
PKS 0422−380	0422−380	$04^h\,24^m\,32.45^s$	$-37°\,56'\,00.7''$	0.782	Quasar
PKS 0426−380	0426−380	$04^h\,28^m\,30.57^s$	$-37°\,55'\,59.7''$	1.030	BL Lac
PKS 0438−43	0438−436	$04^h\,40^m\,06.89^s$	$-43°\,32'\,51.3''$	2.852	Quasar
PKS 0451−28	0451−282	$04^h\,53^m\,05.38^s$	$-28°\,07'\,26.9''$	2.560	Quasar
PKS 0454−22	0454−220	$04^h\,56^m\,01.45^s$	$-21°\,59'\,13.8''$	0.534	Quasar
S5 0454+84	0454+844	$05^h\,09^m\,05.07^s$	$+84°\,32'\,07.1''$	0.112	BL Lac

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

IAU Name	ROR Nr.	Datum	Dauer [s]	off-axis [']	Quellcounts	S/R	Bins
0014+813	700083p	17.03.1991	5951	0.71	450 ± 25	7	7
0016+731	700494p	11.03.1992	6018	0.68	57 ± 13	2	4
0017+154	800253p	18.07.1992	43157	51.45	120 ± 23	3	3
0024+348	700824p	21.07.1992	3842	34.80	43 ± 11	2	3
0035+413	600306p	08.08.1992	2422	41.91	7 ± 7	1	1
0039+568	200072p	07.01.1992	5897	39.71	17 ± 10	1	2
0112−017	701218p	13.07.1992	5681	39.54	55 ± 11	3	3
0118−272	701427p	11.07.1993	2635	2.06	363 ± 21	5	10
0119+041	701048p	17.07.1992	13894	53.90	84 ± 18	3	3
0122−003	800645p	18.07.1993	13068	10.56	960 ± 34	9	10
0130−171	200485p	17.01.1992	915	53.75	9 ± 6	1	2
0133+207	700069p	01.02.1992	5105	1.37	559 ± 25	7	10
0133+476	700839p	13.08.1992	4036	0.93	282 ± 18	5	9
0134+329	700328p	09.08.1992	5692	1.20	1829 ± 44	9	19
0135−247	150033p	22.07.1990	6374	2.07	978 ± 33	9	8
0136+176	701499p	18.07.1993	18654	1.42	219 ± 17	5	5
0137+012	701407p	16.07.1993	15584	1.67	2487 ± 52	9	24
0142−278	701185p	10.07.1992	6683	52.36	58 ± 14	2	3
0153+744	700138p	11.03.1992	4928	0.67	52 ± 12	2	4
0157−311	600422p	08.07.1992	13898	53.50	189 ± 28	3	6
0202+149	300003p	02.08.1991	25174	31.19	223 ± 21	5	5
0208−512	701160p	29.05.1993	4026	1.50	1044 ± 34	9	11
0212+735	700139p	18.03.1991	7210	0.51	320 ± 22	5	10
0219+428	600019p	18.08.1991	24880	41.69	1416 ± 47	9	9
0232−042	700350p	05.02.1992	10039	1.90	1501 ± 40	9	16
0234−301	900324p	05.08.1992	9106	34.05	155 ± 20	3	5
0235+164	701385p	06.08.1993	4099	1.50	429 ± 22	7	7
0237−233	700863p	28.01.1993	8008	2.11	909 ± 34	9	8
0256+075	701421p	15.08.1993	3028	1.68	28 ± 8	2	2
0333+321	700840p	08.08.1992	4039	1.14	952 ± 33	9	8
0348−120	900492p	01.08.1993	9620	42.12	14 ± 14	1	1
0403−132	700271p	01.03.1991	10879	2.03	1527 ± 46	9	12
0405−123	701072p	27.08.1992	4758	1.71	2333 ± 50	9	24
0406−127	701072p	27.08.1992	4758	31.52	43 ± 13	2	2
0409+229	200915p	27.02.1993	3504	34.63	6 ± 6	1	1
0422−380	701428p	02.08.1993	4048	48.89	117 ± 13	3	6
0426−380	701428p	02.08.1993	4048	1.97	212 ± 18	5	5
0438−436	700028p	21.02.1991	10725	1.78	614 ± 35	7	8
0451−282	200484p	03.02.1992	684	54.90	4 ± 4	1	1
0454−220	701077p	09.03.1993	8908	1.91	1930 ± 47	9	20
0454+844	701058p	18.08.1993	14850	0.61	65 ± 8	3	6

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

Objekt	IAU Name	Position (2000)		z	Klasse
		R.A.	Dekl.		
PKS 0457+024	0457+024	$04^h\,59^m\,44.71^s$	$+02°\,29'\,30.4''$	2.384	Quasar
PKS 0514−459	0514−459	$05^h\,15^m\,33.81^s$	$-45°\,56'\,30.1''$	0.194	Quasar
PKS 0522−611	0522−611	$05^h\,22^m\,21.85^s$	$-61°\,07'\,49.5''$	1.400	Quasar
PKS 0528+134	0528+134	$05^h\,30^m\,49.84^s$	$+13°\,31'\,45.4''$	2.070	Quasar
S4 0537+53	0537+531	$05^h\,41^m\,12.79^s$	$+53°\,12'\,14.0''$	1.275	Quasar
PKS 0537−441	0537−441	$05^h\,38^m\,39.83^s$	$-44°\,05'\,07.6''$	0.896	BL Lac
PKS 0537−286	0537−286	$05^h\,39^m\,45.13^s$	$-28°\,39'\,58.2''$	3.119	Quasar
3C 147	0538+498	$05^h\,42^m\,32.33^s$	$+49°\,50'\,56.1''$	0.545	Quasar
B2 0552+39A	0552+398	$05^h\,55^m\,25.95^s$	$+39°\,48'\,34.3''$	2.365	Quasar
S5 0615+82	0615+820	$06^h\,26^m\,15.10^s$	$+82°\,02'\,13.1''$	0.710	Quasar
S4 0636+68	0636+680	$06^h\,42^m\,03.20^s$	$+67°\,58'\,18.4''$	3.174	Quasar
PKS 0637−75	0637−752	$06^h\,35^m\,28.50^s$	$-75°\,16'\,27.8''$	0.654	Quasar
OH 471	0642+449	$06^h\,46^m\,27.32^s$	$+44°\,50'\,52.9''$	3.406	Quasar
OI 318	0711+356	$07^h\,14^m\,19.27^s$	$+35°\,34'\,09.0''$	1.626	Quasar
S4 0714+45	0714+457	$07^h\,17^m\,47.05^s$	$+45°\,37'\,34.6''$	0.940	Quasar
3C 179	0723+679	$07^h\,28^m\,09.20^s$	$+67°\,48'\,22.3''$	0.846	Quasar
S4 0731+47	0731+479	$07^h\,34^m\,57.38^s$	$+47°\,49'\,36.6''$	0.782	Quasar
PKS 0735+17	0735+178	$07^h\,38^m\,00.86^s$	$+17°\,41'\,42.0''$	0.424	BL Lac
PKS 0736+01	0736+017	$07^h\,39^m\,10.87^s$	$+01°\,36'\,27.6''$	0.191	Quasar
PKS 0743−67	0743−673	$07^h\,43^m\,18.42^s$	$-67°\,26'\,51.6''$	1.510	Quasar
OJ 508	0804+499	$08^h\,08^m\,34.53^s$	$+49°\,50'\,01.3''$	1.433	Quasar
3C 196	0809+483	$08^h\,13^m\,30.81^s$	$+48°\,12'\,26.8''$	0.871	Quasar
OJ 425	0814+425	$08^h\,18^m\,10.48^s$	$+42°\,22'\,06.9''$	0.258	BL Lac
PKS 0820+22	0820+225	$08^h\,23^m\,18.37^s$	$+22°\,22'\,18.6''$	0.951	BL Lac
OJ 535	0820+560	$08^h\,24^m\,42.54^s$	$+55°\,52'\,08.3''$	1.417	Quasar
OJ 448	0828+493	$08^h\,32^m\,17.86^s$	$+49°\,12'\,43.0''$	0.548	BL Lac
B2 0834+25	0834+250	$08^h\,37^m\,33.77^s$	$+24°\,53'\,36.2''$	1.122	Quasar
S5 0836+71	0836+710	$08^h\,41^m\,22.18^s$	$+70°\,53'\,09.0''$	2.172	Quasar
3C 207	0838+133	$08^h\,40^m\,40.83^s$	$+13°\,11'\,33.9''$	0.684	Quasar
DW 0839+18	0839+187	$08^h\,41^m\,58.49^s$	$+18°\,34'\,53.2''$	1.272	Quasar
3C 208	0850+140	$08^h\,53^m\,01.89^s$	$+13°\,52'\,03.4''$	1.109	Quasar
4C 58.17	0850+581	$08^h\,54^m\,37.11^s$	$+57°\,56'\,52.4''$	1.322	Quasar
3C 208.1	0851+142	$08^h\,54^m\,32.61^s$	$+14°\,05'\,00.3''$	1.020	Quasar
OJ 287	0851+202	$08^h\,54^m\,42.19^s$	$+20°\,05'\,39.9''$	0.306	BL Lac
3C 212	0855+143	$08^h\,58^m\,34.76^s$	$+14°\,08'\,52.0''$	1.043	Quasar
PKS 0858−279	0858−279	$09^h\,00^m\,32.28^s$	$-28°\,09'\,11.3''$	2.152	Quasar
4C 47.29	0859+470	$09^h\,02^m\,58.08^s$	$+46°\,50'\,22.6''$	1.462	Quasar
3C 216	0906+430	$09^h\,09^m\,27.35^s$	$+42°\,53'\,01.5''$	0.668	Quasar
S4 0917+62	0917+624	$09^h\,21^m\,31.37^s$	$+62°\,15'\,15.2''$	1.446	Quasar
S4 0917+44	0917+449	$09^h\,20^m\,52.19^s$	$+44°\,41'\,09.4''$	2.180	Quasar
B2 0923+39	0923+392	$09^h\,26^m\,56.47^s$	$+39°\,01'\,34.1''$	0.698	Quasar

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

IAU Name	ROR Nr.	Datum	Dauer [s]	off-axis [']	Quellcounts	S/R	Bins
0457+024	200118p	22.02.1991	5996	42.54	31 ± 14	2	2
0514−459	700057p	20.02.1991	4459	44.67	82 ± 18	3	5
0522−611	800472p	30.09.1993	8913	18.79	11 ± 11	1	1
0528+134	700059p	19.03.1991	3791	1.87	275 ± 19	5	7
0537+531	201509p	24.09.1993	5823	17.10	36 ± 11	2	2
0537−441	700199p	17.04.1991	2598	1.83	918 ± 31	9	10
0537−286	701094p	29.09.1992	9487	1.99	608 ± 29	7	10
0538+498	900487p	23.09.1993	15554	32.20	285 ± 20	5	8
0552+398	700845p	13.03.1993	4294	0.97	186 ± 16	5	6
0615+820	700492p-1	23.02.1993	7401	0.48	69 ± 8	3	7
0636+680	700084p	16.03.1991	5342	0.29	63 ± 14	3	4
0637−752	700790p	27.05.1992	1357	1.11	274 ± 17	5	9
0642+449	700065p	13.03.1991	3108	0.98	78 ± 11	3	5
0711+356	701355p	10.10.1993	2496	1.14	47 ± 9	3	3
0714+457	700242p	02.04.1991	3295	37.43	38 ± 11	2	3
0723+679	800576p	22.09.1993	4519	52.50	41 ± 10	2	3
0731+479	200086p	04.04.1991	2330	51.39	11 ± 9	1	2
0735+178	700829p	29.10.1992	6684	1.68	578 ± 28	7	8
0736+017	700064p	02.04.1991	1936	2.18	243 ± 17	5	8
0743−673	400011p	20.04.1991	8558	35.02	171 ± 19	3	8
0804+499	700846p	27.10.1992	2999	1.07	144 ± 14	3	8
0809+483	700249p	01.04.1991	6622	1.05	53 ± 17	3	4
0814+425	700830p	10.10.1993	6120	1.33	75 ± 13	3	4
0820+225	700831p	30.10.1992	3728	1.37	66 ± 11	3	4
0820+560	701397p	29.10.1993	1713	1.01	84 ± 11	3	5
0828+493	700832p	04.10.1992	4821	1.11	55 ± 12	2	4
0834+250	700300p	10.05.1992	2937	8.63	106 ± 15	3	5
0836+710	700493p	26.03.1992	6993	0.29	5230 ± 73	20	13
0838+133	701170p	13.11.1992	7017	2.03	449 ± 25	7	7
0839+187	200603p	28.04.1992	1812	4.69	103 ± 12	3	7
0850+140	700887p	14.11.1992	18552	1.99	602 ± 31	7	7
0850+581	300228p	02.10.1992	4038	10.80	75 ± 11	3	4
0851+142	700887p	14.11.1992	18552	23.56	323 ± 24	5	6
0851+202	700219p	16.04.1991	3622	1.59	988 ± 33	9	10
0855+143	700436p	18.05.1992	21565	1.46	826 ± 32	9	9
0858−279	200722p	03.11.1991	19861	22.73	56 ± 21	2	4
0859+470	800496p	03.11.1993	4853	30.01	125 ± 17	3	5
0906+430	700329p	25.04.1992	23561	1.50	1173 ± 44	7	14
0917+624	700211p	17.04.1991	19495	0.82	362 ± 23	5	11
0917+449	701398p	03.11.1993	3367	1.27	651 ± 27	9	7
0923+392	700505p	01.05.1992	3796	1.49	1353 ± 39	9	13

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

Objekt	IAU Name	Position (2000)		z	Klasse
		R.A.	Dekl.		
4C 40.24	0945+408	$09^h\,48^m\,48.53^s$	$+40°\,38'\,56.7''$	1.252	Quasar
4C 55.17	0954+556	$09^h\,57^m\,32.02^s$	$+55°\,22'\,17.9''$	0.901	Quasar
S4 0954+65	0954+658	$09^h\,58^m\,42.10^s$	$+65°\,33'\,15.9''$	0.367	BL Lac
OK 492	0955+476	$09^h\,58^m\,13.14^s$	$+47°\,24'\,24.7''$	1.873	Quasar
3C 232	0955+326	$09^h\,58^m\,14.11^s$	$+32°\,23'\,09.1''$	0.533	Quasar
S5 1007+71	1007+716	$10^h\,11^m\,28.15^s$	$+71°\,24'\,02.6''$	1.192	Quasar
B2 1020+40	1020+400	$10^h\,23^m\,04.46^s$	$+39°\,47'\,27.2''$	1.254	Quasar
4C 19.34	1022+194	$10^h\,24^m\,37.84^s$	$+19°\,11'\,17.8''$	0.828	Quasar
PKS 1034−293	1034−293	$10^h\,37^m\,09.59^s$	$-29°\,34'\,57.5''$	0.312	Quasar
S5 1039+81	1039+811	$10^h\,44^m\,19.83^s$	$+80°\,53'\,57.5''$	1.260	Quasar
3C 245	1040+123	$10^h\,42^m\,38.04^s$	$+12°\,02'\,26.7''$	1.028	Quasar
PKS 1055+01	1055+018	$10^h\,58^m\,23.29^s$	$+01°\,32'\,55.1''$	0.888	Quasar
4C 72.16	1058+726	$11^h\,01^m\,43.01^s$	$+72°\,24'\,56.6''$	0.375	Quasar
3C 249.1	1100+772	$11^h\,04^m\,08.53^s$	$+76°\,58'\,16.4''$	0.313	Quasar
3C 254	1111+408	$11^h\,14^m\,31.01^s$	$+40°\,36'\,34.9''$	0.734	Quasar
3C 263	1137+660	$11^h\,39^m\,50.19^s$	$+65°\,47'\,10.3''$	0.652	Quasar
PKS 1144−379	1144−379	$11^h\,46^m\,55.66^s$	$-38°\,13'\,00.3''$	1.048	BL Lac
PKS 1145−071	1145−071	$11^h\,47^m\,45.74^s$	$-07°\,25'\,36.5''$	1.342	Quasar
S5 1150+81	1150+812	$11^h\,53^m\,04.71^s$	$+80°\,57'\,47.4''$	1.250	Quasar
LB 2136	1150+497	$11^h\,53^m\,17.25^s$	$+49°\,30'\,30.4''$	0.334	Quasar
B2 1204+28	1204+281	$12^h\,07^m\,19.81^s$	$+27°\,54'\,03.1''$	2.177	Quasar
DW 1211+13	1210+134	$12^h\,13^m\,26.10^s$	$+13°\,06'\,21.9''$	1.137	Quasar
B2 1211+33	1211+334	$12^h\,13^m\,56.08^s$	$+33°\,09'\,03.6''$	1.598	Quasar
4C 53.24	1213+538	$12^h\,15^m\,22.47^s$	$+53°\,35'\,17.1''$	1.065	Quasar
3C 270.1	1218+339	$12^h\,20^m\,26.02^s$	$+33°\,42'\,32.6''$	1.519	Quasar
ON 231	1219+285	$12^h\,21^m\,23.50^s$	$+28°\,13'\,03.7''$	0.102	BL Lac
PKS 1219+04	1219+044	$12^h\,22^m\,16.88^s$	$+04°\,12'\,22.5''$	0.965	Quasar
3C 273	1226+023	$12^h\,29^m\,00.85^s$	$+02°\,02'\,20.4''$	0.158	Quasar
3C 275.1	1241+166	$12^h\,43^m\,51.65^s$	$+16°\,22'\,07.8''$	0.555	Quasar
3C 277.1	1250+568	$12^h\,52^m\,18.95^s$	$+56°\,33'\,38.2''$	0.320	Quasar
3C 279	1253−055	$12^h\,56^m\,05.29^s$	$-05°\,48'\,00.9''$	0.538	Quasar
PKS 1255−316	1255−316	$12^h\,57^m\,53.82^s$	$-31°\,55'\,55.2''$	1.924	Quasar
PKS 1302−102	1302−102	$13^h\,05^m\,27.17^s$	$-10°\,33'\,57.4''$	0.286	Quasar
B2 1308+32	1308+326	$13^h\,10^m\,21.87^s$	$+32°\,19'\,46.9''$	0.997	BL Lac
PKS 1313−333	1313−333	$13^h\,16^m\,02.89^s$	$-33°\,39'\,35.7''$	1.210	Quasar
PKS 1327−311	1327−311	$13^h\,30^m\,14.00^s$	$-31°\,23'\,32.4''$	1.326	Quasar
3C 287	1328+254	$13^h\,30^m\,29.11^s$	$+25°\,08'\,25.1''$	1.055	Quasar
3C 286	1328+307	$13^h\,31^m\,00.31^s$	$+30°\,29'\,34.2''$	0.846	Quasar
PKS 1335−127	1335−127	$13^h\,37^m\,34.05^s$	$-12°\,57'\,54.8''$	0.539	Quasar
PKS 1351−018	1351−018	$13^h\,54^m\,00.26^s$	$-02°\,06'\,30.4''$	3.709	Quasar
PKS 1402+044	1402+044	$14^h\,04^m\,54.00^s$	$+04°\,15'\,09.2''$	3.202	Quasar

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

IAU Name	ROR Nr.	Datum	Dauer [s]	off-axis [']	Quellcounts	S/R	Bins
0945+408	701400p	10.11.1993	2704	1.42	187 ± 17	3	11
0954+556	701401p	09.11.1993	4472	1.03	388 ± 23	5	9
0954+658	700042p	25.04.1991	6772	0.84	347 ± 23	5	10
0955+476	701402p	13.11.1993	3583	1.28	340 ± 21	5	8
0955+326	700468p	01.05.1992	5593	1.85	101 ± 12	3	5
1007+716	300199p	12.05.1993	7313	45.05	28 ± 12	1	2
1020+400	900528p	29.10.1993	10653	42.66	118 ± 18	3	4
1022+194	700996p	19.05.1993	19562	43.26	945 ± 35	9	7
1034−293	700201p	02.01.1992	3975	1.66	342 ± 23	5	8
1039+811	700141p	18.03.1991	6570	0.67	548 ± 28	5	13
1040+123	700384p	22.11.1991	10209	1.94	651 ± 32	7	8
1055+018	701198p	05.06.1993	4324	1.86	410 ± 21	7	7
1058+726	700872p	04.10.1992	13081	24.73	377 ± 24	5	9
1100+772	700070p	21.04.1991	1756	0.63	410 ± 22	7	7
1111+408	700855p	20.05.1993	16159	1.52	1744 ± 47	9	15
1137+660	700068p	22.11.1991	1808	0.95	580 ± 25	7	10
1144−379	701434p	08.07.1993	7747	1.65	853 ± 32	9	9
1145−071	700382p	13.06.1992	4730	22.61	111 ± 13	3	6
1150+812	701059p	30.10.1992	9504	0.51	241 ± 17	5	7
1150+497	701073p	02.12.1992	6610	1.66	1941 ± 46	9	20
1204+281	600444p	26.05.1993	15075	18.55	198 ± 23	3	8
1210+134	800421p	23.12.1992	14310	13.55	160 ± 24	3	4
1211+334	600130p	28.11.1991	22959	14.68	1128 ± 43	9	8
1213+538	200953p-1	04.11.1993	2619	35.77	18 ± 11	1	2
1218+339	700864p-1	24.05.1993	19290	1.70	1226 ± 43	9	10
1219+285	700223p	15.06.1991	15223	1.88	3306 ± 61	9	31
1219+044	701095p	26.12.1992	8139	1.44	1362 ± 41	9	13
1226+023	700191p	15.12.1991	6243	1.50	38206 ± 198	40	21
1241+166	600450p	08.07.1992	10487	2.76	298 ± 23	5	7
1250+568	700208p	08.06.1991	24340	37.30	3246 ± 72	9	19
1253−055	700305p	03.01.1992	4925	1.60	2497 ± 52	9	26
1255−316	800384p	30.01.1993	15302	50.21	60 ± 18	2	2
1302−102	701195p	20.07.1992	3168	1.56	1073 ± 34	9	11
1308+326	700216p	23.06.1991	8386	1.59	779 ± 33	7	10
1313−333	300219p	29.07.1992	13740	53.19	52 ± 18	2	3
1327−311	800076p	18.07.1991	30213	30.18	203 ± 42	3	4
1328+254	200476p	04.01.1992	4304	54.79	42 ± 12	2	3
1328+307	701551p	11.07.1993	7037	45.90	28 ± 14	1	2
1335−127	700203p	01.02.1992	3615	1.52	511 ± 26	7	8
1351−018	701500p	10.07.1993	17835	1.82	281 ± 22	5	6
1402+044	700310p	22.07.1992	4763	13.28	83 ± 15	3	3

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

Objekt	IAU Name	Position (2000)		z	Klasse
		R.A.	Dekl.		
PKS 1403−085	1403−085	$14^h\,05^m\,54.51^s$	$-08°\,48'\,33.1''$	1.763	Quasar
PKS 1406−076	1406−076	$14^h\,08^m\,49.96^s$	$-07°\,52'\,51.0''$	1.493	Quasar
PKS 1413+135	1413+135	$14^h\,15^m\,50.81^s$	$+13°\,19'\,54.9''$	0.247	BL Lac
3C 298	1416+067	$14^h\,19^m\,00.73^s$	$+06°\,28'\,09.2''$	1.439	Quasar
OQ 530	1418+546	$14^h\,19^m\,37.78^s$	$+54°\,22'\,30.2''$	0.152	BL Lac
S4 1435+63	1435+638	$14^h\,36^m\,35.44^s$	$+63°\,35'\,59.9''$	2.062	Quasar
PKS 1437−153	1437−153	$14^h\,39^m\,50.65^s$	$-15°\,32'\,11.4''$	0.254	Quasar
OQ 172	1442+101	$14^h\,45^m\,08.64^s$	$+09°\,58'\,10.5''$	3.530	Quasar
3C 309.1	1458+718	$14^h\,58^m\,54.54^s$	$+71°\,39'\,47.2''$	0.904	Quasar
PKS 1502+106	1502+106	$15^h\,04^m\,16.87^s$	$+10°\,29'\,15.7''$	0.563	Quasar
PKS 1510−08	1510−089	$15^h\,12^m\,43.79^s$	$-09°\,06'\,16.4''$	0.360	Quasar
B2 1512+37	1512+370	$15^h\,14^m\,33.66^s$	$+36°\,50'\,11.5''$	0.370	Quasar
AP LIB	1514−241	$15^h\,17^m\,36.09^s$	$-24°\,22'\,34.3''$	0.048	BL Lac
PKS 1532+01	1532+016	$15^h\,34^m\,44.95^s$	$+01°\,30'\,48.9''$	1.435	Quasar
4C 14.60	1538+149	$15^h\,40^m\,41.04^s$	$+14°\,47'\,25.4''$	0.605	BL Lac
3C 323.1	1545+210	$15^h\,47^m\,34.82^s$	$+20°\,51'\,53.4''$	0.266	Quasar
PKS 1552+199	1552+199	$15^h\,54^m\,30.40^s$	$+19°\,46'\,57.0''$	1.340	Quasar
PKS 1556−245	1556−245	$15^h\,59^m\,35.68^s$	$-24°\,42'\,46.1''$	2.813	Quasar
DA 406	1611+343	$16^h\,13^m\,31.44^s$	$+34°\,12'\,25.2''$	1.401	Quasar
DW 1616+06	1616+063	$16^h\,18^m\,55.86^s$	$+06°\,12'\,53.2''$	2.086	Quasar
3C 334	1618+177	$16^h\,20^m\,13.22^s$	$+17°\,36'\,08.5''$	0.555	Quasar
4C 41.32	1624+416	$16^h\,25^m\,47.48^s$	$+41°\,34'\,18.5''$	2.550	Quasar
B2 1633+38	1633+382	$16^h\,35^m\,05.53^s$	$+38°\,07'\,45.2''$	1.814	Quasar
3C 343	1634+628	$16^h\,34^m\,21.15^s$	$+62°\,45'\,17.2''$	0.988	Quasar
4C 47.44	1636+473	$16^h\,37^m\,34.53^s$	$+47°\,17'\,15.1''$	0.740	Quasar
OS 562	1637+574	$16^h\,38^m\,01.54^s$	$+57°\,20'\,05.3''$	0.751	Quasar
NRAO 512	1638+398	$16^h\,40^m\,19.59^s$	$+39°\,46'\,28.7''$	1.666	Quasar
3C 345	1641+399	$16^h\,42^m\,48.72^s$	$+39°\,48'\,20.6''$	0.594	Quasar
MARK 501	1652+398	$16^h\,53^m\,42.08^s$	$+39°\,45'\,22.9''$	0.033	BL Lac
B2 1656+34	1656+348	$16^h\,57^m\,51.71^s$	$+34°\,43'\,17.5''$	1.936	Quasar
4C 57.28	1656+571	$16^h\,57^m\,08.75^s$	$+57°\,05'\,38.5''$	1.290	Quasar
3C 351	1704+608	$17^h\,04^m\,28.88^s$	$+60°\,44'\,16.3''$	0.371	Quasar
B2 1721+34	1721+343	$17^h\,23^m\,11.08^s$	$+34°\,17'\,54.7''$	0.206	Quasar
PKS 1725+044	1725+044	$17^h\,28^m\,17.17^s$	$+04°\,27'\,10.7''$	0.293	Quasar
S4 1732+389	1732+389	$17^h\,34^m\,10.62^s$	$+38°\,57'\,49.5''$	0.976	Quasar
S4 1749+70	1749+701	$17^h\,48^m\,17.56^s$	$+70°\,05'\,49.7''$	0.770	BL Lac
OT 081	1749+096	$17^h\,51^m\,24.81^s$	$+09°\,39'\,11.9''$	0.320	BL Lac
S5 1803+78	1803+784	$18^h\,00^m\,24.24^s$	$+78°\,28'\,08.0''$	0.684	BL Lac
S4 1806+45	1806+456	$18^h\,08^m\,11.25^s$	$+45°\,42'\,26.5''$	0.830	Quasar
3C 371	1807+698	$18^h\,06^m\,35.28^s$	$+69°\,49'\,32.8''$	0.051	BL Lac
4C 56.27	1823+568	$18^h\,23^m\,54.93^s$	$+56°\,51'\,09.9''$	0.664	Quasar

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

IAU Name	ROR Nr.	Datum	Dauer [s]	off-axis [']	Quellcounts	S/R	Bins
1403−085	200528p	28.01.1992	4781	50.41	13 ± 13	1	2
1406−076	200528p	28.01.1992	4781	41.28	87 ± 15	2	2
1413+135	700549p	31.01.1992	3313	2.00	13 ± 13	1	3
1416+067	700865p	06.08.1992	10714	1.72	1502 ± 43	9	14
1418+546	150046p	22.07.1990	11516	1.38	2466 ± 56	9	20
1435+638	150015p-1	16.04.1993	5815	44.34	182 ± 20	3	8
1437−153	701233p	10.08.1992	4787	45.29	43 ± 10	2	4
1442+101	701002p	08.08.1992	15433	1.96	645 ± 38	7	7
1458+718	700330p	28.11.1991	9917	1.16	998 ± 35	9	9
1502+106	700257p	26.01.1992	17185	4.54	278 ± 38	3	8
1510−089	700854p	17.08.1992	5153	1.67	945 ± 33	9	9
1512+370	700807p	17.08.1992	5230	2.07	1496 ± 40	9	15
1514−241	701429p	17.08.1993	2915	1.13	8 ± 8	1	1
1532+016	700047p	25.01.1993	1596	31.66	57 ± 10	3	3
1538+149	700834p-1	30.01.1993	7215	2.32	297 ± 23	5	6
1545+210	700383p	19.01.1993	3706	1.96	2192 ± 48	9	23
1552+199	701213p	24.08.1992	14679	38.18	189 ± 29	3	5
1556−245	200459p	07.03.1992	10764	15.27	44 ± 22	1	2
1611+343	700842p	17.01.1993	6804	1.93	811 ± 31	7	13
1616+063	700213p	20.02.1991	10227	19.51	6 ± 6	1	1
1618+177	700274p	06.03.1991	9573	2.06	645 ± 36	7	8
1624+416	800363p	10.08.1992	10123	42.00	87 ± 20	2	4
1633+382	700841p	31.08.1992	5781	1.98	1198 ± 37	9	10
1634+628	701171p	26.09.1992	4831	1.48	12 ± 12	1	1
1636+473	800571p	02.08.1993	11222	45.12	127 ± 20	3	4
1637+574	200721p	05.04.1992	47467	31.46	4328 ± 83	9	30
1638+398	700428p	16.01.1992	3899	13.30	86 ± 17	3	3
1641+399	700869p	01.09.1992	4219	1.96	2089 ± 47	9	21
1652+398	700130p	26.02.1991	7649	2.07	51099 ± 227	40	27
1656+348	400058p	26.02.1991	15282	37.12	424 ± 39	5	5
1656+571	900208p	01.04.1992	8363	14.13	203 ± 22	3	7
1704+608	700439p	30.10.1991	13068	1.54	1397 ± 46	9	9
1721+343	701520p	30.09.1993	668	2.19	656 ± 26	7	12
1725+044	200522p	26.03.1992	13100	32.41	312 ± 26	5	5
1732+389	701417p	01.10.1993	6658	1.67	104 ± 15	3	5
1749+701	700835p	09.11.1992	3702	1.37	330 ± 21	5	7
1749+096	700043p	28.03.1992	5044	2.15	387 ± 22	5	9
1803+784	700497p	07.04.1992	6911	0.71	549 ± 26	7	10
1806+456	300103p	31.03.1992	13349	11.53	342 ± 20	5	9
1807+698	700489p	09.04.1992	10461	1.28	1272 ± 39	9	10
1823+568	700837p	20.06.1992	5900	1.66	813 ± 31	7	14

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

Objekt	IAU Name	Position (2000)		z	Klasse
		R.A.	Dekl.		
3C 380	1828+487	$18^h\,29^m\,20.93^s$	$+48°\,44'\,57.1''$	0.692	Quasar
OV−236	1921−293	$19^h\,24^m\,45.12^s$	$-29°\,13'\,57.8''$	0.352	Quasar
4C 73.18	1928+738	$19^h\,27^m\,32.22^s$	$+73°\,58'\,23.2''$	0.303	Quasar
PKS 1937−101	1937−101	$19^h\,39^m\,50.35^s$	$-10°\,02'\,03.9''$	3.787	Quasar
PKS 2000−330	2000−330	$20^h\,03^m\,17.96^s$	$-32°\,51'\,07.9''$	3.777	Quasar
PKS 2005−489	2005−489	$20^h\,09^m\,20.23^s$	$-48°\,49'\,18.0''$	0.071	BL Lac
TEX 2005+403	2005+403	$20^h\,07^m\,35.86^s$	$+40°\,30'\,23.9''$	1.736	Quasar
S5 2007+77	2007+777	$20^h\,05^m\,13.15^s$	$+77°\,53'\,11.2''$	0.342	BL Lac
3C 418.0	2037+511	$20^h\,38^m\,27.33^s$	$+51°\,19'\,51.1''$	1.687	Quasar
3C 422	2044−027	$20^h\,47^m\,03.35^s$	$-02°\,35'\,31.1''$	0.942	Quasar
PKS 2058−425	2058−425	$21^h\,01^m\,53.01^s$	$-42°\,18'\,31.9''$	0.221	Quasar
PKS 2059+034	2059+034	$21^h\,01^m\,31.75^s$	$+03°\,42'\,23.1''$	1.015	Quasar
PKS 2126−15	2126−158	$21^h\,29^m\,05.31^s$	$-15°\,37'\,45.6''$	3.266	Quasar
PKS 2131−021	2131−021	$21^h\,34^m\,03.44^s$	$-01°\,52'\,19.9''$	0.557	BL Lac
PKS 2134+004	2134+004	$21^h\,36^m\,31.83^s$	$+00°\,42'\,52.7''$	1.936	Quasar
PHL 1657	2135−147	$21^h\,37^m\,38.43^s$	$-14°\,31'\,57.7''$	0.200	Quasar
PKS 2136+141	2136+141	$21^h\,38^m\,54.29^s$	$+14°\,24'\,31.1''$	2.427	Quasar
OX 169	2141+175	$21^h\,43^m\,28.48^s$	$+17°\,44'\,44.3''$	0.213	Quasar
PKS 2145+06	2145+067	$21^h\,47^m\,58.65^s$	$+06°\,58'\,36.7''$	0.999	Quasar
PKS 2155−152	2155−152	$21^h\,57^m\,59.53^s$	$-15°\,00'\,10.3''$	0.672	Quasar
BL LAC	2200+420	$22^h\,02^m\,35.88^s$	$+42°\,17'\,31.2''$	0.069	BL Lac
B2 2201+31A	2201+315	$22^h\,03^m\,07.83^s$	$+31°\,46'\,31.8''$	0.298	Quasar
PKS 2203−18	2203−188	$22^h\,06^m\,03.61^s$	$-18°\,34'\,38.7''$	0.619	Quasar
3C 446	2223−052	$22^h\,25^m\,40.58^s$	$-04°\,55'\,57.7''$	1.404	Quasar
PKS 2223+21	2223+210	$22^h\,25^m\,31.48^s$	$+21°\,19'\,03.1''$	1.953	Quasar
PKS 2227−399	2227−399	$22^h\,30^m\,33.04^s$	$-39°\,42'\,04.1''$	0.323	Quasar
PKS 2240−260	2240−260	$22^h\,43^m\,19.16^s$	$-25°\,43'\,30.3''$	0.774	BL Lac
PKS 2247+13	2247+132	$22^h\,49^m\,38.69^s$	$+13°\,32'\,08.6''$	0.767	Quasar
PKS 2247+14	2247+140	$22^h\,50^m\,19.03^s$	$+14°\,20'\,51.3''$	0.237	Quasar
3C 454.3	2251+158	$22^h\,53^m\,51.46^s$	$+16°\,09'\,51.2''$	0.859	Quasar
4C 46.47	2311+469	$23^h\,13^m\,41.84^s$	$+47°\,13'\,05.8''$	0.742	Quasar
PKS 2319+07	2320+079	$23^h\,22^m\,30.07^s$	$+08°\,12'\,59.3''$	2.090	Quasar
PKS 2329−16	2329−162	$23^h\,31^m\,32.02^s$	$-15°\,55'\,51.2''$	1.153	Quasar
PKS 2329−384	2329−384	$23^h\,31^m\,51.62^s$	$-38°\,11'\,02.4''$	1.195	Quasar
PKS 2344+09	2344+092	$23^h\,46^m\,31.13^s$	$+09°\,31'\,39.8''$	0.673	Quasar
PKS 2349−01	2349−014	$23^h\,51^m\,50.24^s$	$-01°\,08'\,15.3''$	0.173	Quasar
PKS 2351−154	2351−154	$23^h\,54^m\,23.75^s$	$-15°\,12'\,07.0''$	2.665	Quasar

Tabelle 6.1: *(Fortsetzung) Alle 201 radiolauten AGN in pointierten ROSAT/PSPC Beobachtungen.*

IAU Name	ROR Nr.	Datum	Dauer [s]	off-axis [']	Quellcounts	S/R	Bins
1828+487	700250p	28.03.1992	6464	1.81	1116 ± 35	9	10
1921−293	900338p	25.03.1993	32611	1.22	9080 ± 100	20	19
1928+738	700142p	15.03.1991	8450	1.18	2314 ± 48	9	20
1937−101	700923p	02.04.1993	38244	45.30	444 ± 33	5	8
2000−330	700080p	31.03.1991	3740	1.41	68 ± 14	3	3
2005−489	701057p	01.11.1992	11462	1.03	18841 ± 138	30	18
2005+403	500208p	14.04.1993	2304	45.34	7 ± 7	1	1
2007+777	700498p	17.05.1992	9525	6.75	428 ± 26	5	13
2037+511	500224p	11.12.1993	4442	38.49	27 ± 8	2	2
2044−027	700793p	19.11.1992	6907	16.74	47 ± 16	2	3
2058−425	201091p-1	29.10.1993	7024	28.29	578 ± 28	7	9
2059+034	200955p	18.11.1992	5575	42.22	91 ± 12	3	5
2126−158	700868p-1	21.05.1993	4160	2.02	718 ± 29	7	12
2131−021	701431p	03.11.1993	7748	1.86	118 ± 17	3	5
2134+004	700817p-1	31.05.1993	5201	1.84	437 ± 23	5	14
2135−147	701542p	15.11.1993	3249	2.03	2529 ± 51	9	27
2136+141	700066p	10.05.1991	4076	1.78	159 ± 18	3	8
2141+175	201222p	09.06.1993	8398	28.06	302 ± 20	5	8
2145+067	700045p	09.05.1991	3526	36.77	315 ± 20	5	9
2155−152	701420p	16.11.1993	9940	2.11	856 ± 33	9	8
2200+420	700838p	23.12.1992	2167	1.53	373 ± 20	5	11
2201+315	701396p	05.12.1993	3311	1.66	555 ± 25	7	9
2203−188	800196p	11.05.1992	8733	6.66	90 ± 15	3	4
2223−052	900337p	24.05.1993	15626	2.09	1370 ± 40	9	14
2223+210	700856p	29.11.1992	6438	1.90	411 ± 23	5	11
2227−399	701081p	30.05.1993	3654	1.58	2127 ± 47	9	22
2240−260	701432p	09.11.1993	3656	1.85	201 ± 18	3	9
2247+132	700254p	26.11.1991	7252	48.92	10 ± 10	1	2
2247+140	700254p	26.11.1991	7252	1.77	38 ± 9	2	3
2251+158	700759p	27.05.1992	8154	1.79	3541 ± 60	9	35
2311+469	300039p	14.12.1991	5303	22.33	153 ± 16	3	10
2320+079	600134p	11.06.1992	18234	29.45	191 ± 21	3	8
2329−162	201124p	24.05.1993	858	52.23	9 ± 4	1	2
2329−384	201503p	12.11.1993	8717	25.40	133 ± 19	3	4
2344+092	800320p	07.07.1992	18911	31.55	1013 ± 35	9	10
2349−014	701406p	15.12.1993	6872	1.44	3672 ± 62	9	37
2351−154	701501p	14.12.1993	12808	1.64	331 ± 26	5	8

Tabelle 6.2: *Fitergebnisse für ein Potenzgesetz mit festem galaktischen N_{H}.*

IAU Name	gal. N_{H} [10^{20} cm^{-2}]	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ [μJy]	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
0014+813	13.89 ± 0.63	$0.360^{+0.033}_{-0.033}$	$0.67^{+0.31}_{-0.32}$	0.69	5
0017+154	4.02 ± 0.13	$0.024^{+0.009}_{-0.009}$	$1.62^{+0.58}_{-0.72}$	9.30	1
0112−017	5.37 ± 0.17	$0.069^{+0.019}_{-0.020}$	$0.95^{+0.74}_{-1.18}$	0.59	1
0118−272	1.54 ± 0.63	$0.191^{+0.025}_{-0.025}$	$1.33^{+0.12}_{-0.12}$	0.92	8
0119+041	3.25 ± 0.63	$0.055^{+0.018}_{-0.019}$	$1.27^{+0.47}_{-0.59}$	1.98	1
0122−003	3.36 ± 0.63	$0.190^{+0.012}_{-0.012}$	$1.16^{+0.09}_{-0.10}$	1.71	8
0133+207	5.80 ± 0.18	$0.352^{+0.026}_{-0.026}$	$1.29^{+0.15}_{-0.18}$	2.36	8
0133+476	10.47 ± 0.63	$0.299^{+0.030}_{-0.030}$	$0.71^{+0.37}_{-0.38}$	0.84	7
0134+329	4.35 ± 0.13	$0.725^{+0.036}_{-0.035}$	$1.74^{+0.06}_{-0.06}$	2.13	17
0135−247	1.37 ± 0.63	$0.218^{+0.018}_{-0.018}$	$1.19^{+0.08}_{-0.08}$	2.01	6
0136+176	4.81 ± 0.63	$0.041^{+0.005}_{-0.005}$	$0.59^{+0.27}_{-0.30}$	0.15	3
0137+012	2.93 ± 0.63	$0.418^{+0.015}_{-0.015}$	$0.92^{+0.05}_{-0.05}$	1.06	22
0157−311	1.51 ± 0.63	$0.095^{+0.020}_{-0.021}$	$0.76^{+0.28}_{-0.31}$	3.88	4
0202+149	6.04 ± 0.63	$0.049^{+0.007}_{-0.007}$	$-0.07^{+0.42}_{-0.47}$	0.52	3
0208−512	3.25 ± 0.63	$0.642^{+0.038}_{-0.039}$	$1.13^{+0.09}_{-0.09}$	2.68	9
0212+735	27.94 ± 0.63	$0.221^{+0.037}_{-0.037}$	$-0.40^{+0.46}_{-0.46}$	2.47	8
0219+428	8.65 ± 0.63	$0.419^{+0.021}_{-0.021}$	$1.66^{+0.13}_{-0.14}$	0.66	7
0232−042	2.29 ± 0.07	$0.304^{+0.016}_{-0.016}$	$1.15^{+0.06}_{-0.06}$	1.37	14
0234−301	1.66 ± 0.63	$0.036^{+0.010}_{-0.010}$	$1.26^{+0.33}_{-0.31}$	0.93	3
0235+164	7.60 ± 0.24	$0.415^{+0.032}_{-0.033}$	$0.57^{+0.23}_{-0.25}$	0.81	5
0237−233	2.23 ± 0.07	$0.284^{+0.017}_{-0.017}$	$0.73^{+0.09}_{-0.09}$	1.33	6
0333+321	14.22 ± 0.44	$1.090^{+0.065}_{-0.068}$	$0.12^{+0.19}_{-0.20}$	2.12	6
0403−132	3.48 ± 0.63	$0.422^{+0.019}_{-0.019}$	$0.71^{+0.09}_{-0.09}$	1.14	10
0405−123	3.89 ± 0.63	$1.247^{+0.049}_{-0.049}$	$1.36^{+0.05}_{-0.05}$	1.28	22
0422−380	1.88 ± 0.63	$0.136^{+0.032}_{-0.033}$	$1.09^{+0.25}_{-0.27}$	1.11	4
0426−380	1.78 ± 0.63	$0.093^{+0.014}_{-0.015}$	$1.15^{+0.17}_{-0.17}$	1.07	3
0438−436	2.20 ± 0.63	$0.176^{+0.013}_{-0.013}$	$-0.01^{+0.17}_{-0.19}$	1.08	6
0454−220	3.07 ± 0.63	$0.552^{+0.022}_{-0.024}$	$1.05^{+0.05}_{-0.06}$	1.47	18
0454+844	5.88 ± 0.63	$0.019^{+0.004}_{-0.004}$	$0.39^{+0.52}_{-0.62}$	0.82	4
0514−459	3.48 ± 0.63	$0.124^{+0.034}_{-0.034}$	$0.70^{+0.51}_{-0.72}$	3.68	3
0528+134	24.98 ± 0.63	$0.387^{+0.056}_{-0.057}$	$-0.09^{+0.43}_{-0.44}$	0.92	5
0537−441	4.28 ± 0.63	$0.841^{+0.057}_{-0.057}$	$1.58^{+0.09}_{-0.09}$	3.01	8
0537−286	1.95 ± 0.06	$0.176^{+0.012}_{-0.013}$	$0.32^{+0.12}_{-0.14}$	1.35	8
0538+498	21.64 ± 0.68	$0.157^{+0.017}_{-0.018}$	$1.11^{+0.45}_{-0.49}$	1.18	6
0552+398	35.07 ± 0.63	$0.334^{+0.058}_{-0.059}$	$0.62^{+0.53}_{-0.54}$	0.21	4
0615+820	5.63 ± 0.63	$0.037^{+0.007}_{-0.007}$	$1.02^{+0.39}_{-0.45}$	1.31	5
0636+680	6.13 ± 0.63	$0.038^{+0.017}_{-0.022}$	$-0.61^{+1.14}_{-2.04}$	2.65	2
0637−752	10.86 ± 0.63	$0.886^{+0.083}_{-0.085}$	$1.37^{+0.28}_{-0.31}$	0.35	7
0642+449	11.61 ± 0.36	$0.113^{+0.024}_{-0.025}$	$1.08^{+0.70}_{-0.76}$	0.88	3
0711+356	6.85 ± 0.63	$0.052^{+0.018}_{-0.020}$	$1.74^{+0.88}_{-5.78}$	6.44	1

Tabelle 6.2: *Fitergebnisse für ein Potenzgesetz mit freiem gefitteten N_{H}.*

IAU Name	N_{H} [10^{20} cm^{-2}]	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ [μJy]	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
0014+813	$11.28^{+34.9}_{-8.79}$	$0.334^{+0.528}_{-0.103}$	$0.54^{+1.68}_{-0.82}$	0.86	4
0017+154					
0112−017					
0118−272	$2.27^{+1.56}_{-1.16}$	$0.195^{+0.034}_{-0.033}$	$1.62^{+0.59}_{-0.49}$	0.87	7
0119+041					
0122−003	$2.09^{+0.84}_{-0.76}$	$0.183^{+0.015}_{-0.015}$	$0.75^{+0.29}_{-0.28}$	0.88	7
0133+207	$4.23^{+1.49}_{-1.32}$	$0.333^{+0.036}_{-0.035}$	$0.94^{+0.38}_{-0.37}$	2.15	7
0133+476	$4.14^{+8.37}_{-3.08}$	$0.238^{+0.084}_{-0.049}$	$0.16^{+0.78}_{-0.65}$	0.52	6
0134+329	$3.60^{+0.64}_{-0.60}$	$0.712^{+0.044}_{-0.044}$	$1.51^{+0.21}_{-0.20}$	1.97	16
0135−247	$0.69^{+0.51}_{-0.42}$	$0.218^{+0.022}_{-0.022}$	$0.86^{+0.26}_{-0.25}$	1.22	5
0136+176	$5.52^{+16.8}_{-4.19}$	$0.042^{+0.030}_{-0.011}$	$0.70^{+1.27}_{-0.85}$	0.20	2
0137+012	$3.12^{+0.59}_{-0.53}$	$0.421^{+0.022}_{-0.021}$	$0.98^{+0.18}_{-0.17}$	1.09	21
0157−311					
0202+149	$21.64^{+89.3}_{-21.5}$	$0.078^{+0.637}_{-0.043}$	$0.75^{+3.71}_{-1.67}$	0.54	2
0208−512	$1.46^{+0.78}_{-0.64}$	$0.599^{+0.050}_{-0.048}$	$0.56^{+0.28}_{-0.25}$	1.01	8
0212+735	$51.64^{+140.}_{-52.2}$	$0.382^{+6.902}_{-0.285}$	$0.37^{+4.01}_{-2.09}$	2.77	7
0219+428	$8.26^{+2.64}_{-1.93}$	$0.413^{+0.045}_{-0.038}$	$1.61^{+0.39}_{-0.35}$	0.75	6
0232−042	$1.94^{+0.52}_{-0.51}$	$0.301^{+0.020}_{-0.020}$	$1.02^{+0.21}_{-0.21}$	1.35	13
0234−301	$0.20^{+2.27}_{-0.91}$	$0.035^{+0.011}_{-0.011}$	$0.61^{+1.03}_{-0.78}$	0.44	2
0235+164	$8.79^{+18.7}_{-5.24}$	$0.434^{+0.324}_{-0.098}$	$0.69^{+1.18}_{-0.67}$	0.99	4
0237−233	$2.16^{+0.97}_{-0.84}$	$0.283^{+0.026}_{-0.025}$	$0.71^{+0.30}_{-0.29}$	1.59	5
0333+321	$21.21^{+20.9}_{-13.7}$	$1.328^{+1.027}_{-0.452}$	$0.47^{+1.03}_{-0.77}$	2.42	5
0403−132	$3.38^{+1.07}_{-0.97}$	$0.420^{+0.032}_{-0.032}$	$0.68^{+0.27}_{-0.27}$	1.26	9
0405−123	$3.30^{+0.62}_{-0.53}$	$1.224^{+0.066}_{-0.063}$	$1.18^{+0.20}_{-0.18}$	1.20	21
0422−380	$3.72^{+4.03}_{-2.86}$	$0.136^{+0.044}_{-0.045}$	$1.80^{+1.48}_{-1.20}$	1.08	3
0426−380	$3.48^{+2.97}_{-2.19}$	$0.098^{+0.021}_{-0.021}$	$1.75^{+0.98}_{-0.82}$	0.64	2
0438−436	$7.98^{+22.4}_{-5.47}$	$0.231^{+0.205}_{-0.055}$	$0.67^{+1.21}_{-0.68}$	0.45	5
0454−220	$4.14^{+0.67}_{-0.65}$	$0.575^{+0.033}_{-0.033}$	$1.37^{+0.20}_{-0.20}$	0.96	17
0454+844	$13.22^{+87.9}_{-13.3}$	$0.025^{+0.240}_{-0.013}$	$1.00^{+4.88}_{-1.79}$	0.99	3
0514−459					
0528+134	$35.84^{+106.}_{-36.0}$	$0.508^{+5.469}_{-0.336}$	$0.32^{+3.66}_{-1.82}$	1.12	4
0537−441	$2.64^{+0.98}_{-0.81}$	$0.800^{+0.073}_{-0.069}$	$1.08^{+0.32}_{-0.29}$	2.07	7
0537−286	$2.45^{+1.55}_{-1.20}$	$0.181^{+0.021}_{-0.020}$	$0.45^{+0.39}_{-0.38}$	1.46	7
0538+498	$10.90^{+32.3}_{-8.60}$	$0.115^{+0.168}_{-0.036}$	$0.48^{+1.83}_{-0.96}$	1.27	5
0552+398	$54.87^{+98.1}_{-52.6}$	$0.557^{+5.334}_{-0.433}$	$1.44^{+3.80}_{-2.49}$	0.19	3
0615+820	$13.57^{+83.9}_{-10.2}$	$0.049^{+0.402}_{-0.019}$	$2.22^{+6.18}_{-1.74}$	1.21	4
0636+680					
0637−752	$10.12^{+18.0}_{-4.72}$	$0.864^{+0.619}_{-0.181}$	$1.29^{+1.25}_{-0.69}$	0.40	6
0642+449	$40.50^{+251.}_{-41.2}$	$0.261^{+135.8}_{-0.213}$	$2.65^{+11.3}_{-3.52}$	1.17	2
0711+356					

Tabelle 6.2: *(Fortsetzung) Fits mit festem galaktischen* $N_{\rm H}$.

IAU Name	gal. $N_{\rm H}$ [10^{20} cm^{-2}]	$f_{1\,\rm keV}$ [μJy]	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
0735+178	4.35 ± 0.14	$0.247^{+0.019}_{-0.019}$	$1.18^{+0.15}_{-0.17}$	1.83	6
0736+017	8.91 ± 0.28	$0.512^{+0.053}_{-0.054}$	$0.88^{+0.29}_{-0.30}$	1.29	6
0743−673	12.59 ± 0.63	$0.134^{+0.020}_{-0.020}$	$1.32^{+0.68}_{-0.72}$	0.84	6
0804+499	4.50 ± 0.63	$0.157^{+0.023}_{-0.023}$	$0.57^{+0.34}_{-0.40}$	0.96	6
0809+483	4.93 ± 0.16	$0.024^{+0.009}_{-0.009}$	$1.35^{+0.84}_{-1.53}$	0.03	2
0814+425	4.88 ± 0.63	$0.044^{+0.011}_{-0.011}$	$0.34^{+0.56}_{-0.71}$	1.98	2
0820+225	4.00 ± 0.63	$0.051^{+0.013}_{-0.013}$	$1.03^{+0.49}_{-0.64}$	0.88	2
0820+560	4.56 ± 0.63	$0.169^{+0.031}_{-0.031}$	$0.39^{+0.44}_{-0.56}$	0.54	3
0834+250	3.31 ± 0.63	$0.085^{+0.020}_{-0.020}$	$1.33^{+0.35}_{-0.44}$	0.28	3
0836+710	2.93 ± 0.63	$2.263^{+0.050}_{-0.050}$	$0.43^{+0.04}_{-0.04}$	1.51	11
0838+133	5.40 ± 0.17	$0.230^{+0.018}_{-0.019}$	$0.59^{+0.20}_{-0.21}$	2.53	5
0839+187	3.14 ± 0.63	$0.140^{+0.028}_{-0.030}$	$0.86^{+0.40}_{-0.51}$	2.53	5
0850+140	3.60 ± 0.11	$0.092^{+0.007}_{-0.007}$	$0.98^{+0.14}_{-0.15}$	0.54	5
0850+581	4.03 ± 0.63	$0.065^{+0.014}_{-0.014}$	$0.42^{+0.53}_{-0.71}$	0.34	2
0851+142	3.17 ± 0.63	$0.048^{+0.007}_{-0.007}$	$1.28^{+0.20}_{-0.20}$	1.75	4
0851+202	2.75 ± 0.09	$0.619^{+0.039}_{-0.040}$	$1.16^{+0.08}_{-0.08}$	1.06	8
0855+143	3.40 ± 0.63	$0.125^{+0.007}_{-0.007}$	$0.11^{+0.12}_{-0.13}$	3.35	7
0859+470	2.19 ± 0.63	$0.072^{+0.016}_{-0.016}$	$1.05^{+0.31}_{-0.37}$	1.13	3
0906+430	1.52 ± 0.63	$0.111^{+0.006}_{-0.007}$	$0.60^{+0.10}_{-0.09}$	1.80	12
0917+624	3.55 ± 0.63	$0.060^{+0.006}_{-0.006}$	$-0.25^{+0.27}_{-0.30}$	1.04	9
0917+449	1.50 ± 0.63	$0.482^{+0.033}_{-0.033}$	$0.41^{+0.09}_{-0.09}$	2.27	5
0923+392	1.69 ± 0.06	$0.566^{+0.036}_{-0.036}$	$1.26^{+0.06}_{-0.06}$	0.52	11
0945+408	1.70 ± 0.63	$0.130^{+0.022}_{-0.022}$	$0.97^{+0.21}_{-0.22}$	0.85	9
0954+556	0.93 ± 0.63	$0.102^{+0.015}_{-0.015}$	$1.22^{+0.13}_{-0.12}$	0.96	7
0954+658	4.13 ± 0.63	$0.175^{+0.016}_{-0.016}$	$0.30^{+0.23}_{-0.25}$	0.95	8
0955+476	1.02 ± 0.63	$0.234^{+0.022}_{-0.023}$	$0.21^{+0.13}_{-0.14}$	0.47	6
0955+326	1.70 ± 0.63	$0.043^{+0.008}_{-0.008}$	$0.61^{+0.27}_{-0.32}$	0.16	3
1020+400	1.17 ± 0.63	$0.037^{+0.011}_{-0.011}$	$1.03^{+0.34}_{-0.38}$	1.00	2
1022+194	2.33 ± 0.63	$0.178^{+0.014}_{-0.014}$	$1.31^{+0.08}_{-0.08}$	1.25	5
1034−293	4.95 ± 0.63	$0.259^{+0.027}_{-0.027}$	$1.03^{+0.27}_{-0.32}$	3.13	6
1039+811	3.30 ± 0.63	$0.197^{+0.018}_{-0.018}$	$1.27^{+0.12}_{-0.14}$	1.33	11
1040+123	2.70 ± 0.09	$0.143^{+0.013}_{-0.012}$	$1.14^{+0.12}_{-0.13}$	1.94	6
1055+018	3.87 ± 0.63	$0.232^{+0.024}_{-0.023}$	$1.38^{+0.13}_{-0.15}$	2.29	5
1058+726	3.47 ± 0.63	$0.113^{+0.010}_{-0.010}$	$0.34^{+0.26}_{-0.27}$	0.89	7
1100+772	2.92 ± 0.09	$0.452^{+0.049}_{-0.051}$	$1.47^{+0.12}_{-0.12}$	2.08	5
1111+408	1.75 ± 0.06	$0.166^{+0.010}_{-0.010}$	$1.32^{+0.06}_{-0.06}$	1.21	13
1137+660	0.82 ± 0.06	$0.381^{+0.042}_{-0.042}$	$1.16^{+0.09}_{-0.09}$	0.49	8
1144−379	8.66 ± 0.63	$0.434^{+0.025}_{-0.025}$	$1.52^{+0.14}_{-0.15}$	0.89	7
1145−071	3.34 ± 0.63	$0.076^{+0.014}_{-0.014}$	$1.07^{+0.30}_{-0.38}$	0.31	4
1150+812	4.67 ± 0.63	$0.088^{+0.009}_{-0.009}$	$0.44^{+0.24}_{-0.27}$	0.90	5

Tabelle 6.2: *(Fortsetzung) Fits mit freiem gefitteten N_{H}.*

IAU Name	N_{H} $[10^{20}\ \mathrm{cm}^{-2}]$	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ $[\mu\mathrm{Jy}]$	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
0735+178	$2.36^{+1.50}_{-1.28}$	$0.228^{+0.027}_{-0.027}$	$0.66^{+0.44}_{-0.42}$	1.01	5
0736+017	$31.77^{+47.5}_{-23.3}$	$1.033^{+2.756}_{-0.541}$	$2.38^{+2.70}_{-1.60}$	0.91	5
0743−673	$4.85^{+24.9}_{-4.49}$	$0.104^{+0.110}_{-0.030}$	$0.64^{+1.68}_{-1.07}$	0.73	5
0804+499	$5.13^{+27.1}_{-4.10}$	$0.162^{+0.197}_{-0.045}$	$0.67^{+1.61}_{-0.89}$	1.14	5
0809+483					
0814+425					
0820+225					
0820+560	$6.31^{+52.7}_{-5.93}$	$0.182^{+0.598}_{-0.066}$	$0.64^{+2.89}_{-1.27}$	0.74	2
0834+250	$1.72^{+4.32}_{-2.49}$	$0.079^{+0.028}_{-0.027}$	$0.83^{+1.37}_{-1.27}$	0.11	2
0836+710	$3.27^{+0.41}_{-0.39}$	$2.304^{+0.079}_{-0.079}$	$0.52^{+0.11}_{-0.11}$	1.40	10
0838+133	$17.94^{+29.6}_{-11.3}$	$0.357^{+0.463}_{-0.118}$	$1.65^{+1.73}_{-0.96}$	1.83	4
0839+187	$-0.03^{+3.10}_{-1.04}$	$0.118^{+0.039}_{-0.036}$	$-0.19^{+1.15}_{-1.13}$	2.26	4
0850+140	$3.72^{+1.71}_{-1.47}$	$0.092^{+0.011}_{-0.011}$	$1.01^{+0.45}_{-0.43}$	0.67	4
0850+581					
0851+142	$0.75^{+1.65}_{-1.02}$	$0.045^{+0.008}_{-0.008}$	$0.45^{+0.63}_{-0.53}$	0.14	3
0851+202	$2.59^{+0.86}_{-0.78}$	$0.616^{+0.052}_{-0.052}$	$1.11^{+0.30}_{-0.29}$	1.19	7
0855+143	$16.92^{+20.5}_{-8.89}$	$0.207^{+0.162}_{-0.053}$	$1.34^{+1.12}_{-0.66}$	0.16	6
0859+470	$1.10^{+3.47}_{-1.84}$	$0.069^{+0.021}_{-0.020}$	$0.66^{+1.20}_{-1.08}$	1.46	2
0906+430	$0.13^{+0.56}_{-0.40}$	$0.102^{+0.009}_{-0.008}$	$0.08^{+0.25}_{-0.23}$	0.49	11
0917+624	$6.93^{+28.6}_{-6.13}$	$0.069^{+0.083}_{-0.020}$	$0.06^{+1.45}_{-0.80}$	1.10	8
0917+449	$2.59^{+1.20}_{-1.01}$	$0.515^{+0.054}_{-0.052}$	$0.75^{+0.35}_{-0.33}$	1.80	4
0923+392	$2.01^{+0.62}_{-0.56}$	$0.571^{+0.047}_{-0.046}$	$1.39^{+0.25}_{-0.24}$	0.47	10
0945+408	$0.35^{+1.39}_{-0.80}$	$0.123^{+0.026}_{-0.025}$	$0.44^{+0.60}_{-0.51}$	0.54	8
0954+556	$0.62^{+0.98}_{-0.62}$	$0.101^{+0.018}_{-0.018}$	$1.07^{+0.47}_{-0.38}$	1.04	6
0954+658	$10.36^{+23.4}_{-6.52}$	$0.225^{+0.212}_{-0.057}$	$0.99^{+1.40}_{-0.80}$	0.66	7
0955+476	$1.73^{+1.82}_{-1.29}$	$0.245^{+0.039}_{-0.036}$	$0.44^{+0.52}_{-0.47}$	0.38	5
0955+326	$1.32^{+3.70}_{-1.91}$	$0.042^{+0.013}_{-0.012}$	$0.49^{+1.05}_{-0.93}$	0.21	2
1020+400					
1022+194	$2.45^{+0.90}_{-0.81}$	$0.179^{+0.018}_{-0.018}$	$1.36^{+0.34}_{-0.33}$	1.55	4
1034−293	$1.55^{+1.72}_{-1.31}$	$0.222^{+0.037}_{-0.035}$	$0.33^{+0.49}_{-0.48}$	1.56	5
1039+811	$1.76^{+1.26}_{-0.98}$	$0.184^{+0.024}_{-0.022}$	$0.78^{+0.43}_{-0.40}$	0.95	10
1040+123	$0.96^{+1.10}_{-0.80}$	$0.130^{+0.017}_{-0.016}$	$0.55^{+0.41}_{-0.37}$	0.76	5
1055+018	$2.15^{+1.34}_{-1.12}$	$0.222^{+0.029}_{-0.028}$	$0.84^{+0.46}_{-0.43}$	1.49	4
1058+726	$1.69^{+2.36}_{-1.52}$	$0.104^{+0.017}_{-0.016}$	$0.02^{+0.51}_{-0.48}$	0.66	6
1100+772	$2.64^{+1.22}_{-1.09}$	$0.449^{+0.062}_{-0.062}$	$1.37^{+0.45}_{-0.44}$	2.54	4
1111+408	$1.00^{+0.47}_{-0.38}$	$0.162^{+0.012}_{-0.012}$	$1.01^{+0.21}_{-0.19}$	0.64	12
1137+660	$1.19^{+0.82}_{-0.62}$	$0.384^{+0.054}_{-0.054}$	$1.34^{+0.38}_{-0.32}$	0.40	7
1144−379	$9.84^{+4.07}_{-2.35}$	$0.452^{+0.069}_{-0.048}$	$1.68^{+0.44}_{-0.37}$	0.90	6
1145−071	$3.22^{+4.40}_{-2.92}$	$0.076^{+0.021}_{-0.019}$	$1.03^{+1.20}_{-1.07}$	0.41	3
1150+812	$9.20^{+40.7}_{-5.93}$	$0.106^{+0.231}_{-0.028}$	$0.95^{+2.25}_{-0.81}$	0.73	4

Tabelle 6.2: *(Fortsetzung) Fits mit festem galaktischen* N_{H}.

IAU Name	gal. N_{H} [10^{20} cm^{-2}]	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ [μJy]	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
1150+497	1.97 ± 0.63	$0.569^{+0.027}_{-0.027}$	$1.11^{+0.05}_{-0.05}$	0.95	18
1204+281	1.59 ± 0.63	$0.035^{+0.006}_{-0.006}$	$0.53^{+0.28}_{-0.37}$	1.17	6
1210+134	2.34 ± 0.63	$0.025^{+0.006}_{-0.006}$	$1.09^{+0.35}_{-0.42}$	2.26	2
1211+334	1.17 ± 0.63	$0.063^{+0.006}_{-0.006}$	$1.34^{+0.08}_{-0.08}$	0.89	6
1218+339	1.21 ± 0.63	$0.102^{+0.007}_{-0.007}$	$1.02^{+0.07}_{-0.07}$	0.86	8
1219+285	1.85 ± 0.63	$0.390^{+0.015}_{-0.015}$	$1.15^{+0.04}_{-0.04}$	1.12	29
1219+044	1.67 ± 0.63	$0.373^{+0.020}_{-0.020}$	$0.73^{+0.07}_{-0.07}$	1.28	11
1226+023	1.83 ± 0.06	$12.269^{+0.129}_{-0.127}$	$1.00^{+0.01}_{-0.01}$	4.15	19
1241+166	2.00 ± 0.63	$0.071^{+0.008}_{-0.008}$	$0.61^{+0.18}_{-0.21}$	1.13	5
1250+568	1.03 ± 0.06	$0.178^{+0.012}_{-0.012}$	$1.51^{+0.05}_{-0.05}$	0.86	17
1253−055	2.22 ± 0.07	$1.204^{+0.045}_{-0.045}$	$0.85^{+0.05}_{-0.05}$	1.16	24
1302−102	3.26 ± 0.63	$0.761^{+0.048}_{-0.048}$	$1.37^{+0.07}_{-0.08}$	0.96	9
1308+326	1.06 ± 0.63	$0.150^{+0.013}_{-0.013}$	$0.92^{+0.09}_{-0.09}$	1.30	8
1327−311	4.27 ± 0.63	$0.033^{+0.008}_{-0.009}$	$0.32^{+0.72}_{-1.07}$	0.84	2
1335−127	4.75 ± 0.63	$0.474^{+0.035}_{-0.035}$	$0.77^{+0.16}_{-0.17}$	1.73	6
1351−018	2.72 ± 0.63	$0.043^{+0.005}_{-0.005}$	$0.65^{+0.22}_{-0.27}$	1.75	4
1402+044	2.12 ± 0.63	$0.034^{+0.011}_{-0.012}$	$1.25^{+0.43}_{-0.45}$	0.27	1
1416+067	2.06 ± 0.06	$0.321^{+0.016}_{-0.016}$	$0.86^{+0.06}_{-0.07}$	0.75	12
1418+546	1.46 ± 0.63	$0.319^{+0.016}_{-0.016}$	$1.17^{+0.05}_{-0.05}$	2.01	18
1435+638	1.89 ± 0.63	$0.147^{+0.024}_{-0.025}$	$0.75^{+0.26}_{-0.31}$	1.08	6
1442+101	1.85 ± 0.63	$0.110^{+0.008}_{-0.009}$	$0.47^{+0.14}_{-0.15}$	0.44	5
1458+718	2.41 ± 0.08	$0.251^{+0.015}_{-0.015}$	$0.82^{+0.08}_{-0.09}$	1.47	7
1502+106	2.38 ± 0.63	$0.040^{+0.007}_{-0.007}$	$0.91^{+0.29}_{-0.38}$	0.83	6
1510−089	6.73 ± 0.63	$0.700^{+0.036}_{-0.037}$	$0.76^{+0.14}_{-0.14}$	1.41	7
1512+370	1.39 ± 0.63	$0.420^{+0.026}_{-0.026}$	$1.20^{+0.05}_{-0.06}$	2.32	13
1532+016	4.43 ± 0.63	$0.158^{+0.041}_{-0.043}$	$0.91^{+0.58}_{-0.76}$	0.01	1
1538+149	3.36 ± 0.63	$0.122^{+0.013}_{-0.013}$	$0.72^{+0.21}_{-0.25}$	0.47	4
1545+210	4.38 ± 0.63	$1.488^{+0.063}_{-0.062}$	$1.57^{+0.06}_{-0.06}$	1.11	21
1552+199	3.84 ± 0.63	$0.063^{+0.013}_{-0.013}$	$1.22^{+0.37}_{-0.49}$	1.50	3
1611+343	1.44 ± 0.06	$0.244^{+0.018}_{-0.018}$	$0.78^{+0.08}_{-0.09}$	1.09	11
1618+177	4.22 ± 0.13	$0.194^{+0.015}_{-0.015}$	$1.17^{+0.14}_{-0.17}$	0.52	6
1633+382	1.19 ± 0.63	$0.440^{+0.024}_{-0.025}$	$0.61^{+0.06}_{-0.06}$	1.40	8
1636+473	1.44 ± 0.63	$0.060^{+0.013}_{-0.014}$	$0.66^{+0.31}_{-0.38}$	0.40	2
1637+574	1.94 ± 0.63	$0.223^{+0.009}_{-0.009}$	$1.26^{+0.04}_{-0.04}$	0.81	28
1638+398	1.15 ± 0.63	$0.048^{+0.013}_{-0.014}$	$0.70^{+0.37}_{-0.46}$	0.74	1
1641+399	0.74 ± 0.06	$0.870^{+0.040}_{-0.040}$	$0.68^{+0.04}_{-0.04}$	1.12	19
1652+398	1.73 ± 0.06	$9.901^{+0.101}_{-0.105}$	$1.35^{+0.01}_{-0.01}$	9.24	25
1656+348	1.78 ± 0.63	$0.070^{+0.011}_{-0.011}$	$1.23^{+0.18}_{-0.18}$	1.04	3
1656+571	2.11 ± 0.63	$0.058^{+0.009}_{-0.009}$	$0.99^{+0.23}_{-0.27}$	0.26	5
1704+608	2.26 ± 0.07	$0.194^{+0.015}_{-0.014}$	$1.25^{+0.08}_{-0.09}$	12.82	7

Tabelle 6.2: *(Fortsetzung) Fits mit freiem gefitteten N_{H}.*

IAU Name	N_{H} $[10^{20}\ \mathrm{cm}^{-2}]$	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ $[\mu\mathrm{Jy}]$	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
1150+497	$2.45\ ^{+0.53}_{-0.49}$	$0.580\ ^{+0.036}_{-0.036}$	$1.28\ ^{+0.19}_{-0.19}$	0.82	17
1204+281	$0.70\ ^{+2.98}_{-1.53}$	$0.033\ ^{+0.009}_{-0.009}$	$0.22\ ^{+0.97}_{-0.91}$	1.31	5
1210+134					
1211+334	$0.75\ ^{+0.63}_{-0.47}$	$0.062\ ^{+0.007}_{-0.007}$	$1.14\ ^{+0.31}_{-0.27}$	0.73	5
1218+339	$1.08\ ^{+0.61}_{-0.51}$	$0.102\ ^{+0.009}_{-0.009}$	$0.97\ ^{+0.26}_{-0.25}$	0.95	7
1219+285	$2.17\ ^{+0.39}_{-0.37}$	$0.394\ ^{+0.019}_{-0.019}$	$1.27\ ^{+0.15}_{-0.15}$	1.06	28
1219+044	$0.95\ ^{+0.54}_{-0.47}$	$0.360\ ^{+0.026}_{-0.025}$	$0.46\ ^{+0.22}_{-0.21}$	0.83	10
1226+023	$1.60\ ^{+0.09}_{-0.10}$	$12.172\ ^{+0.160}_{-0.166}$	$0.91\ ^{+0.04}_{-0.04}$	3.29	18
1241+166	$1.73\ ^{+2.93}_{-1.62}$	$0.070\ ^{+0.015}_{-0.013}$	$0.54\ ^{+0.72}_{-0.59}$	1.40	4
1250+568	$1.23\ ^{+0.36}_{-0.33}$	$0.178\ ^{+0.015}_{-0.015}$	$1.61\ ^{+0.19}_{-0.18}$	0.84	16
1253−055	$2.39\ ^{+0.53}_{-0.47}$	$1.214\ ^{+0.063}_{-0.062}$	$0.91\ ^{+0.18}_{-0.17}$	1.19	23
1302−102	$2.46\ ^{+0.81}_{-0.71}$	$0.742\ ^{+0.061}_{-0.060}$	$1.11\ ^{+0.28}_{-0.26}$	0.66	8
1308+326	$1.42\ ^{+0.80}_{-0.68}$	$0.152\ ^{+0.017}_{-0.017}$	$1.07\ ^{+0.33}_{-0.32}$	1.37	7
1327−311					
1335−127	$9.11\ ^{+8.69}_{-3.77}$	$0.573\ ^{+0.184}_{-0.098}$	$1.40\ ^{+0.74}_{-0.57}$	1.05	5
1351−018	$1.25\ ^{+1.99}_{-1.42}$	$0.040\ ^{+0.007}_{-0.007}$	$0.25\ ^{+0.60}_{-0.58}$	1.64	3
1402+044					
1416+067	$1.85\ ^{+0.68}_{-0.57}$	$0.318\ ^{+0.023}_{-0.022}$	$0.79\ ^{+0.24}_{-0.22}$	0.79	11
1418+546	$1.30\ ^{+0.37}_{-0.35}$	$0.318\ ^{+0.020}_{-0.020}$	$1.10\ ^{+0.17}_{-0.17}$	2.08	17
1435+638	$1.47\ ^{+2.73}_{-1.77}$	$0.145\ ^{+0.032}_{-0.031}$	$0.61\ ^{+0.90}_{-0.81}$	1.27	5
1442+101	$2.67\ ^{+2.15}_{-1.63}$	$0.116\ ^{+0.017}_{-0.016}$	$0.68\ ^{+0.50}_{-0.47}$	0.36	4
1458+718	$2.04\ ^{+0.95}_{-0.78}$	$0.246\ ^{+0.022}_{-0.021}$	$0.71\ ^{+0.30}_{-0.28}$	1.62	6
1502+106	$0.54\ ^{+3.23}_{-1.33}$	$0.035\ ^{+0.012}_{-0.010}$	$0.32\ ^{+1.00}_{-0.86}$	0.70	5
1510−089	$8.23\ ^{+6.56}_{-3.11}$	$0.743\ ^{+0.185}_{-0.104}$	$0.93\ ^{+0.55}_{-0.42}$	1.54	6
1512+370	$2.04\ ^{+0.53}_{-0.50}$	$0.427\ ^{+0.034}_{-0.034}$	$1.47\ ^{+0.22}_{-0.22}$	1.98	12
1532+016					
1538+149	$3.63\ ^{+3.41}_{-2.43}$	$0.124\ ^{+0.026}_{-0.024}$	$0.79\ ^{+0.73}_{-0.69}$	0.62	3
1545+210	$3.59\ ^{+0.58}_{-0.56}$	$1.460\ ^{+0.077}_{-0.080}$	$1.33\ ^{+0.19}_{-0.18}$	0.85	20
1552+199	$3.40\ ^{+8.24}_{-3.83}$	$0.061\ ^{+0.024}_{-0.020}$	$1.11\ ^{+1.47}_{-1.39}$	2.24	2
1611+343	$0.86\ ^{+0.64}_{-0.55}$	$0.238\ ^{+0.022}_{-0.022}$	$0.55\ ^{+0.27}_{-0.27}$	0.90	10
1618+177	$4.12\ ^{+2.14}_{-1.80}$	$0.193\ ^{+0.027}_{-0.026}$	$1.14\ ^{+0.52}_{-0.50}$	0.63	5
1633+382	$1.68\ ^{+0.68}_{-0.61}$	$0.450\ ^{+0.034}_{-0.034}$	$0.80\ ^{+0.25}_{-0.25}$	1.29	7
1636+473					
1637+574	$1.63\ ^{+0.37}_{-0.35}$	$0.222\ ^{+0.011}_{-0.011}$	$1.14\ ^{+0.15}_{-0.15}$	0.75	27
1638+398					
1641+399	$1.38\ ^{+0.43}_{-0.42}$	$0.899\ ^{+0.055}_{-0.054}$	$0.95\ ^{+0.18}_{-0.18}$	0.67	18
1652+398	$2.39\ ^{+0.10}_{-0.09}$	$10.081\ ^{+0.136}_{-0.135}$	$1.61\ ^{+0.04}_{-0.04}$	1.82	24
1656+348	$2.19\ ^{+2.88}_{-1.76}$	$0.072\ ^{+0.018}_{-0.016}$	$1.38\ ^{+0.89}_{-0.73}$	1.49	2
1656+571	$1.99\ ^{+2.96}_{-1.97}$	$0.057\ ^{+0.014}_{-0.013}$	$0.95\ ^{+0.88}_{-0.80}$	0.33	4
1704+608	$0.22\ ^{+0.36}_{-0.35}$	$0.192\ ^{+0.015}_{-0.015}$	$0.34\ ^{+0.20}_{-0.22}$	5.87	6

Tabelle 6.2: *(Fortsetzung) Fits mit festem galaktischen $N_{\rm H}$.*

IAU Name	gal. $N_{\rm H}$ $[10^{20}\,{\rm cm}^{-2}]$	$f_{1\,{\rm keV}}$ $[\mu{\rm Jy}]$	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
1721+343	3.06 ± 0.09	$2.216^{+0.170}_{-0.170}$	$1.30^{+0.09}_{-0.09}$	0.32	10
1725+044	7.03 ± 0.22	$0.141^{+0.017}_{-0.017}$	$0.98^{+0.31}_{-0.35}$	0.62	3
1732+389	2.96 ± 0.63	$0.047^{+0.009}_{-0.009}$	$0.58^{+0.36}_{-0.50}$	0.03	3
1749+701	3.86 ± 0.63	$0.179^{+0.024}_{-0.024}$	$1.78^{+0.16}_{-0.17}$	0.60	5
1749+096	9.37 ± 0.63	$0.308^{+0.028}_{-0.028}$	$0.62^{+0.32}_{-0.32}$	1.43	7
1803+784	4.21 ± 0.63	$0.245^{+0.018}_{-0.018}$	$0.96^{+0.13}_{-0.14}$	0.69	8
1806+456	3.58 ± 0.63	$0.073^{+0.007}_{-0.007}$	$1.13^{+0.15}_{-0.16}$	1.44	7
1807+698	4.69 ± 0.63	$0.359^{+0.019}_{-0.019}$	$1.26^{+0.09}_{-0.10}$	2.09	8
1823+568	4.04 ± 0.63	$0.466^{+0.026}_{-0.026}$	$0.26^{+0.13}_{-0.13}$	0.94	12
1828+487	6.60 ± 0.21	$0.655^{+0.031}_{-0.031}$	$0.66^{+0.13}_{-0.13}$	1.54	8
1921−293	8.01 ± 0.63	$1.128^{+0.019}_{-0.019}$	$0.89^{+0.05}_{-0.05}$	1.15	17
1928+738	7.40 ± 0.63	$1.052^{+0.033}_{-0.034}$	$0.80^{+0.08}_{-0.08}$	1.12	18
1937−101	11.45 ± 0.63	$0.110^{+0.012}_{-0.012}$	$0.63^{+0.44}_{-0.42}$	0.75	6
2000−330	7.17 ± 0.63	$0.067^{+0.018}_{-0.019}$	$1.32^{+0.69}_{-0.91}$	2.33	1
2005−489	5.53 ± 0.63	$2.759^{+0.051}_{-0.055}$	$2.57^{+0.02}_{-0.02}$	20.73	16
2007+777	8.24 ± 0.63	$0.182^{+0.016}_{-0.017}$	$0.51^{+0.30}_{-0.31}$	0.72	11
2058−425	3.88 ± 0.63	$0.161^{+0.020}_{-0.020}$	$2.13^{+0.12}_{-0.13}$	1.76	7
2059+034	7.32 ± 0.63	$0.141^{+0.028}_{-0.028}$	$1.31^{+0.53}_{-0.65}$	0.04	3
2126−158	4.85 ± 0.15	$0.602^{+0.036}_{-0.036}$	$0.25^{+0.16}_{-0.16}$	1.24	10
2131−021	4.08 ± 0.63	$0.045^{+0.009}_{-0.009}$	$0.99^{+0.42}_{-0.60}$	0.71	3
2134+004	5.12 ± 0.16	$0.294^{+0.023}_{-0.023}$	$0.59^{+0.18}_{-0.19}$	0.61	12
2135−147	4.45 ± 0.14	$2.140^{+0.077}_{-0.078}$	$1.41^{+0.05}_{-0.05}$	0.95	25
2136+141	7.02 ± 0.63	$0.128^{+0.025}_{-0.027}$	$-0.02^{+0.72}_{-0.73}$	1.08	6
2141+175	7.96 ± 0.63	$0.181^{+0.018}_{-0.018}$	$1.24^{+0.29}_{-0.34}$	0.44	6
2145+067	5.00 ± 0.63	$0.542^{+0.052}_{-0.052}$	$0.78^{+0.21}_{-0.24}$	1.11	7
2155−152	3.83 ± 0.63	$0.238^{+0.015}_{-0.015}$	$1.17^{+0.10}_{-0.10}$	1.18	6
2200+420	20.15 ± 0.63	$1.006^{+0.081}_{-0.085}$	$1.33^{+0.29}_{-0.26}$	1.40	9
2201+315	9.91 ± 0.31	$0.717^{+0.047}_{-0.049}$	$1.19^{+0.19}_{-0.19}$	0.41	7
2203−188	3.13 ± 0.63	$0.022^{+0.006}_{-0.006}$	$1.40^{+0.40}_{-0.49}$	0.28	2
2223−052	5.26 ± 0.16	$0.301^{+0.013}_{-0.014}$	$0.81^{+0.10}_{-0.11}$	2.64	12
2223+210	4.87 ± 0.63	$0.217^{+0.018}_{-0.018}$	$0.70^{+0.20}_{-0.22}$	0.49	9
2227−399	1.18 ± 0.63	$0.849^{+0.043}_{-0.044}$	$1.12^{+0.04}_{-0.05}$	1.10	20
2240−260	1.72 ± 0.63	$0.079^{+0.015}_{-0.016}$	$1.36^{+0.20}_{-0.19}$	0.84	7
2251+158	7.13 ± 0.22	$1.671^{+0.043}_{-0.043}$	$0.38^{+0.07}_{-0.07}$	1.50	33
2311+469	13.02 ± 0.63	$0.170^{+0.028}_{-0.028}$	$0.68^{+0.52}_{-0.54}$	0.96	8
2320+079	5.19 ± 0.63	$0.042^{+0.007}_{-0.007}$	$1.48^{+0.33}_{-0.40}$	0.36	6
2329−384	1.55 ± 0.63	$0.026^{+0.011}_{-0.012}$	$1.32^{+0.56}_{-0.45}$	2.78	2
2344+092	5.82 ± 0.63	$0.247^{+0.014}_{-0.014}$	$1.43^{+0.11}_{-0.12}$	0.93	8
2349−014	3.64 ± 0.63	$1.150^{+0.041}_{-0.039}$	$1.57^{+0.04}_{-0.04}$	1.43	35
2351−154	2.49 ± 0.63	$0.079^{+0.008}_{-0.008}$	$0.21^{+0.21}_{-0.22}$	2.68	6

Tabelle 6.2: *(Fortsetzung) Fits mit freiem gefitteten N_{H}.*

IAU Name	N_{H} [10^{20} cm^{-2}]	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ [μJy]	α_x	χ^2_{red}	d.o.f.
1721+343	$3.19^{+1.14}_{-1.00}$	$2.227^{+0.230}_{-0.225}$	$1.34^{+0.37}_{-0.35}$	0.34	9
1725+044	$22.03^{+57.7}_{-17.6}$	$0.231^{+0.886}_{-0.111}$	$2.11^{+3.30}_{-1.56}$	0.10	2
1732+389	$3.80^{+29.6}_{-4.39}$	$0.049^{+0.070}_{-0.018}$	$0.75^{+2.12}_{-1.36}$	0.01	2
1749+701	$2.69^{+1.87}_{-1.43}$	$0.174^{+0.030}_{-0.028}$	$1.40^{+0.62}_{-0.54}$	0.38	4
1749+096	$3.10^{+4.23}_{-2.23}$	$0.243^{+0.054}_{-0.042}$	$0.06^{+0.57}_{-0.52}$	0.80	6
1803+784	$4.53^{+1.71}_{-1.41}$	$0.248^{+0.029}_{-0.027}$	$1.03^{+0.38}_{-0.36}$	0.76	7
1806+456	$3.44^{+1.78}_{-1.48}$	$0.072^{+0.011}_{-0.010}$	$1.09^{+0.50}_{-0.46}$	1.68	6
1807+698	$2.92^{+0.87}_{-0.78}$	$0.336^{+0.025}_{-0.024}$	$0.80^{+0.26}_{-0.25}$	0.47	7
1823+568	$5.10^{+2.54}_{-1.63}$	$0.489^{+0.058}_{-0.049}$	$0.42^{+0.33}_{-0.31}$	0.90	11
1828+487	$8.08^{+5.61}_{-2.92}$	$0.696^{+0.148}_{-0.091}$	$0.83^{+0.48}_{-0.39}$	1.65	7
1921−293	$8.34^{+1.11}_{-0.91}$	$1.142^{+0.052}_{-0.046}$	$0.93^{+0.12}_{-0.12}$	1.19	16
1928+738	$10.50^{+2.90}_{-2.00}$	$1.180^{+0.279}_{-0.282}$	$1.17^{+0.28}_{-0.22}$	0.55	17
1937−101	$4.71^{+24.2}_{-4.10}$	$0.089^{+0.088}_{-0.021}$	$0.18^{+1.38}_{-0.76}$	0.70	5
2000−330					
2005−489	$3.50^{+0.19}_{-0.20}$	$2.803^{+0.060}_{-0.060}$	$1.88^{+0.07}_{-0.07}$	1.18	15
2007+777	$7.40^{+23.1}_{-4.76}$	$0.177^{+0.161}_{-0.038}$	$0.46^{+1.21}_{-0.62}$	0.79	10
2058−425	$2.82^{+1.27}_{-1.10}$	$0.164^{+0.024}_{-0.023}$	$1.73^{+0.50}_{-0.47}$	1.63	6
2059+034	$7.55^{+60.8}_{-7.18}$	$0.142^{+0.613}_{-0.055}$	$1.35^{+4.23}_{-1.62}$	0.07	2
2126−158	$5.81^{+6.92}_{-2.66}$	$0.628^{+0.168}_{-0.089}$	$0.37^{+0.55}_{-0.41}$	1.33	9
2131−021	$3.17^{+14.7}_{-3.95}$	$0.043^{+0.028}_{-0.016}$	$0.78^{+1.82}_{-1.48}$	1.03	2
2134+004	$7.13^{+7.95}_{-2.92}$	$0.321^{+0.095}_{-0.049}$	$0.87^{+0.64}_{-0.49}$	0.53	11
2135−147	$4.71^{+0.63}_{-0.60}$	$2.159^{+0.106}_{-0.105}$	$1.48^{+0.18}_{-0.18}$	0.96	24
2136+141	$0.00^{+7.24}_{-0.86}$	$0.094^{+0.041}_{-0.030}$	$-0.74^{+1.07}_{-0.98}$	0.59	5
2141+175	$6.00^{+4.78}_{-2.74}$	$0.169^{+0.035}_{-0.028}$	$0.95^{+0.67}_{-0.61}$	0.35	5
2145+067	$7.03^{+7.60}_{-3.79}$	$0.588^{+0.172}_{-0.112}$	$1.14^{+0.90}_{-0.77}$	1.16	6
2155−152	$4.86^{+1.37}_{-1.23}$	$0.248^{+0.023}_{-0.022}$	$1.44^{+0.35}_{-0.35}$	0.92	5
2200+420	$41.45^{+43.6}_{-29.9}$	$1.838^{+4.109}_{-1.072}$	$2.44^{+2.15}_{-1.63}$	1.37	8
2201+315	$13.97^{+17.5}_{-6.03}$	$0.820^{+0.552}_{-0.170}$	$1.54^{+1.13}_{-0.62}$	0.29	6
2203−188					
2223−052	$6.29^{+1.58}_{-1.23}$	$0.314^{+0.025}_{-0.023}$	$0.99^{+0.26}_{-0.25}$	2.65	11
2223+210	$4.77^{+3.15}_{-2.08}$	$0.216^{+0.034}_{-0.030}$	$0.68^{+0.50}_{-0.47}$	0.55	8
2227−399	$1.29^{+0.41}_{-0.35}$	$0.851^{+0.056}_{-0.055}$	$1.17^{+0.18}_{-0.17}$	1.14	19
2240−260	$1.33^{+2.19}_{-1.29}$	$0.077^{+0.020}_{-0.019}$	$1.21^{+0.83}_{-0.65}$	0.97	6
2251+158	$9.87^{+3.31}_{-1.80}$	$1.849^{+0.212}_{-0.129}$	$0.64^{+0.25}_{-0.19}$	1.26	32
2311+469	$56.15^{+116.}_{-51.1}$	$0.555^{+9.287}_{-0.431}$	$2.78^{+5.09}_{-2.78}$	0.86	7
2320+079	$4.29^{+4.50}_{-3.09}$	$0.041^{+0.010}_{-0.009}$	$1.26^{+1.10}_{-0.97}$	0.39	5
2329−384					
2344+092	$5.33^{+1.26}_{-1.16}$	$0.244^{+0.020}_{-0.019}$	$1.31^{+0.32}_{-0.32}$	0.99	7
2349−014	$2.70^{+0.43}_{-0.39}$	$1.128^{+0.049}_{-0.049}$	$1.26^{+0.15}_{-0.14}$	1.00	34
2351−154	$47.69^{+60.0}_{-35.5}$	$0.341^{+1.278}_{-0.217}$	$3.19^{+2.93}_{-1.94}$	0.07	5

Tabelle 6.3: *Die intrinsischen Größen des Samples: Leuchtkraftdichten, Spektralindizes und Rotverschiebung.*

IAU Name	$\log l_r$	$\log l_o$	$\log l_x$	α_r	α_x	z
		$[\log(\mathrm{erg\,s^{-1}\,Hz^{-1}})]$				
0014+813	35.74	33.41	29.69	0.14	0.67	3.384
0017+154	35.64	31.85	28.03	1.20	1.62	2.018
0112−017	35.00	31.76	27.89	−0.38	0.95	1.365
0118−272	34.14	31.39	27.28	−0.31	1.33	0.557
0119+041	34.39	30.07	26.89	0.00	1.27	0.637
0122−003	34.86	31.73	28.04	0.00	1.16	1.070
0133+207	34.12	30.31	27.26	0.91	1.29	0.425
0133+476	34.91	31.10	27.99	−0.07	0.71	0.859
0134+329	34.62	30.86	27.34	0.80	1.74	0.367
0135−247	34.64	31.17	27.80	−0.33	1.19	0.831
0136+176	35.48	32.02	28.44	0.36	0.59	2.716
0137+012	33.39	30.18	26.89	0.55	0.92	0.258
0157−311	34.64	30.05	27.24	0.86	0.76	0.677
0202+149	35.36	30.08	27.55	0.32	−0.07	1.202
0208−512	35.24	31.57	28.49	0.14	1.13	1.003
0212+735	35.90	32.24	28.78	0.00	−0.40	2.367
0219+428	33.98	31.41	27.33	0.23	1.66	0.444
0232−042	34.93	32.12	28.61	0.23	1.15	1.438
0234−301	34.89	31.91	28.21	−0.52	1.26	2.102
0235+164	34.90	31.46	28.23	−0.16	0.57	0.940
0237−233	36.32	32.55	29.07	0.77	0.73	2.226
0333+321	35.38	31.95	28.94	0.43	0.12	1.259
0403−132	34.64	30.93	27.72	0.00	0.71	0.571
0405−123	34.53	31.81	28.12	0.34	1.36	0.574
0422−380	34.16	30.81	27.53	−0.76	1.09	0.782
0426−380	34.72	30.71	27.68	−0.15	1.15	1.030
0438−436	36.44	31.90	28.97	−0.23	−0.01	2.852
0454−220	34.18	31.37	27.73	0.66	1.05	0.534
0454+844	32.86	29.58	24.91	−0.39	0.39	0.112
0514−459	33.23	29.76	26.15	0.51	0.70	0.194
0528+134	35.74	31.71	28.96	−0.54	−0.09	2.070
0537−441	35.16	31.71	28.47	−0.06	1.58	0.896
0537−286	35.53	31.60	29.17	−0.47	0.32	3.119
0538+498	35.18	31.08	27.19	0.83	1.11	0.545
0552+398	35.90	32.93	29.19	−0.70	0.62	2.365
0615+820	34.36	31.05	26.86	0.00	1.02	0.710
0636+680	35.02	32.84	28.22	−0.83	−0.61	3.174
0637−752	35.02	31.79	28.12	−0.14	1.37	0.654
0642+449	36.15	32.57	29.34	0.36	1.08	3.406
0711+356	35.49	31.35	28.07	0.61	1.74	1.626

Tabelle 6.3: *Die abgeleiteten Größen des Samples: Flußdichten und Breitbandspektralindizes.*

IAU Name	f_r [Jy]	f_o [mJy]	f_x [μJy]	α_{ro}	α_{ox}	α_{rx}
0014+813	0.60	2.256	0.360	0.43	1.43	0.76
0017+154	1.05	0.258	0.024	0.71	1.46	0.95
0112−017	1.15	0.584	0.069	0.60	1.49	0.89
0118−272	0.95	2.502	0.191	0.51	1.58	0.86
0119+041	1.35	0.075	0.055	0.80	1.22	0.94
0122−003	1.30	0.995	0.190	0.58	1.41	0.85
0133+207	2.10	0.317	0.352	0.71	1.17	0.86
0133+476	2.35	0.394	0.299	0.71	1.19	0.87
0134+329	9.10	1.570	0.725	0.70	1.35	0.91
0135−247	1.35	0.499	0.218	0.65	1.29	0.86
0136+176	0.50	0.172	0.041	0.64	1.37	0.88
0137+012	1.05	0.690	0.418	0.60	1.26	0.81
0157−311	2.30	0.062	0.095	0.85	1.08	0.93
0202+149	3.05	0.017	0.049	0.98	0.97	0.98
0208−512	3.55	0.807	0.642	0.68	1.18	0.84
0212+735	2.35	0.418	0.221	0.68	1.33	0.89
0219+428	1.15	4.531	0.419	0.48	1.57	0.83
0232−042	0.75	1.164	0.304	0.52	1.35	0.79
0234−301	0.40	0.271	0.036	0.55	1.42	0.84
0235+164	1.90	0.774	0.415	0.64	1.24	0.83
0237−233	4.65	1.010	0.284	0.70	1.34	0.91
0333+321	2.80	1.102	1.090	0.64	1.15	0.81
0403−132	3.00	0.687	0.422	0.69	1.23	0.87
0405−123	2.40	5.150	1.247	0.51	1.41	0.80
0422−380	0.50	0.255	0.136	0.62	1.26	0.83
0426−380	1.05	0.109	0.093	0.75	1.16	0.88
0438−436	6.10	0.114	0.176	0.84	1.13	0.94
0454−220	1.35	2.220	0.552	0.52	1.40	0.81
0454+844	1.10	1.393	0.019	0.61	1.79	0.99
0514−459	1.30	0.480	0.124	0.64	1.39	0.89
0528+134	2.90	0.175	0.387	0.75	1.05	0.85
0537−441	3.85	1.592	0.841	0.64	1.25	0.84
0537−286	0.75	0.044	0.176	0.73	0.93	0.80
0538+498	13.15	1.087	0.157	0.76	1.49	1.00
0552+398	3.55	2.030	0.334	0.55	1.43	0.84
0615+820	1.00	0.546	0.037	0.62	1.61	0.94
0636+680	0.30	0.728	0.038	0.41	1.77	0.85
0637−752	5.36	3.648	0.886	0.60	1.41	0.86
0642+449	1.25	0.317	0.113	0.67	1.24	0.85
0711+356	1.75	0.145	0.052	0.77	1.26	0.93

Tabelle 6.3: *(Fortsetzung) intrinsische Größen*

IAU Name	$\log l_r$	$\log l_o$	$\log l_x$	α_r	α_x	z
	$[\log(\mathrm{erg\,s^{-1}\,Hz^{-1}})]$					
0735+178	34.18	31.04	27.12	−0.04	1.18	0.424
0736+017	33.50	30.33	26.71	0.23	0.88	0.191
0743−673	35.61	32.47	28.33	0.73	1.32	1.510
0804+499	35.17	31.67	28.27	−0.30	0.57	1.433
0809+483	35.44	31.12	26.89	0.90	1.35	0.871
0814+425	33.76	29.62	26.03	−0.33	0.34	0.258
0820+225	34.84	30.54	27.33	0.00	1.03	0.951
0820+560	35.06	31.54	28.27	0.08	0.39	1.417
0834+250	34.60	31.26	27.75	0.00	1.33	1.122
0836+710	36.03	32.59	29.88	0.38	0.43	2.172
0838+133	34.55	30.73	27.65	0.42	0.59	0.684
0839+187	34.96	32.04	28.10	0.08	0.86	1.272
0850+140	34.84	31.49	27.77	1.12	0.98	1.109
0850+581	34.80	31.45	27.79	−0.75	0.42	1.322
0851+142	34.80	30.35	27.39	0.66	1.28	1.020
0851+202	34.04	31.02	27.19	0.00	1.16	0.306
0855+143	34.90	30.76	27.82	0.81	0.11	1.043
0859+470	35.38	31.24	28.00	0.37	1.05	1.462
0906+430	34.66	30.56	27.31	0.48	0.60	0.668
0917+624	34.97	30.94	27.79	−0.38	−0.25	1.446
0917+449	35.00	31.55	29.21	−0.80	0.41	2.180
0923+392	35.05	30.77	28.01	−0.83	1.26	0.698
0945+408	34.99	31.53	28.06	−0.18	0.97	1.252
0954+556	34.99	31.05	27.57	0.24	1.22	0.901
0954+658	33.88	30.58	26.96	−0.38	0.30	0.367
0955+476	35.04	31.70	28.69	−0.34	0.21	1.873
0955+326	34.07	31.35	26.67	0.36	0.61	0.533
1020+400	34.96	31.52	27.52	0.44	1.03	1.254
1022+194	34.25	31.12	27.70	−0.39	1.31	0.828
1034−293	33.77	30.64	26.85	−0.30	1.03	0.312
1039+811	34.82	31.98	28.26	−0.40	1.27	1.260
1040+123	35.05	31.51	27.87	0.55	1.14	1.028
1055+018	35.04	30.92	27.90	−0.28	1.38	0.888
1058+726	33.78	30.21	26.79	0.25	0.34	0.375
1100+772	33.64	30.89	27.02	0.91	1.47	0.313
1111+408	34.52	30.78	27.53	1.07	1.32	0.734
1137+660	34.49	31.31	27.77	0.75	1.16	0.652
1144−379	34.72	32.03	28.38	−0.68	1.52	1.048
1145−071	34.98	31.50	27.92	−0.21	1.07	1.342
1150+812	35.00	31.21	27.86	0.07	0.44	1.250

Tabelle 6.3: *(Fortsetzung) abgeleitete Größen*

IAU Name	f_r [Jy]	f_o [mJy]	f_x [μJy]	α_{ro}	α_{ox}	α_{rx}
0735+178	1.90	2.147	0.247	0.58	1.51	0.88
0736+017	2.25	1.867	0.512	0.59	1.39	0.85
0743−673	2.75	2.309	0.134	0.58	1.59	0.91
0804+499	1.50	0.424	0.157	0.65	1.31	0.86
0809+483	7.65	0.397	0.024	0.80	1.62	1.07
0814+425	1.75	0.257	0.044	0.77	1.38	0.97
0820+225	1.60	0.092	0.051	0.80	1.23	0.94
0820+560	1.10	0.323	0.169	0.65	1.26	0.85
0834+250	0.65	0.300	0.085	0.62	1.35	0.86
0836+710	3.15	1.166	2.263	0.64	1.04	0.77
0838+133	1.75	0.288	0.230	0.71	1.18	0.87
0839+187	1.10	1.319	0.140	0.54	1.51	0.86
0850+140	1.00	0.520	0.092	0.62	1.43	0.89
0850+581	0.85	0.313	0.065	0.62	1.41	0.88
0851+142	1.20	0.047	0.048	0.83	1.14	0.93
0851+202	2.70	4.344	0.619	0.56	1.47	0.86
0855+143	1.40	0.113	0.125	0.77	1.13	0.89
0859+470	1.95	0.147	0.072	0.77	1.24	0.92
0906+430	2.35	0.204	0.111	0.76	1.25	0.92
0917+624	0.95	0.076	0.060	0.75	1.21	0.90
0917+449	0.55	0.107	0.482	0.64	0.90	0.72
0923+392	4.65	0.304	0.566	0.79	1.06	0.88
0945+408	1.30	0.431	0.130	0.64	1.33	0.87
0954+556	2.55	0.312	0.102	0.73	1.34	0.93
0954+658	1.15	1.042	0.175	0.61	1.39	0.87
0955+476	0.65	0.223	0.234	0.62	1.15	0.79
0955+326	1.00	2.101	0.043	0.51	1.80	0.93
1020+400	1.05	0.417	0.037	0.64	1.54	0.93
1022+194	0.55	0.452	0.178	0.58	1.31	0.82
1034−293	1.25	1.341	0.259	0.58	1.45	0.87
1039+811	0.90	1.192	0.197	0.53	1.43	0.82
1040+123	2.10	0.668	0.143	0.66	1.40	0.90
1055+018	2.95	0.239	0.232	0.77	1.16	0.89
1058+726	1.05	0.332	0.113	0.66	1.31	0.88
1100+772	1.40	2.390	0.452	0.51	1.49	0.83
1111+408	1.45	0.275	0.166	0.70	1.25	0.88
1137+660	1.75	1.223	0.381	0.59	1.36	0.84
1144−379	1.05	2.170	0.434	0.50	1.40	0.79
1145−071	1.10	0.335	0.076	0.65	1.37	0.88
1150+812	1.25	0.205	0.088	0.70	1.29	0.89

Tabelle 6.3: *(Fortsetzung) intrinsische Größen*

IAU Name	$\log l_r$	$\log l_o$	$\log l_x$	α_r	α_x	z
	[$\log(\mathrm{erg\,s^{-1}\,Hz^{-1}})$]					
1150+497	33.73	30.34	27.25	0.92	1.11	0.334
1204+281	35.22	31.91	28.09	0.15	0.53	2.177
1210+134	34.79	31.21	27.22	0.09	1.09	1.137
1211+334	35.27	31.63	28.08	0.78	1.34	1.598
1218+339	35.38	31.29	28.19	0.92	1.02	1.519
1219+285	32.65	29.46	25.94	1.21	1.15	0.102
1219+044	34.68	31.06	28.21	0.44	0.73	0.965
1226+023	34.64	31.38	27.88	−0.06	1.00	0.158
1241+166	34.26	30.11	26.92	0.74	0.61	0.555
1250+568	33.71	29.99	26.63	0.69	1.51	0.320
1253−055	35.22	30.66	28.10	−0.28	0.85	0.538
1302−102	33.59	31.05	27.17	−0.23	1.37	0.286
1308+326	34.87	31.03	27.85	0.00	0.92	0.997
1327−311	34.63	31.14	27.49	−0.15	0.32	1.326
1335−127	34.43	30.35	27.70	−0.15	0.77	0.539
1351−018	36.04	32.11	28.88	0.19	0.65	3.709
1402+044	35.46	32.03	28.79	−0.47	1.25	3.202
1416+067	35.58	31.98	28.61	0.93	0.86	1.439
1418+546	33.08	30.09	26.22	−0.75	1.17	0.152
1435+638	35.65	32.77	28.69	0.55	0.75	2.062
1442+101	36.49	32.68	29.16	0.70	0.47	3.530
1458+718	35.31	31.49	27.97	0.59	0.82	0.904
1502+106	34.44	30.31	26.66	−0.32	0.91	0.563
1510−089	34.25	30.79	27.47	−0.31	0.76	0.360
1512+370	33.54	30.94	27.20	0.14	1.20	0.370
1532+016	35.01	31.54	28.30	−0.15	0.91	1.435
1538+149	34.45	30.73	27.24	−0.31	0.72	0.605
1545+210	33.51	30.39	27.35	0.72	1.57	0.266
1552+199	34.80	31.26	27.84	0.27	1.22	1.340
1611+343	35.43	31.62	28.45	0.06	0.78	1.401
1618+177	34.12	31.13	27.30	1.06	1.17	0.555
1633+382	35.51	31.72	28.99	−0.59	0.61	1.814
1636+473	34.27	30.98	27.14	−0.73	0.66	0.740
1637+574	34.49	31.19	27.69	−0.48	1.26	0.751
1638+398	35.16	32.03	27.94	−0.22	0.70	1.666
1641+399	35.04	31.35	28.07	−0.23	0.68	0.594
1652+398	31.80	29.37	26.28	0.00	1.35	0.033
1656+348	34.94	31.81	28.38	−0.43	1.23	1.936
1656+571	34.76	31.54	27.74	−0.11	0.99	1.290
1704+608	33.98	31.13	26.86	0.87	1.25	0.371

Tabelle 6.3: *(Fortsetzung) abgeleitete Größen*

IAU Name	f_r [Jy]	f_o [mJy]	f_x [μJy]	α_{ro}	α_{ox}	α_{rx}
1150+497	1.50	0.578	0.569	0.63	1.19	0.81
1204+281	0.55	0.246	0.035	0.61	1.47	0.89
1210+134	0.95	0.260	0.025	0.66	1.53	0.95
1211+334	1.05	0.291	0.063	0.68	1.36	0.90
1218+339	1.50	0.151	0.102	0.76	1.19	0.90
1219+285	1.90	1.301	0.390	0.59	1.35	0.84
1219+044	1.05	0.276	0.373	0.67	1.09	0.81
1226+023	39.70	31.178	12.269	0.61	1.34	0.85
1241+166	1.50	0.110	0.071	0.77	1.22	0.92
1250+568	1.45	0.281	0.178	0.69	1.29	0.89
1253−055	12.30	0.425	1.204	0.85	0.98	0.89
1302−102	1.00	4.162	0.761	0.47	1.49	0.80
1308+326	1.55	0.248	0.150	0.71	1.22	0.88
1327−311	0.50	0.152	0.033	0.65	1.40	0.89
1335−127	2.00	0.206	0.474	0.76	1.02	0.84
1351−018	0.90	0.087	0.043	0.73	1.24	0.90
1402+044	0.60	0.111	0.034	0.64	1.25	0.84
1416+067	2.75	0.839	0.321	0.67	1.29	0.87
1418+546	0.85	2.356	0.319	0.56	1.48	0.86
1435+638	1.40	2.030	0.147	0.54	1.56	0.87
1442+101	1.85	0.375	0.110	0.71	1.35	0.92
1458+718	5.25	0.865	0.251	0.71	1.35	0.92
1502+106	1.85	0.169	0.040	0.77	1.40	0.97
1510−089	2.85	1.374	0.700	0.64	1.27	0.85
1512+370	0.60	1.864	0.420	0.48	1.44	0.79
1532+016	1.00	0.312	0.158	0.64	1.24	0.84
1538+149	1.65	0.451	0.122	0.69	1.34	0.90
1545+210	1.40	1.068	1.488	0.58	1.17	0.77
1552+199	0.65	0.195	0.063	0.66	1.31	0.87
1611+343	2.60	0.398	0.244	0.71	1.22	0.87
1618+177	1.15	1.160	0.194	0.56	1.47	0.85
1633+382	2.30	0.259	0.440	0.70	1.05	0.82
1636+473	0.70	0.424	0.060	0.61	1.47	0.89
1637+574	1.15	0.662	0.223	0.61	1.34	0.85
1638+398	1.05	0.661	0.048	0.58	1.57	0.90
1641+399	6.65	1.650	0.870	0.69	1.26	0.87
1652+398	1.35	10.746	9.901	0.45	1.19	0.69
1656+348	0.50	0.268	0.070	0.58	1.32	0.82
1656+571	0.70	0.403	0.058	0.60	1.46	0.88
1704+608	2.05	2.865	0.194	0.53	1.64	0.89

Tabelle 6.3: *(Fortsetzung) intrinsische Größen*

IAU Name	$\log l_r$	$\log l_o$	$\log l_x$	α_r	α_x	z
	$[\log(\mathrm{erg\,s^{-1}\,Hz^{-1}})]$					
1721+343	33.20	30.10	27.32	0.76	1.30	0.206
1725+044	33.55	30.43	26.53	−0.52	0.98	0.293
1732+389	34.46	30.70	27.33	−0.44	0.58	0.976
1749+701	34.66	31.19	27.60	0.57	1.78	0.770
1749+096	33.83	30.43	27.03	−0.44	0.62	0.320
1803+784	34.69	31.29	27.65	−0.23	0.96	0.684
1806+456	33.91	30.49	27.32	−1.12	1.13	0.830
1807+698	32.35	29.63	25.25	0.04	1.26	0.051
1823+568	34.48	30.58	27.95	0.06	0.26	0.664
1828+487	35.30	31.32	28.11	0.75	0.66	0.692
1921−293	34.57	30.42	27.63	−1.31	0.89	0.352
1928+738	34.14	30.97	27.47	−0.12	0.80	0.303
1937−101	36.07	32.89	29.31	0.34	0.63	3.787
2000−330	35.54	32.71	29.35	−0.81	1.32	3.777
2005−489	32.41	29.82	26.08	−0.22	2.57	0.071
2007+777	33.71	30.64	26.88	−0.72	0.51	0.342
2058−425	33.22	30.01	26.07	0.58	2.13	0.221
2059+034	34.41	31.29	27.85	−0.71	1.31	1.015
2126−158	35.88	32.84	29.73	−0.14	0.25	3.266
2131−021	34.48	30.21	26.69	−0.22	0.99	0.557
2134+004	36.08	32.31	28.89	−0.64	0.59	1.936
2135−147	33.44	30.64	27.25	0.70	1.41	0.200
2136+141	35.66	31.98	28.66	0.15	−0.02	2.427
2141+175	33.08	30.72	26.28	−1.34	1.24	0.213
2145+067	35.20	31.80	28.41	−0.39	0.78	0.999
2155−152	34.53	30.37	27.60	−0.05	1.17	0.672
2200+420	32.90	30.18	25.95	0.51	1.33	0.069
2201+315	33.97	31.06	27.22	−0.52	1.19	0.298
2203−188	34.94	30.34	26.46	0.31	1.40	0.619
2223−052	35.68	31.51	28.55	0.07	0.81	1.404
2223+210	35.58	32.00	28.79	0.29	0.70	1.953
2227−399	33.67	29.95	27.39	−0.08	1.12	0.323
2240−260	34.48	30.94	27.27	0.15	1.36	0.774
2251+158	35.61	31.84	28.75	−0.50	0.38	0.859
2311+469	34.43	31.10	27.59	0.52	0.68	0.742
2320+079	35.33	32.00	28.31	0.10	1.48	2.090
2329−384	34.74	31.66	27.32	0.23	1.32	1.195
2344+092	34.50	31.60	27.60	0.11	1.43	0.673
2349−014	32.98	30.46	26.80	0.78	1.57	0.173
2351−154	35.76	31.90	28.61	0.24	0.21	2.665

Tabelle 6.3: *(Fortsetzung) abgeleitete Größen*

IAU Name	f_r [Jy]	f_o [mJy]	f_x [μJy]	α_{ro}	α_{ox}	α_{rx}
1721+343	1.20	0.933	2.216	0.58	1.07	0.74
1725+044	0.80	0.942	0.141	0.58	1.50	0.88
1732+389	0.65	0.117	0.047	0.70	1.30	0.89
1749+701	1.70	0.710	0.179	0.64	1.38	0.88
1749+096	1.30	1.017	0.308	0.63	1.31	0.85
1803+784	2.25	1.203	0.245	0.63	1.40	0.88
1806+456	0.25	0.106	0.073	0.64	1.21	0.82
1807+698	2.05	8.103	0.359	0.50	1.68	0.89
1823+568	1.50	0.217	0.466	0.72	1.01	0.82
1828+487	9.85	1.093	0.655	0.74	1.23	0.90
1921−293	4.60	0.625	1.128	0.77	1.07	0.87
1928+738	3.35	3.045	1.052	0.59	1.34	0.84
1937−101	0.80	0.489	0.110	0.59	1.37	0.85
2000−330	0.70	0.329	0.067	0.53	1.29	0.78
2005−489	1.05	6.350	2.759	0.48	1.44	0.79
2007+777	0.80	1.398	0.182	0.57	1.44	0.86
2058−425	1.00	0.648	0.161	0.60	1.51	0.89
2059+034	0.55	0.411	0.141	0.58	1.32	0.82
2126−158	1.15	0.668	0.602	0.57	1.19	0.77
2131−021	2.10	0.165	0.045	0.79	1.35	0.98
2134+004	7.60	0.847	0.294	0.70	1.31	0.90
2135−147	2.15	3.423	2.140	0.52	1.30	0.77
2136+141	1.15	0.216	0.128	0.68	1.28	0.88
2141+175	0.35	3.583	0.181	0.44	1.70	0.85
2145+067	3.45	1.396	0.542	0.63	1.30	0.85
2155−152	1.65	0.131	0.238	0.77	1.06	0.87
2200+420	5.20	15.457	1.006	0.51	1.62	0.87
2201+315	2.00	3.884	0.717	0.54	1.47	0.85
2203−188	5.25	0.149	0.022	0.85	1.49	1.06
2223−052	4.60	0.307	0.301	0.77	1.14	0.89
2223+210	1.55	0.399	0.217	0.67	1.23	0.85
2227−399	1.00	0.252	0.849	0.69	0.98	0.79
2240−260	1.10	0.394	0.079	0.66	1.41	0.90
2251+158	11.80	2.170	1.671	0.70	1.19	0.86
2311+469	1.10	0.563	0.170	0.62	1.35	0.86
2320+079	0.80	0.336	0.042	0.62	1.42	0.88
2329−384	0.75	0.652	0.026	0.57	1.67	0.93
2344+092	1.55	2.219	0.247	0.54	1.54	0.86
2349−014	1.05	3.113	1.150	0.47	1.40	0.77
2351−154	1.10	0.137	0.079	0.72	1.26	0.90

Tabelle 6.4: *Die intrinsischen Größen der mit ROSAT schwach detektierten Quellen: N_{H} , Leuchtkraftdichten, Spektralindizes und Rotverschiebung ($\alpha_x = 0.95$ für alle Quellen).*

IAU Name	gal. N_{H} [10^{20} cm^{-2}]	$\log l_r$	$\log l_o$ [$\log(\mathrm{erg\,s^{-1}\,Hz^{-1}})$]	$\log l_x$	α_r	z
0016+731	21.85 ± 0.63	35.37	32.15	28.15	−0.25	1.781
0024+348	5.47 ± 0.63	33.54	29.71	26.34	0.66	0.333
0035+413	6.27 ± 0.63	34.44	30.78	27.34	−1.22	1.353
0039+568	28.22 ± 0.63	34.73	31.93	27.44	0.34	1.141
0130−171	1.46 ± 0.63	34.70	30.94	27.52	0.00	1.020
0142−278	1.54 ± 0.63	34.72	30.84	27.51	−0.10	1.157
0153+744	24.84 ± 0.63	35.86	33.45	28.55	0.29	2.338
0256+075	11.08 ± 0.63	34.47	31.22	27.22	−0.36	0.893
0348−120	3.65 ± 0.63	34.76	31.20	27.29	−0.15	1.520
0406−127	3.66 ± 0.63	34.89	31.33	27.88	0.00	1.563
0409+229	14.32 ± 0.63	34.82	31.35	27.02	0.32	1.213
0451−282	1.64 ± 0.63	35.99	32.07	28.57	0.03	2.560
0457+024	7.39 ± 0.63	35.80	31.74	28.42	0.22	2.384
0522−611	4.35 ± 0.63	34.86	31.50	26.74	0.12	1.400
0537+531	19.00 ± 0.63	34.81	31.81	26.57	0.23	1.275
0714+457	8.69 ± 0.63	34.22	30.81	27.43	−0.36	0.940
0723+679	4.35 ± 0.63	34.73	30.99	27.61	0.61	0.846
0731+479	6.64 ± 0.63	34.19	30.97	27.22	−0.14	0.782
0828+493	3.79 ± 0.63	34.20	30.14	26.54	0.51	0.548
0858−279	12.47 ± 0.63	35.87	32.79	27.73	0.58	2.152
1007+716	3.65 ± 0.63	34.92	31.69	27.30	0.66	1.192
1213+538	1.47 ± 0.63	34.92	31.16	27.05	0.72	1.065
1255−316	5.95 ± 0.63	35.45	31.64	28.20	−0.20	1.924
1313−333	5.17 ± 0.63	34.97	30.59	27.57	−0.06	1.210
1328+254	1.06 ± 0.06	35.42	31.26	27.56	0.60	1.055
1328+307	1.14 ± 0.06	35.54	31.20	26.79	0.67	0.846
1403−085	2.62 ± 0.63	35.12	31.34	27.78	0.25	1.763
1406−076	2.75 ± 0.63	35.03	31.23	28.27	−0.08	1.493
1413+135	1.36 ± 0.63	33.34	28.70	25.05	−0.41	0.247
1437−153	7.61 ± 0.63	33.27	29.71	26.25	0.12	0.254
1514−241	8.63 ± 0.63	32.28	29.55	23.84	0.08	0.048
1556−245	10.84 ± 0.63	35.68	32.06	28.28	0.39	2.813
1616+063	4.74 ± 0.63	35.40	31.59	27.10	0.09	2.086
1624+416	98.22 ± 0.63	35.81	32.97	29.51	0.11	2.550
1634+628	2.50 ± 0.63	35.13	30.06	26.49	0.80	0.988
2005+403	53.03 ± 0.63	35.94	32.54	28.46	0.35	1.736
2037+511	47.12 ± 0.63	35.94	31.85	28.42	0.53	1.687
2044−027	4.25 ± 0.63	34.78	30.50	27.03	0.63	0.942
2247+132	4.73 ± 0.63	34.38	30.90	26.50	0.53	0.767
2247+140	5.13 ± 0.63	33.48	30.21	25.49	0.43	0.237
2329−162	1.95 ± 0.63	34.81	30.48	27.96	−0.35	1.153

Tabelle 6.4: *Die abgeleiteten Größen der mit ROSAT schwach detektierten Quellen: Flußdichten und Breitbandspektralindizes.*

IAU Name	$f_{2.7\,\mathrm{GHz}}$ [Jy]	$f_{5517\,\mathrm{Å}}$ [mJy]	$f_{1\,\mathrm{keV}}$ [μJy]	α_{ro}	α_{ox}	α_{rx}
0016+731	1.50	0.727	0.060	0.60	1.53	0.90
0024+348	0.90	0.136	0.066	0.71	1.29	0.90
0035+413	0.40	0.062	0.020	0.68	1.32	0.89
0039+568	0.80	1.343	0.040	0.52	1.72	0.91
0130−171	1.00	0.182	0.066	0.70	1.31	0.90
0142−278	0.80	0.107	0.046	0.72	1.28	0.90
0153+744	1.85	6.915	0.066	0.45	1.88	0.92
0256+075	0.80	0.478	0.046	0.60	1.54	0.91
0348−120	0.50	0.122	0.013	0.66	1.50	0.94
0406−127	0.60	0.153	0.046	0.66	1.33	0.88
0409+229	0.85	0.305	0.013	0.64	1.66	0.98
0451−282	2.35	0.225	0.053	0.73	1.34	0.93
0457+024	1.60	0.129	0.046	0.75	1.28	0.92
0522−611	0.70	0.305	0.005	0.62	1.83	1.02
0537+531	0.75	0.771	0.004	0.56	2.01	1.03
0714+457	0.40	0.165	0.066	0.63	1.30	0.85
0723+679	1.60	0.319	0.130	0.69	1.30	0.89
0731+479	0.55	0.366	0.066	0.60	1.44	0.87
0828+493	1.30	0.146	0.033	0.76	1.38	0.96
0858−279	2.00	1.889	0.013	0.57	1.94	1.02
1007+716	1.05	0.701	0.026	0.60	1.69	0.95
1213+538	1.40	0.273	0.020	0.70	1.58	0.98
1255−316	1.50	0.184	0.053	0.71	1.32	0.91
1313−333	1.30	0.053	0.046	0.81	1.16	0.93
1328+254	4.55	0.348	0.066	0.77	1.42	0.98
1328+307	10.35	0.515	0.020	0.81	1.69	1.10
1403−085	0.70	0.114	0.026	0.70	1.37	0.92
1406−076	0.95	0.139	0.130	0.71	1.14	0.85
1413+135	0.70	0.034	0.007	0.86	1.40	1.04
1437−153	0.70	0.245	0.100	0.66	1.33	0.88
1514−241	2.05	7.512	0.013	0.51	2.19	1.06
1556−245	0.70	0.171	0.020	0.67	1.45	0.93
1616+063	0.95	0.130	0.003	0.71	1.72	1.04
1624+416	1.50	1.817	0.460	0.53	1.33	0.79
1634+628	2.70	0.026	0.007	0.94	1.37	1.08
2005+403	4.60	1.893	0.130	0.63	1.57	0.94
2037+511	4.70	0.419	0.130	0.76	1.32	0.94
2044−027	1.40	0.080	0.026	0.80	1.33	0.97
2247+132	0.90	0.326	0.013	0.65	1.69	0.99
2247+140	1.50	0.904	0.020	0.61	1.81	1.00
2329−162	1.05	0.047	0.130	0.81	0.97	0.86

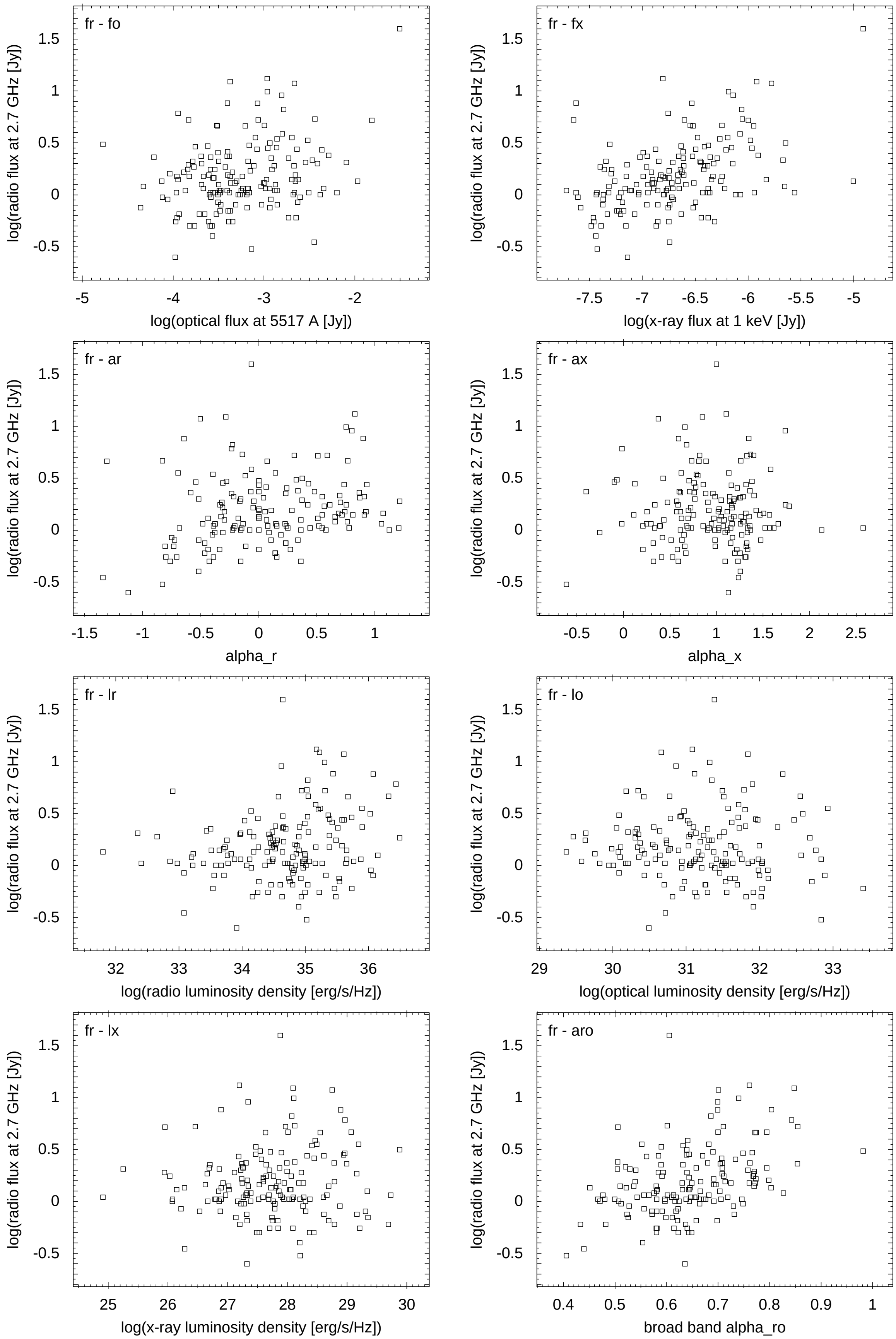


Abb. 6.1: *Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen (α_o ausgenommen) des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

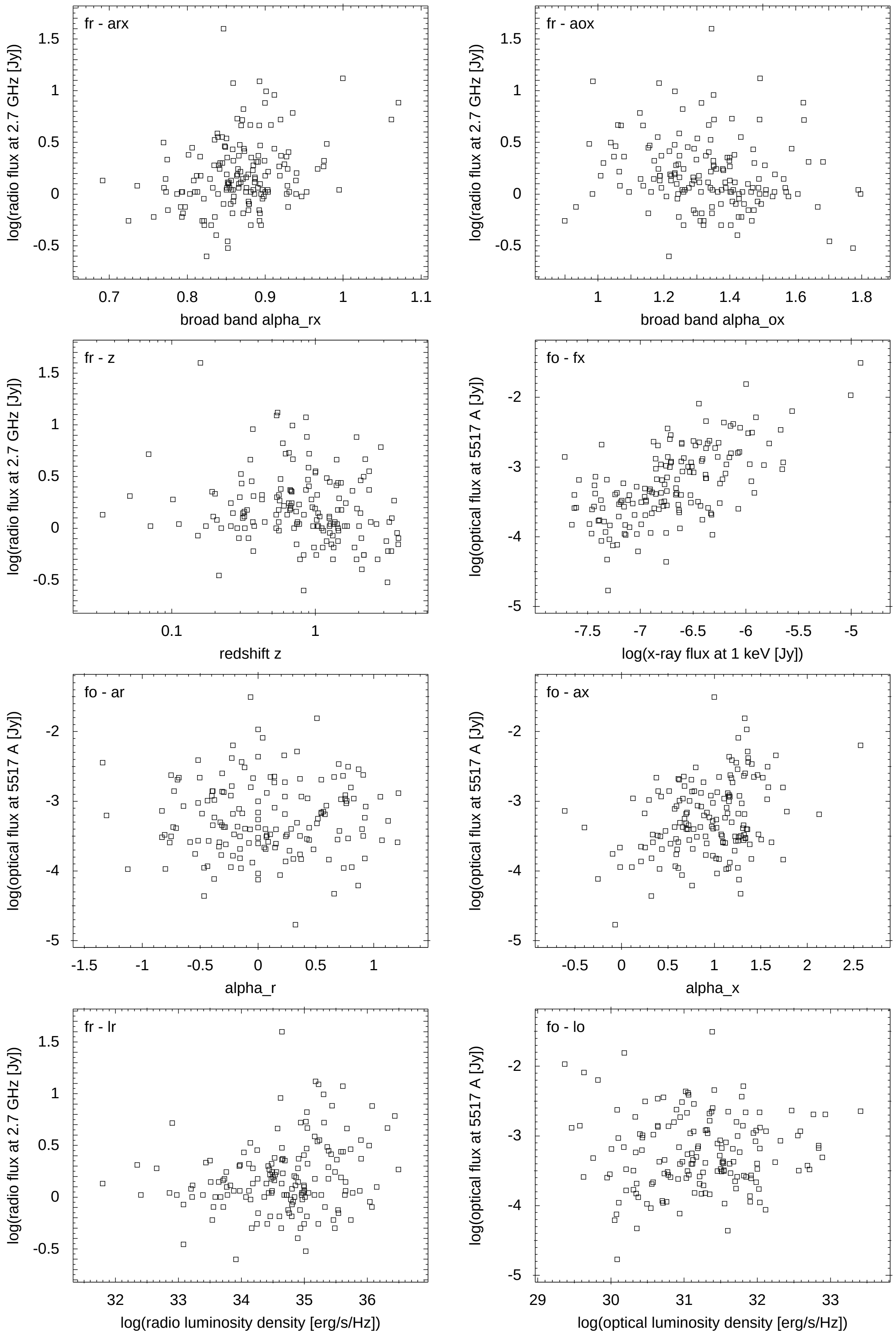


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

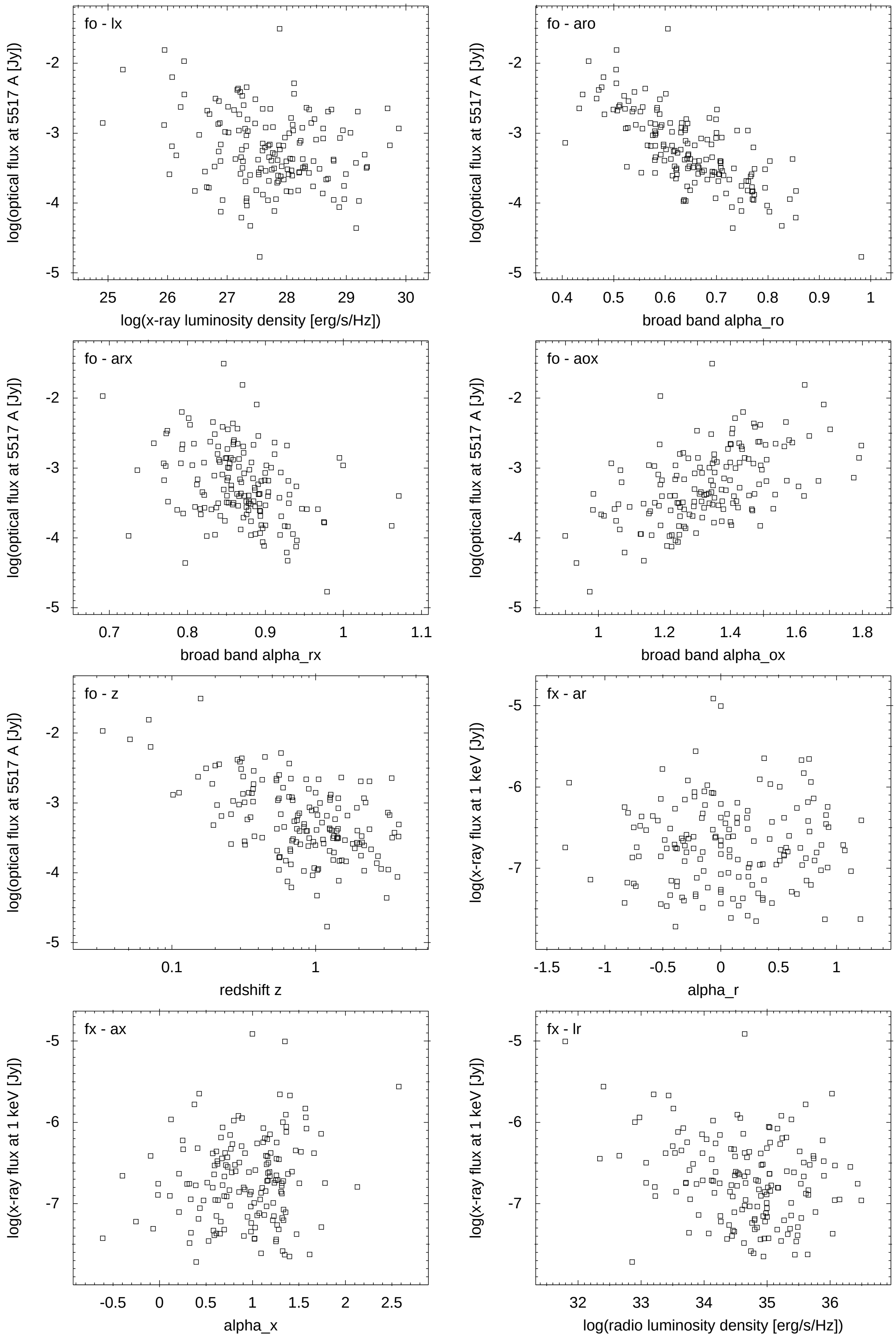


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

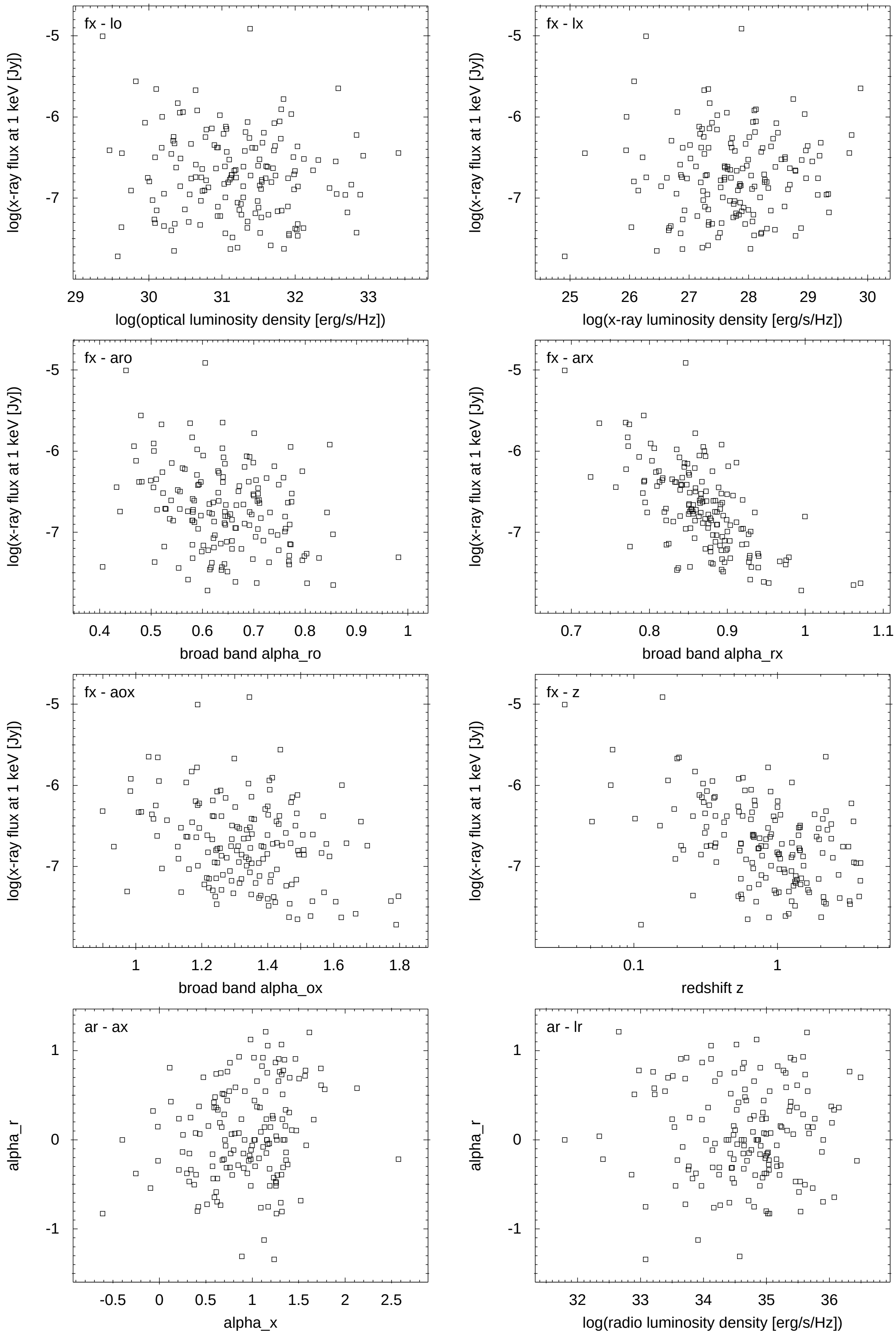


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

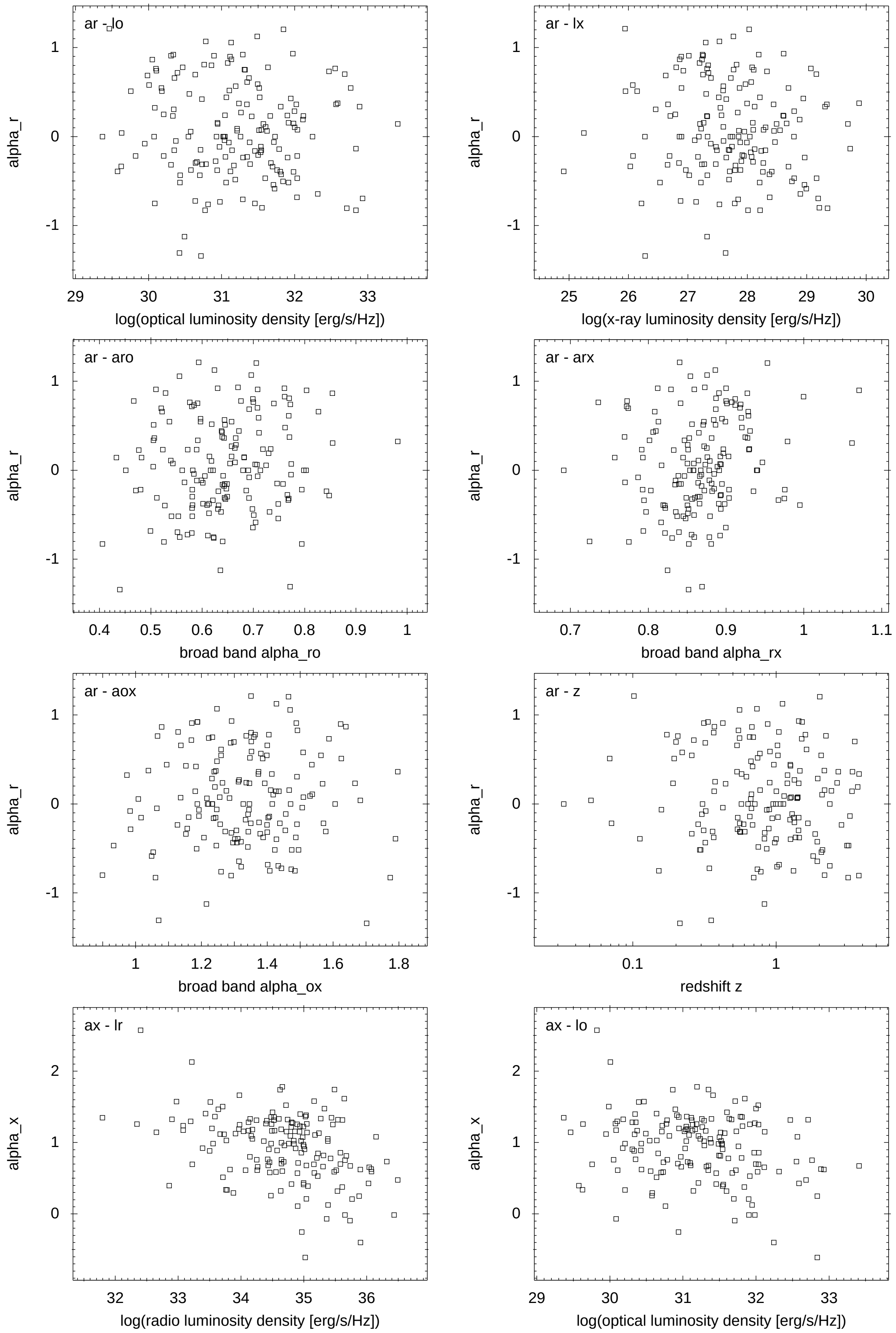


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

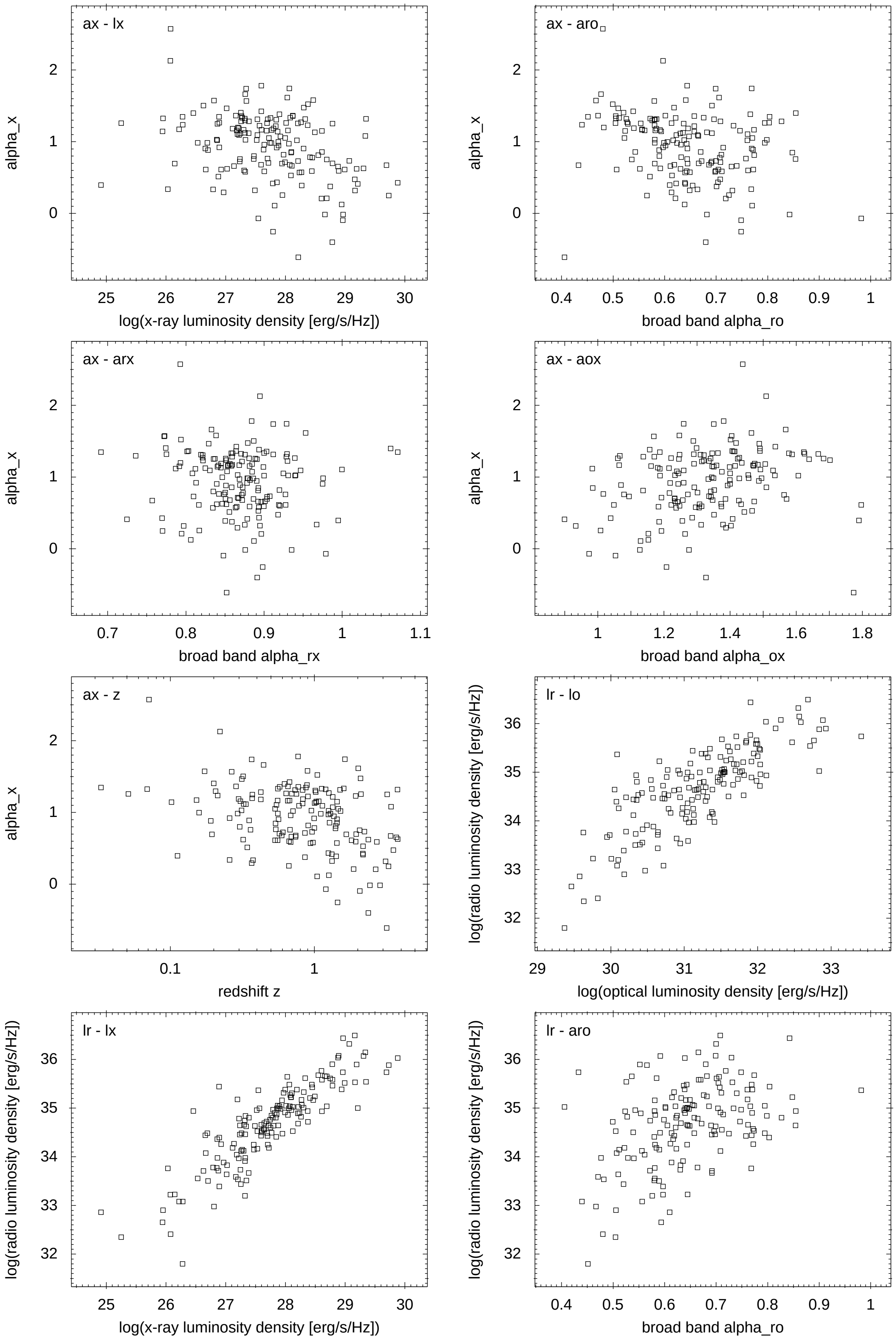


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

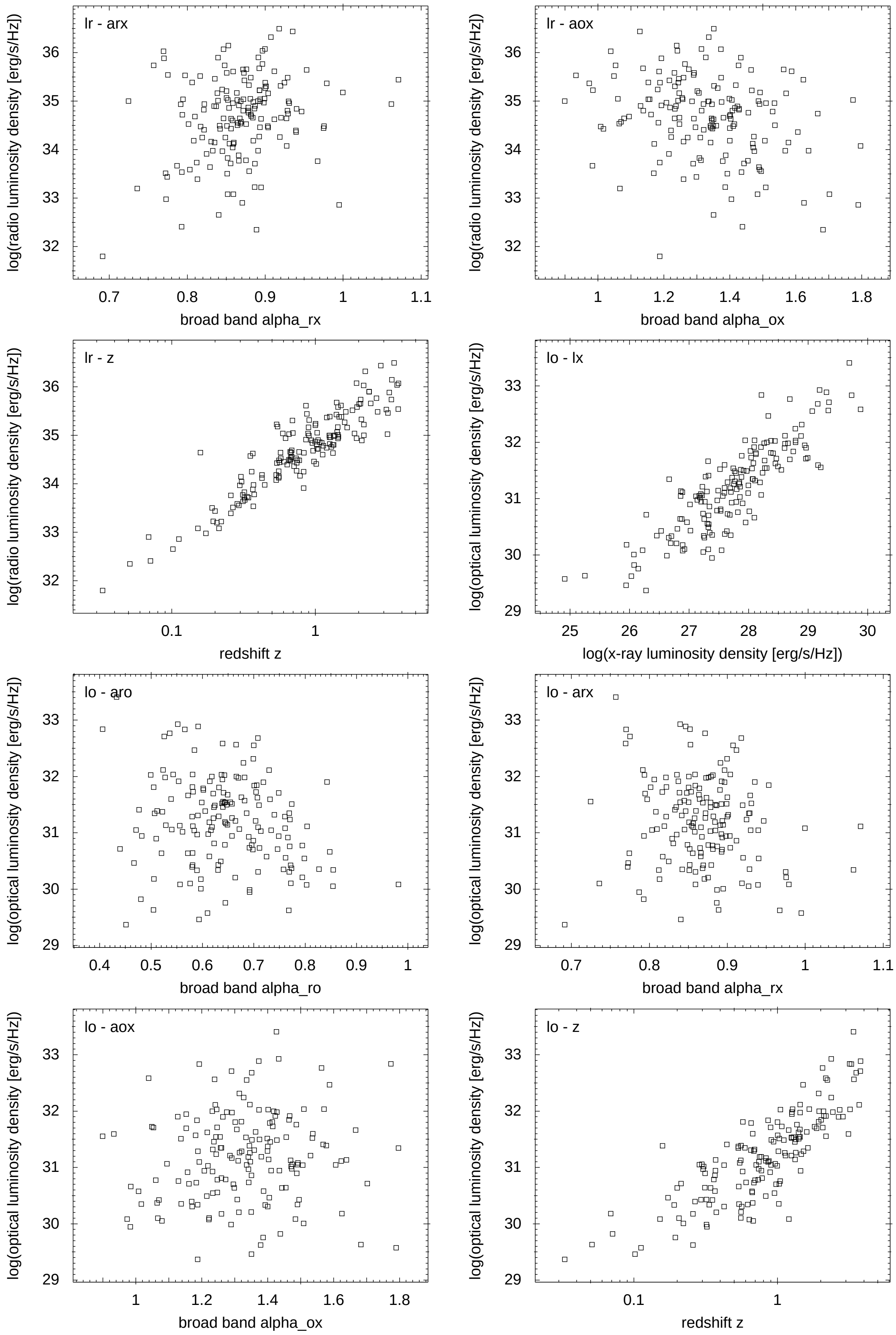


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

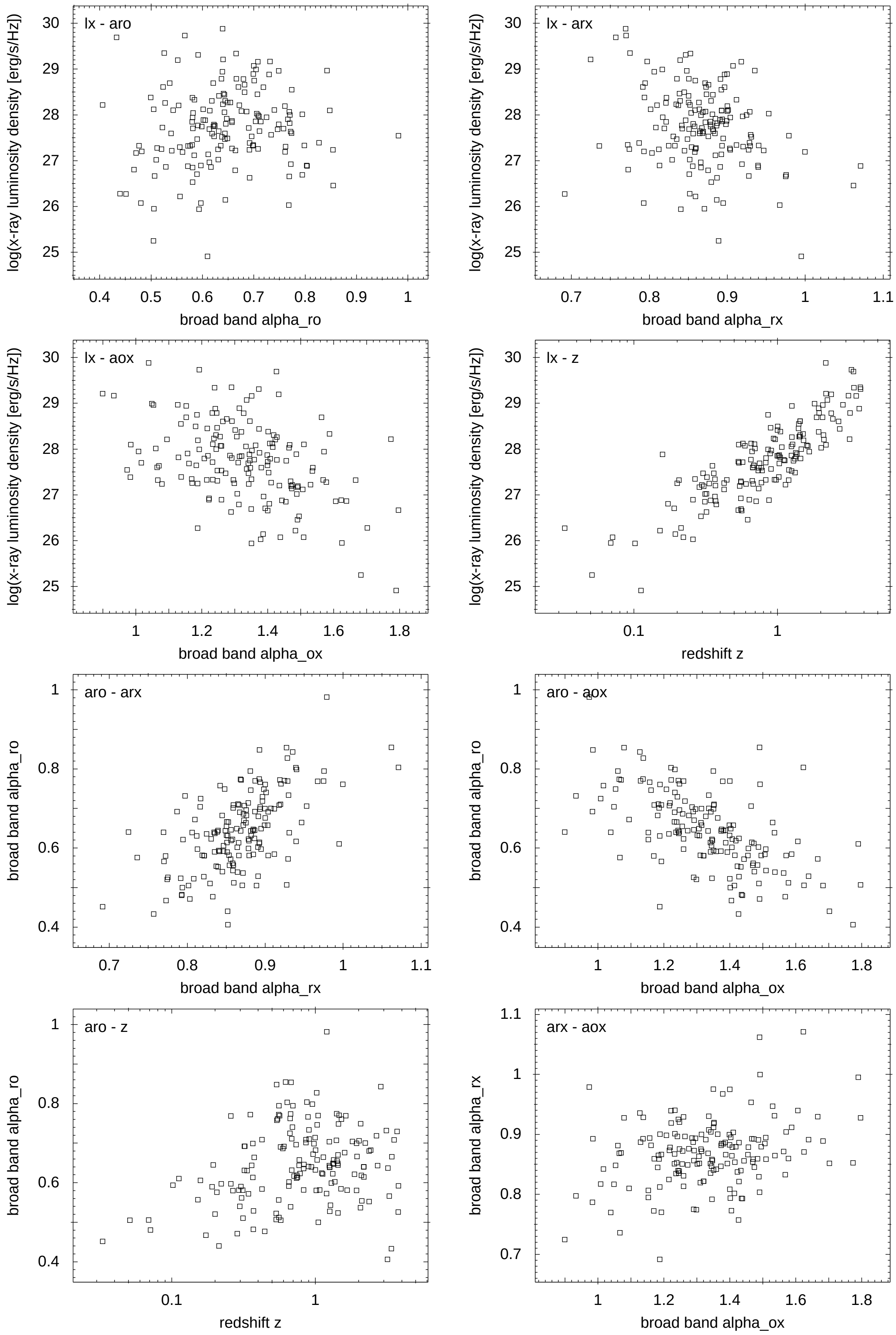


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

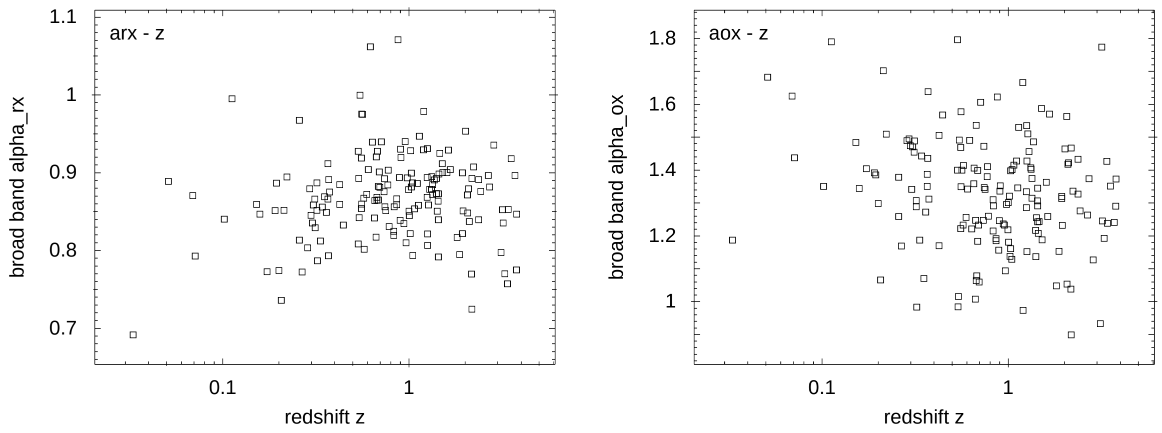


Abb. 6.1: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils paarweise in zweidimensionaler Darstellung.*

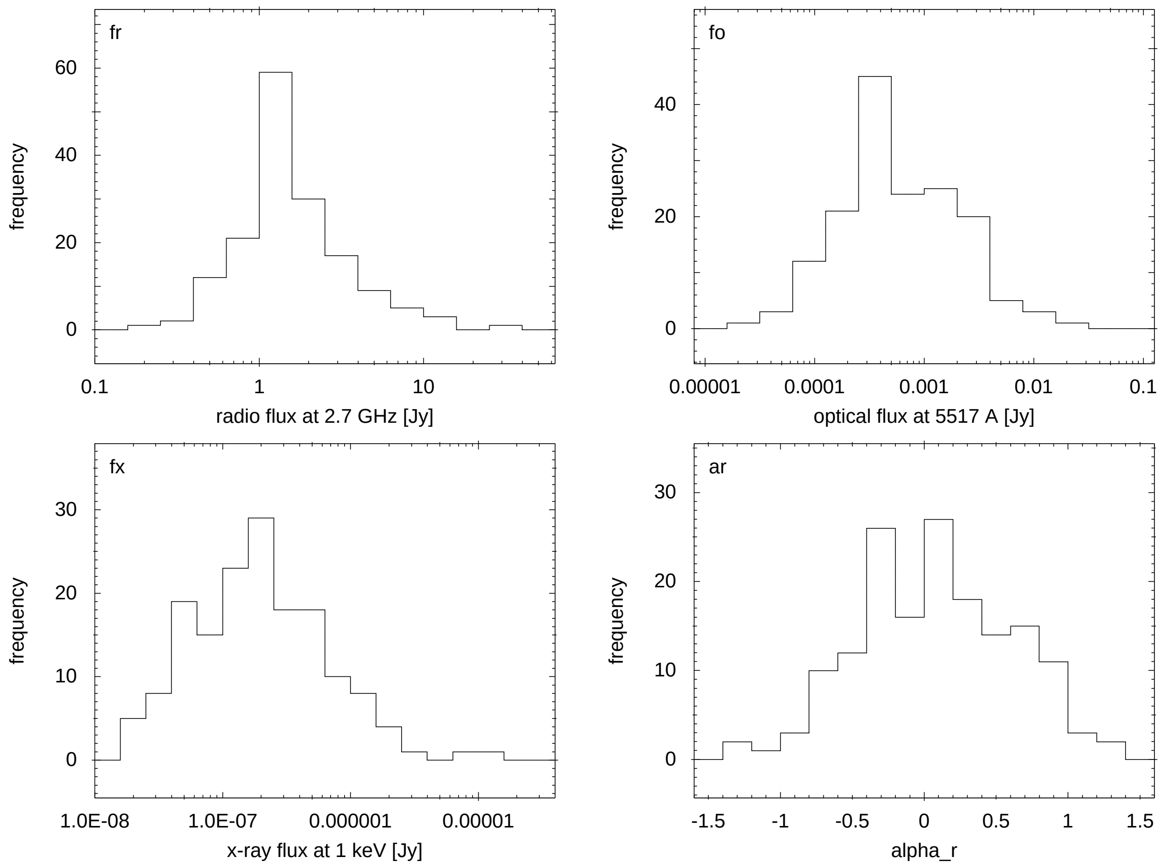


Abb. 6.2: *Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils in Histogramm-Darstellung.*

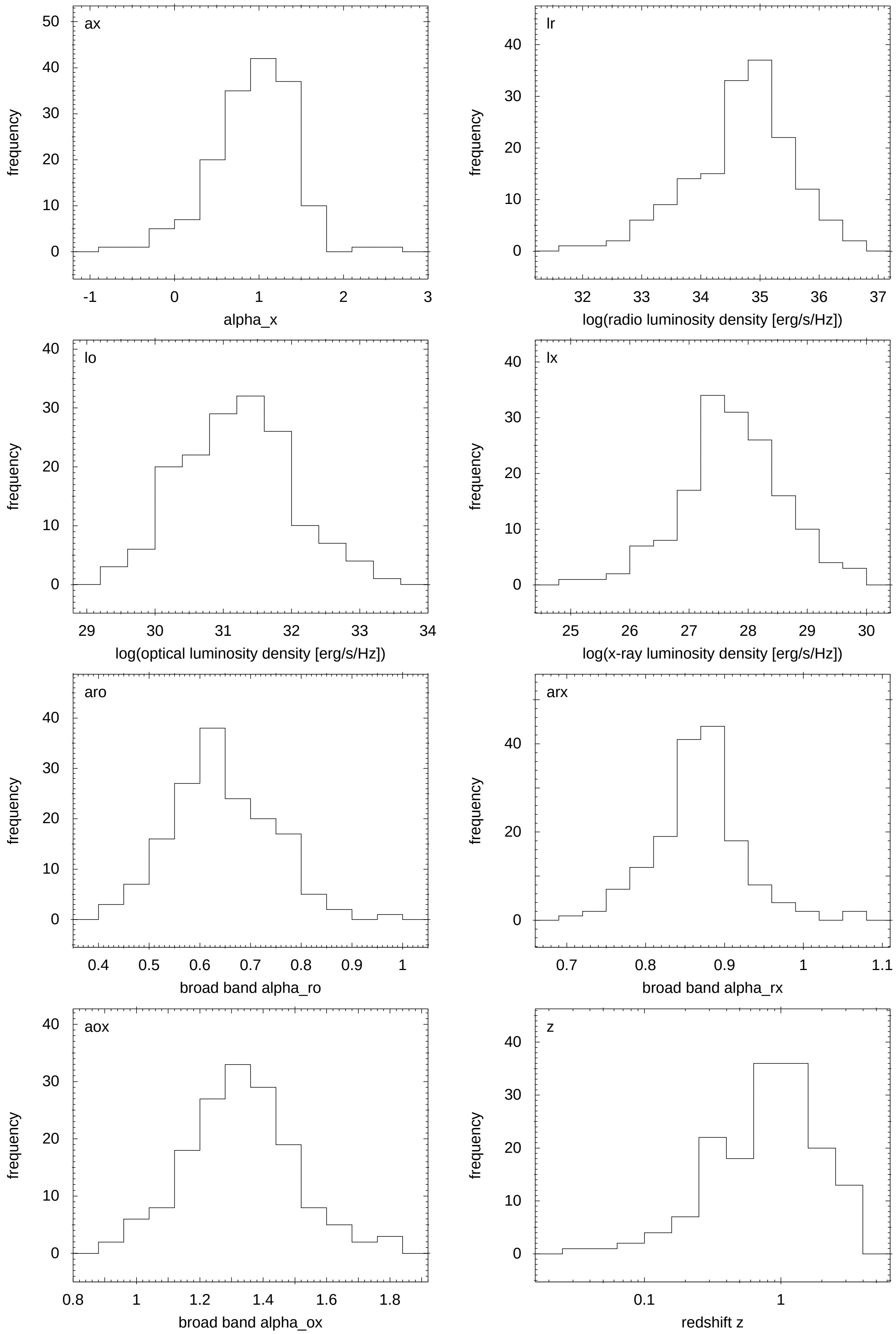


Abb. 6.2: *(Fortsetzung) Die 12 intrinsischen und abgeleiteten Größen des Samples jeweils in Histogramm-Darstellung.*

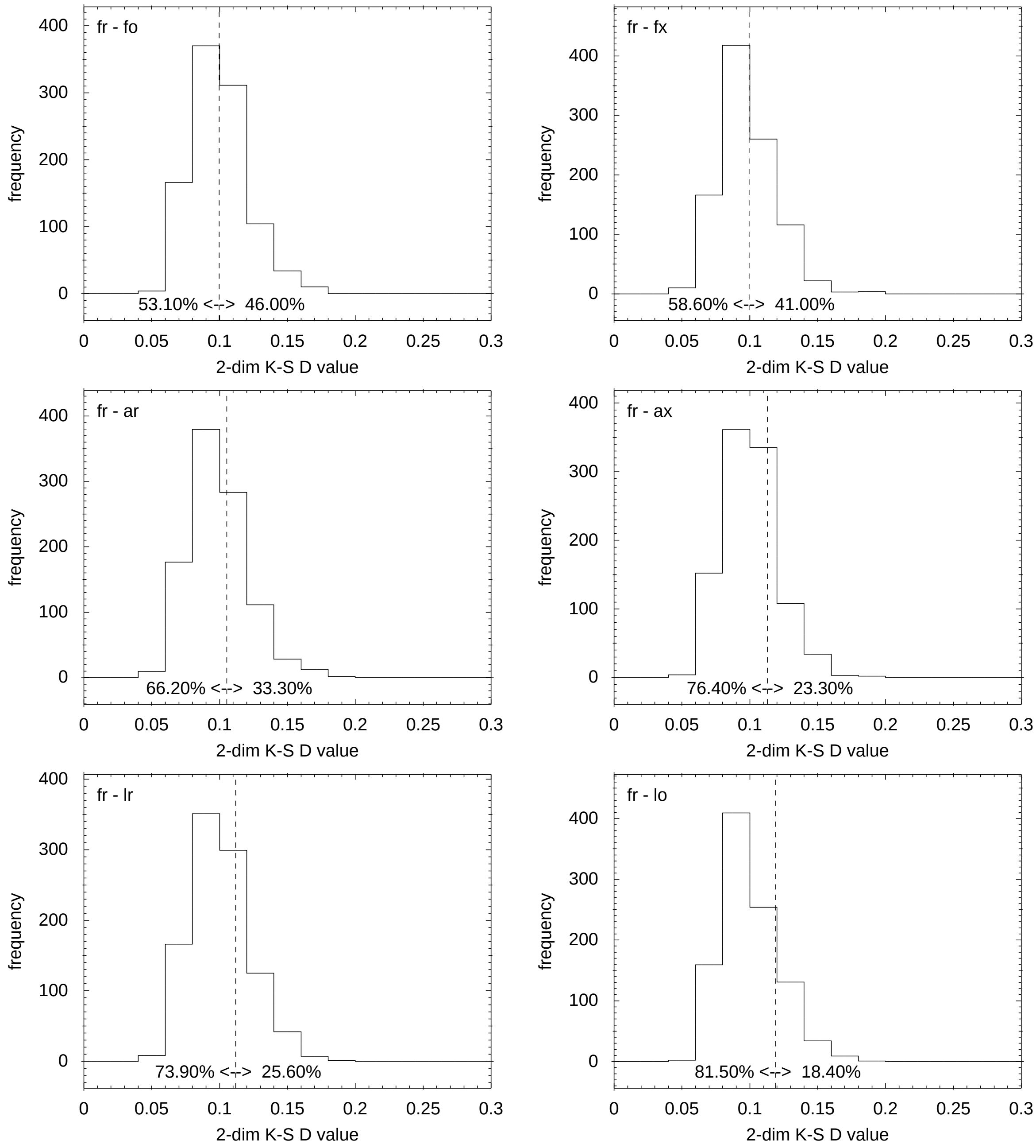


Abb. 6.3: *Verteilung der D-Werte des zweidimensionalen K-S Tests von 1000 simulierten Samples im Vergleich zum D-Wert des Originalsamples (senkrechte gestrichelte Linie). Die jeweils miteinander korrelierten Größen sind links oben beschrieben. An der senkrechten Line ist angegeben, wieviel Prozent der Verteilung links bzw. rechts von ihr liegen. Die Summe der Prozentwerte ergibt nicht 100, weil aufgrund der kleineren simulierten Samples und der Natur des zweidimensionalen K-S Tests simulierte D-Werte direkt auf der Line und somit weder links noch rechts von ihr liegen (siehe auch Abschnitt 3.7.2).*

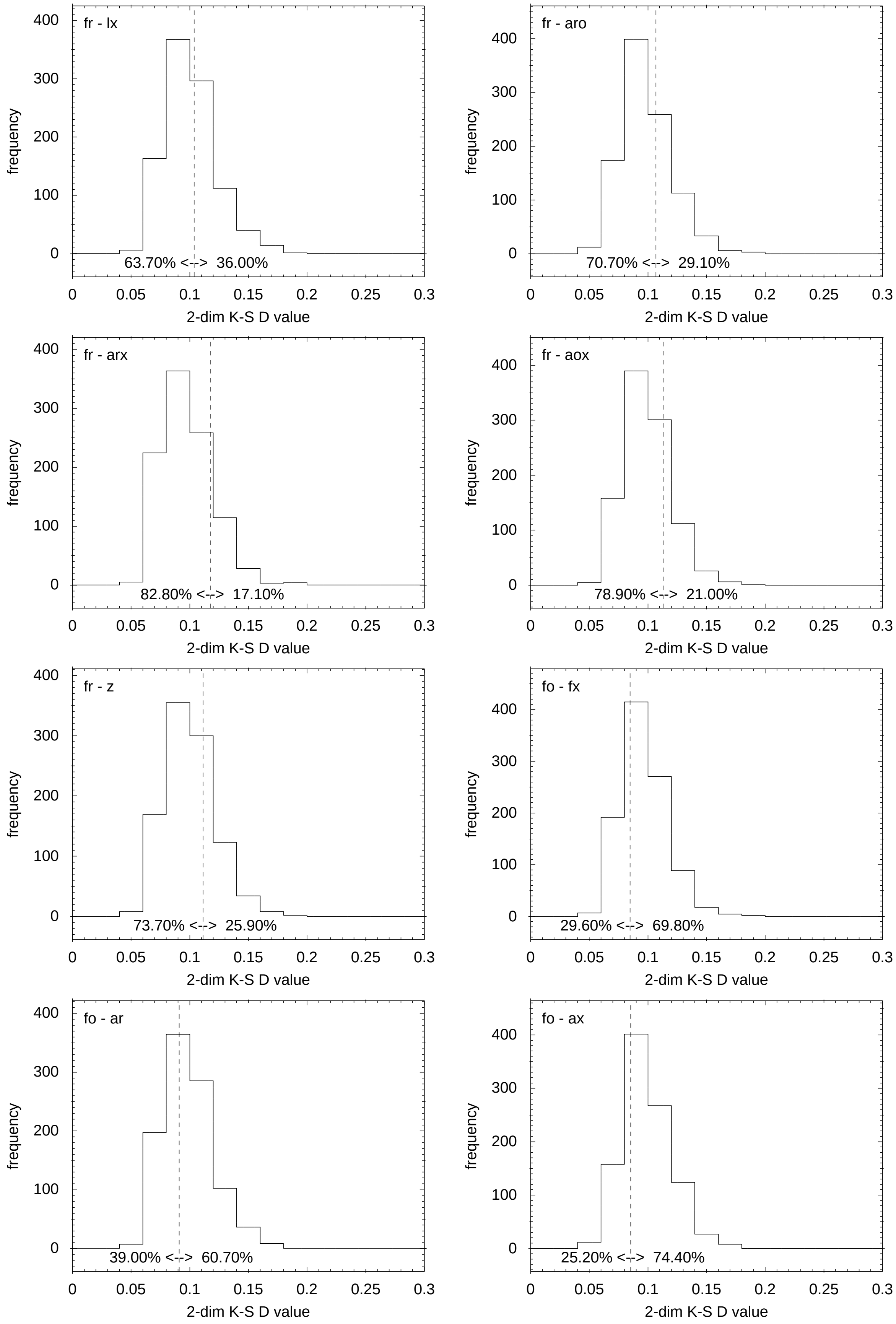


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

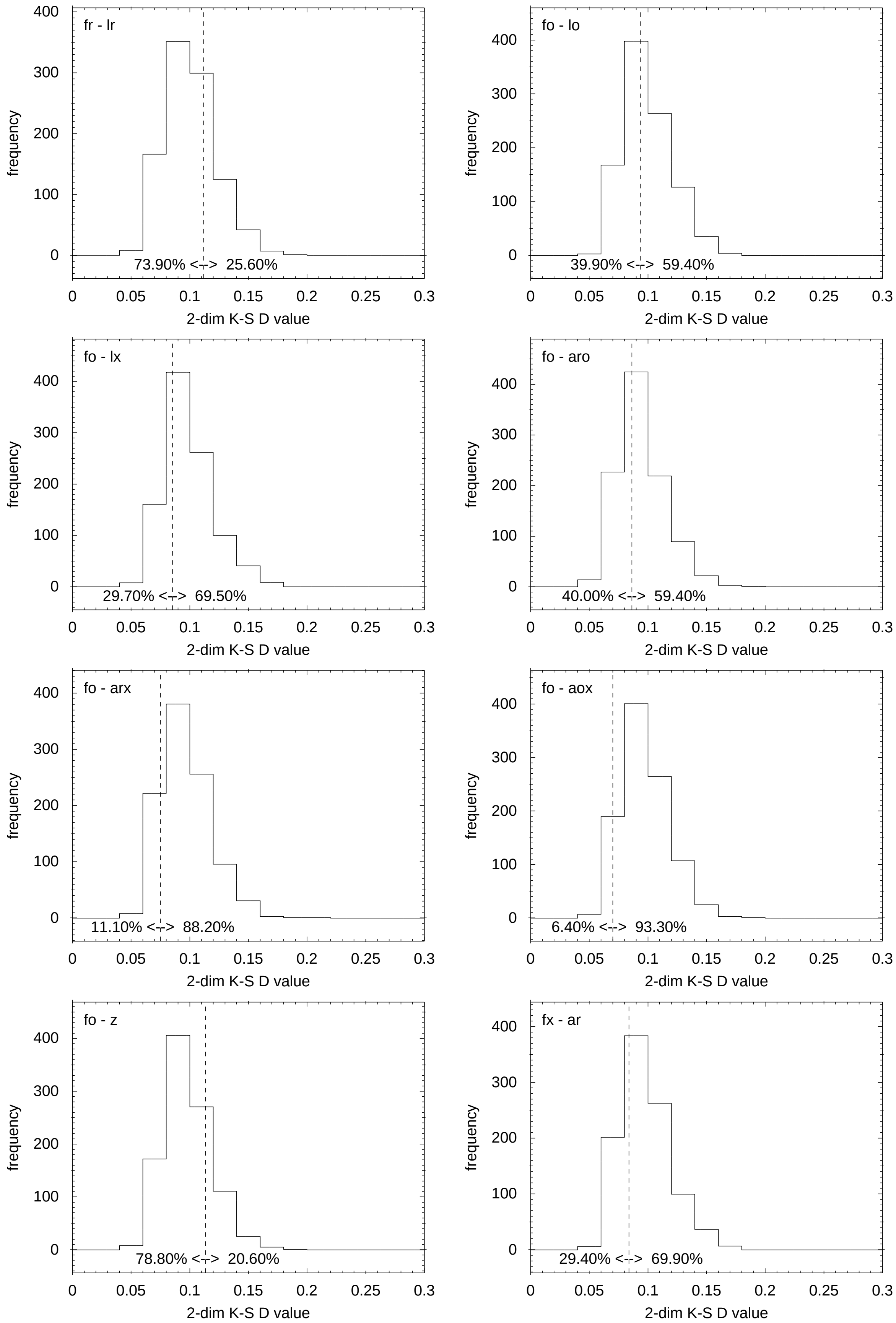


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

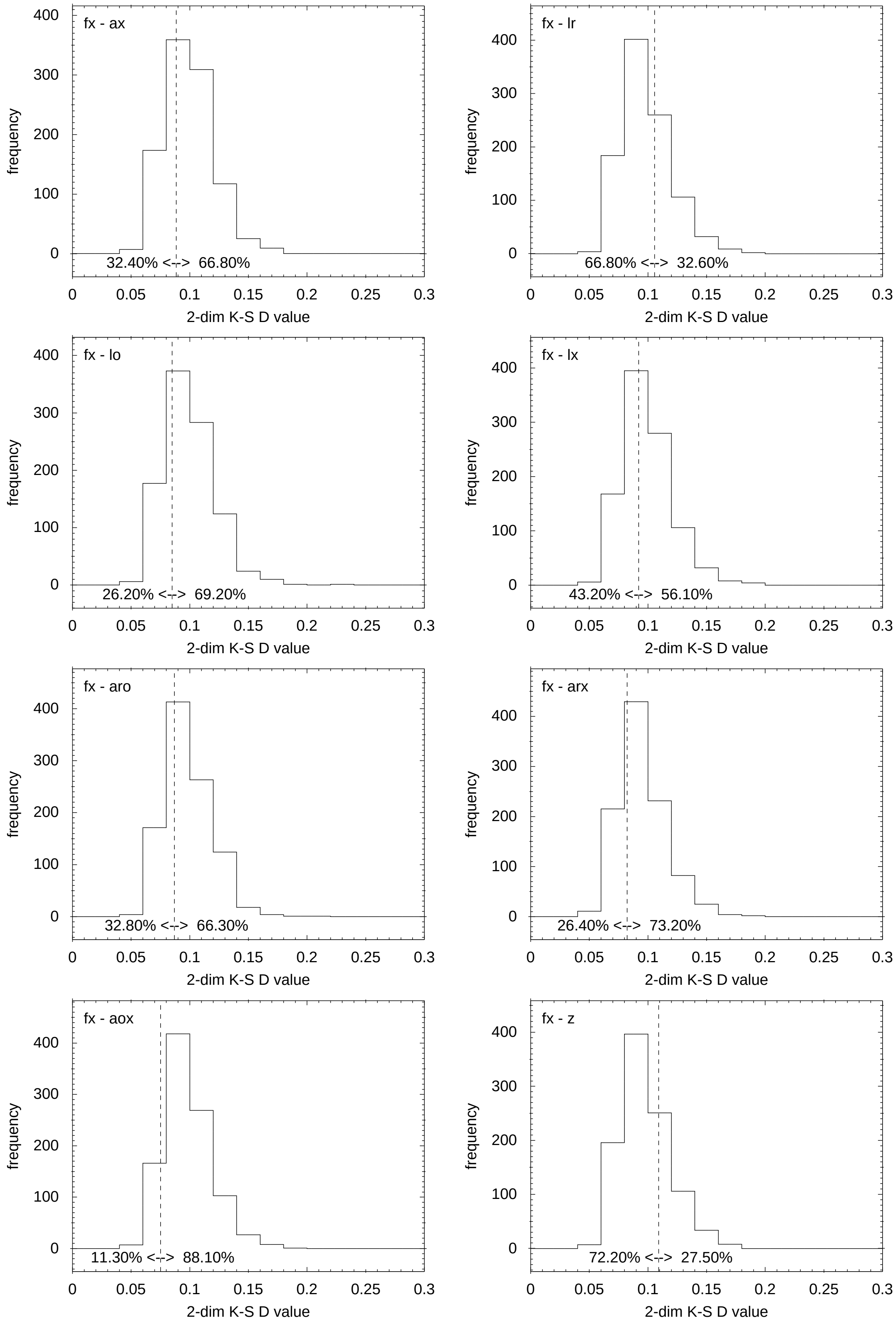


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

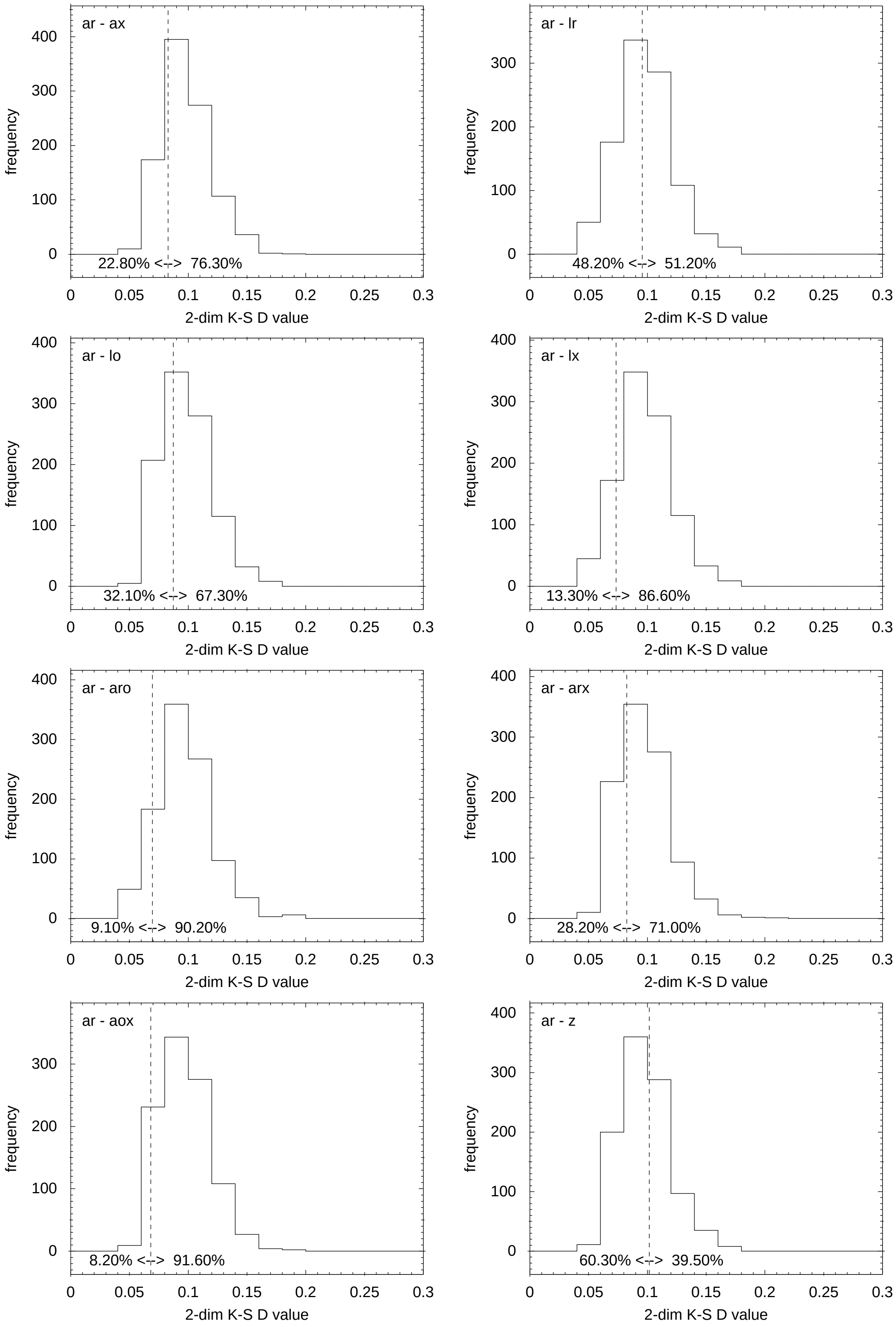


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

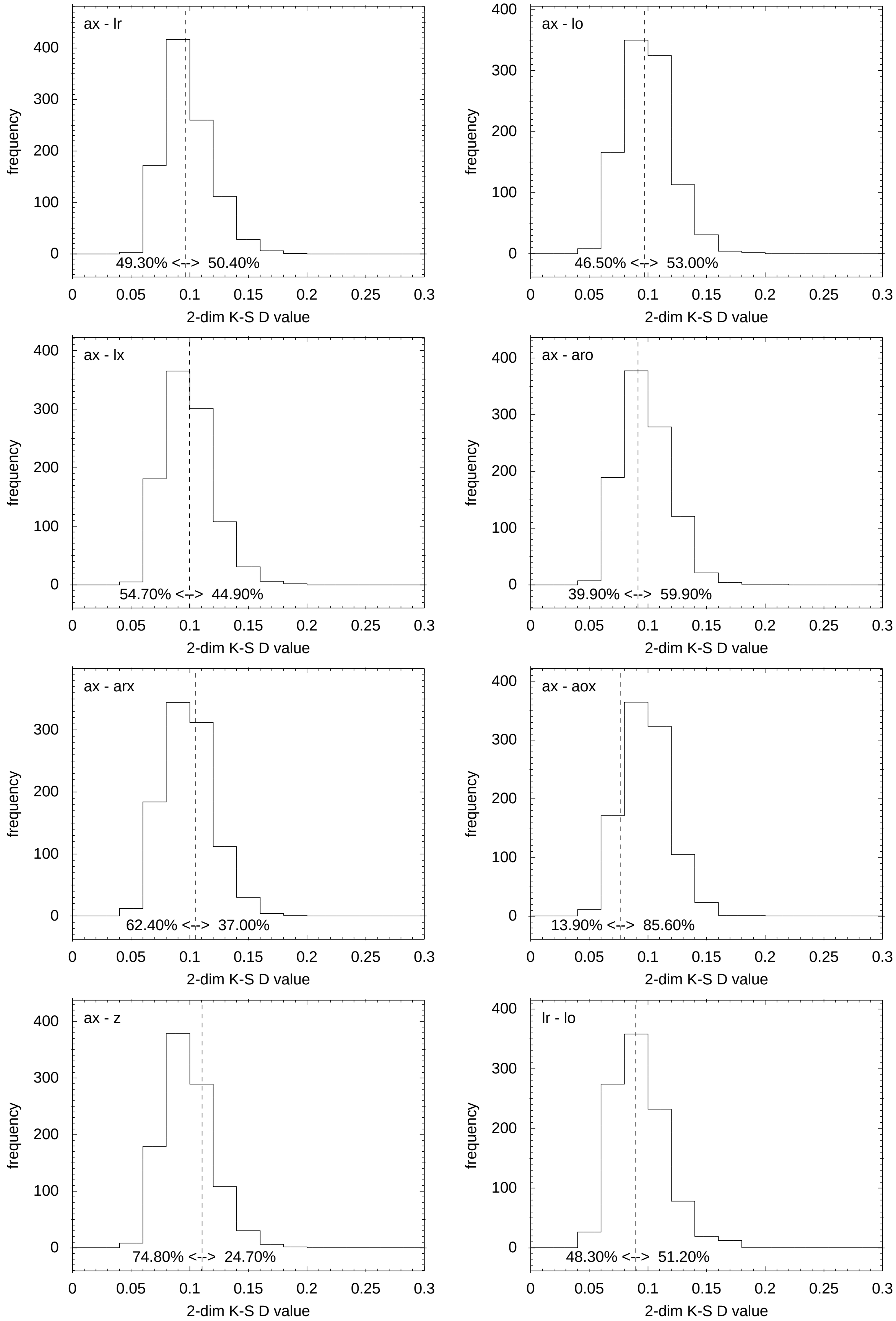


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

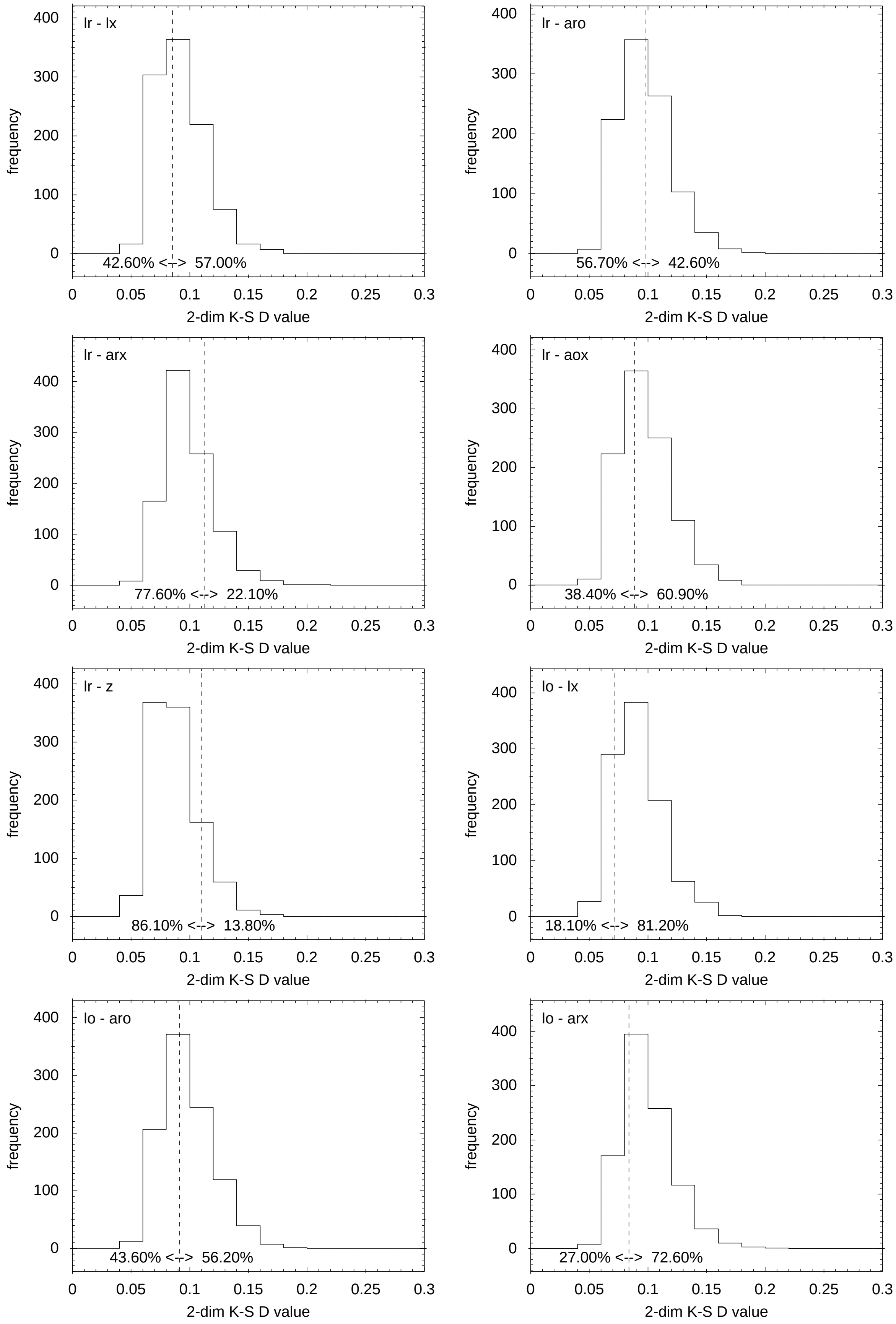


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

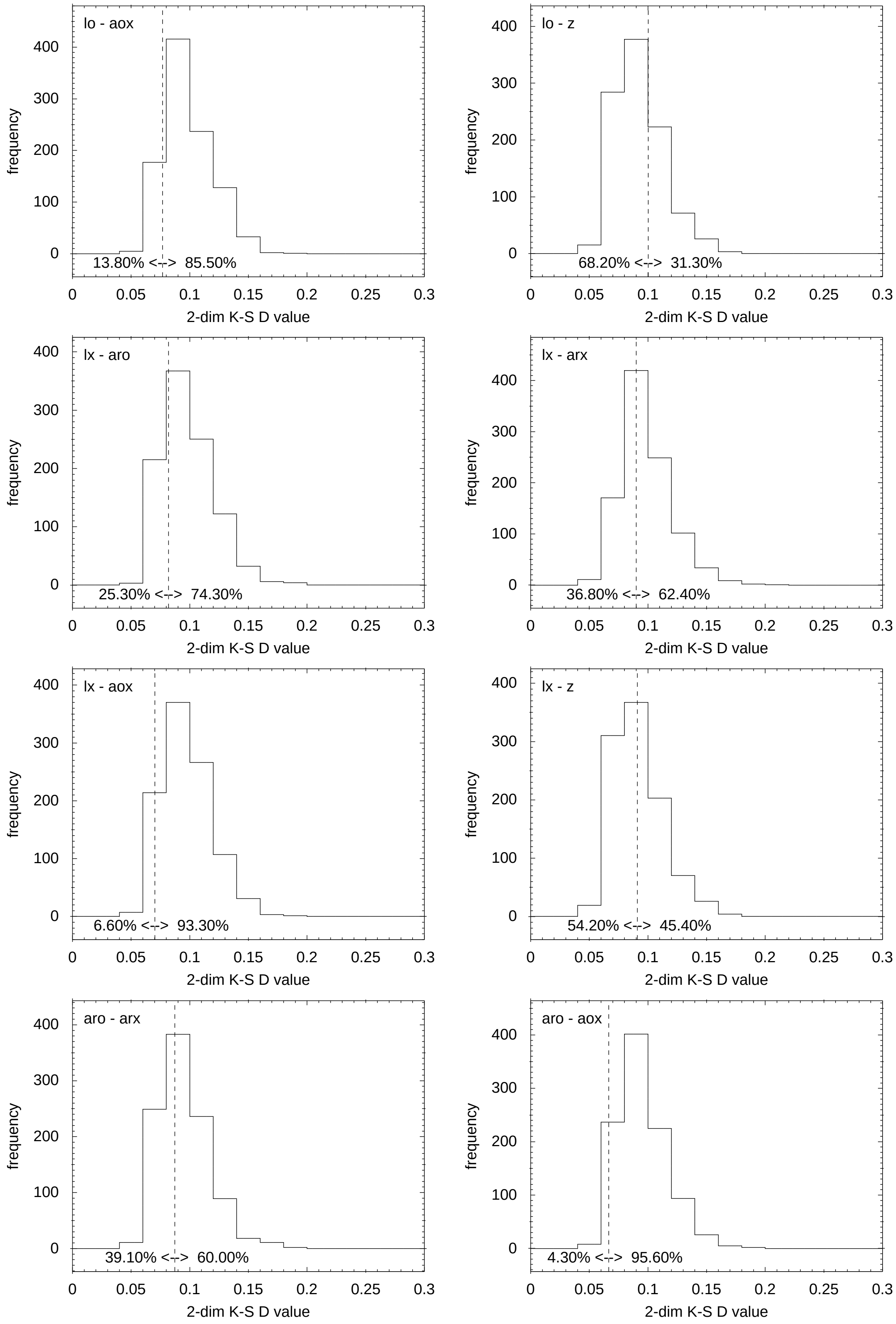


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

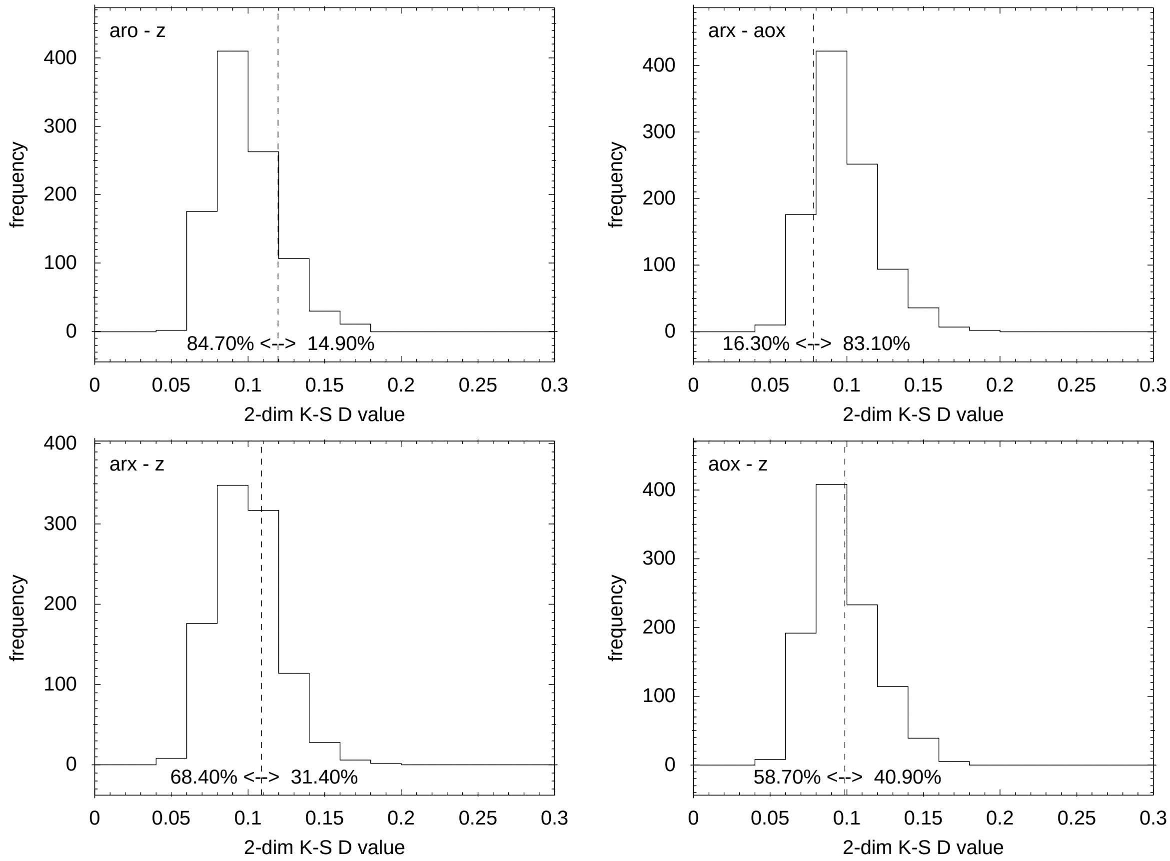


Abb. 6.3: *(Fortsetzung) Zweidimensionale K-S Tests zwischen simulierten Samples und Originalsample.*

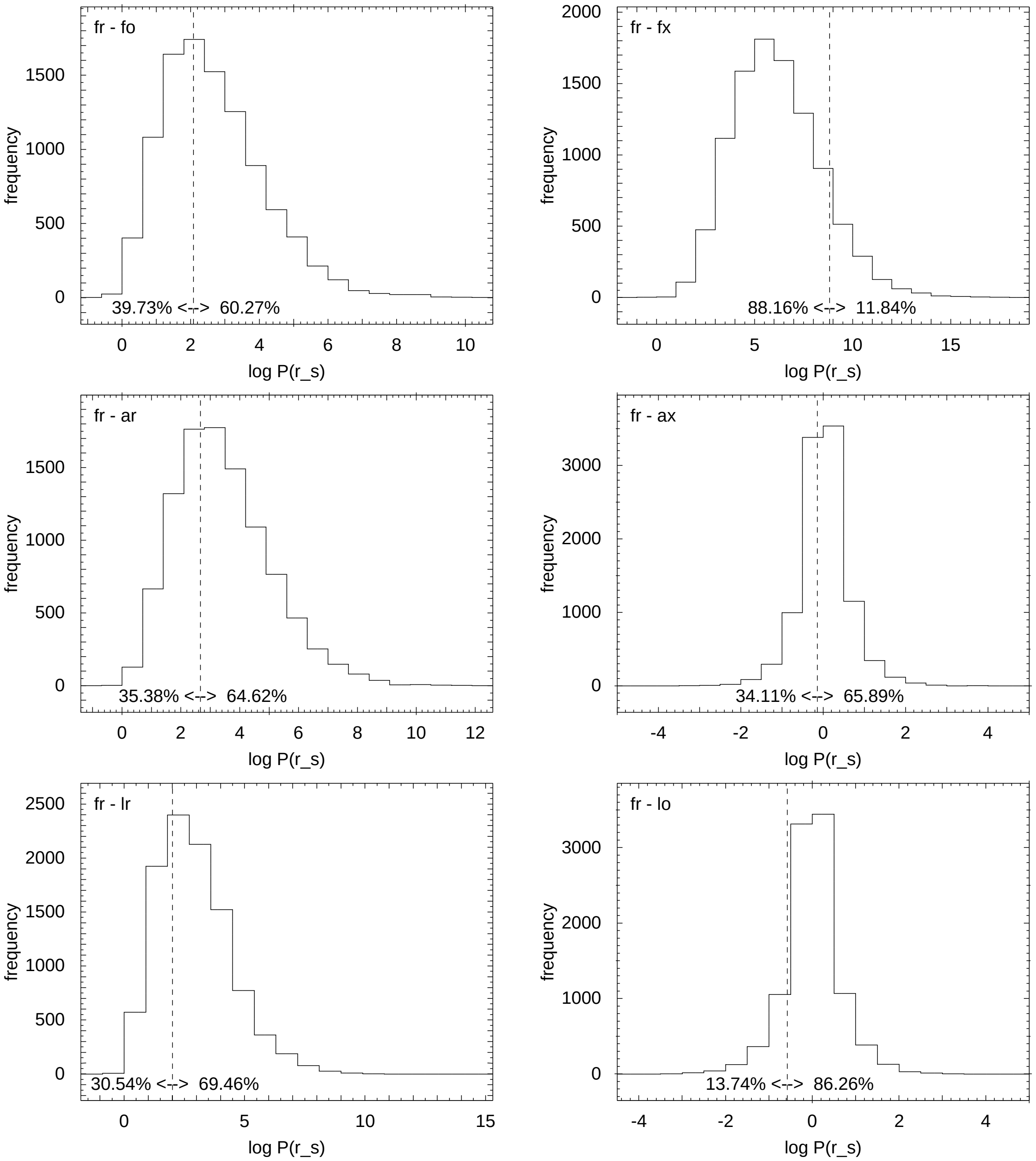


Abb. 6.4: *Alle 66 Verteilungen der Korrelationswahrscheinlichkeiten $P(r_s)$ von 10 000 simulierten Samples im Vergleich zur Korrelationswahrscheinlichkeit des Originalsamples (senkrechte gestrichelte Linie). Die jeweils miteinander korrelierten Größen sind links oben beschrieben. An der senkrechten Line ist angegeben, wieviel Prozent der Verteilung links bzw. rechts von ihr liegen. Zur Vereinheitlichung der Darstellung ist das Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten r_s mit in die dazugehörige Wahrscheinlichkeit einbezogen. Ist $\log P(r_s) < 0$, dann ist $P(r_s)$ die Signifikanz einer Antikorrelation ($r_s < 0$). Ist dagegen $\log P(r_s) > 0$, so ist in diesem Fall $1/P(r_s)$ die Signifikanz einer positiven Korrelation ($r_s > 0$).*

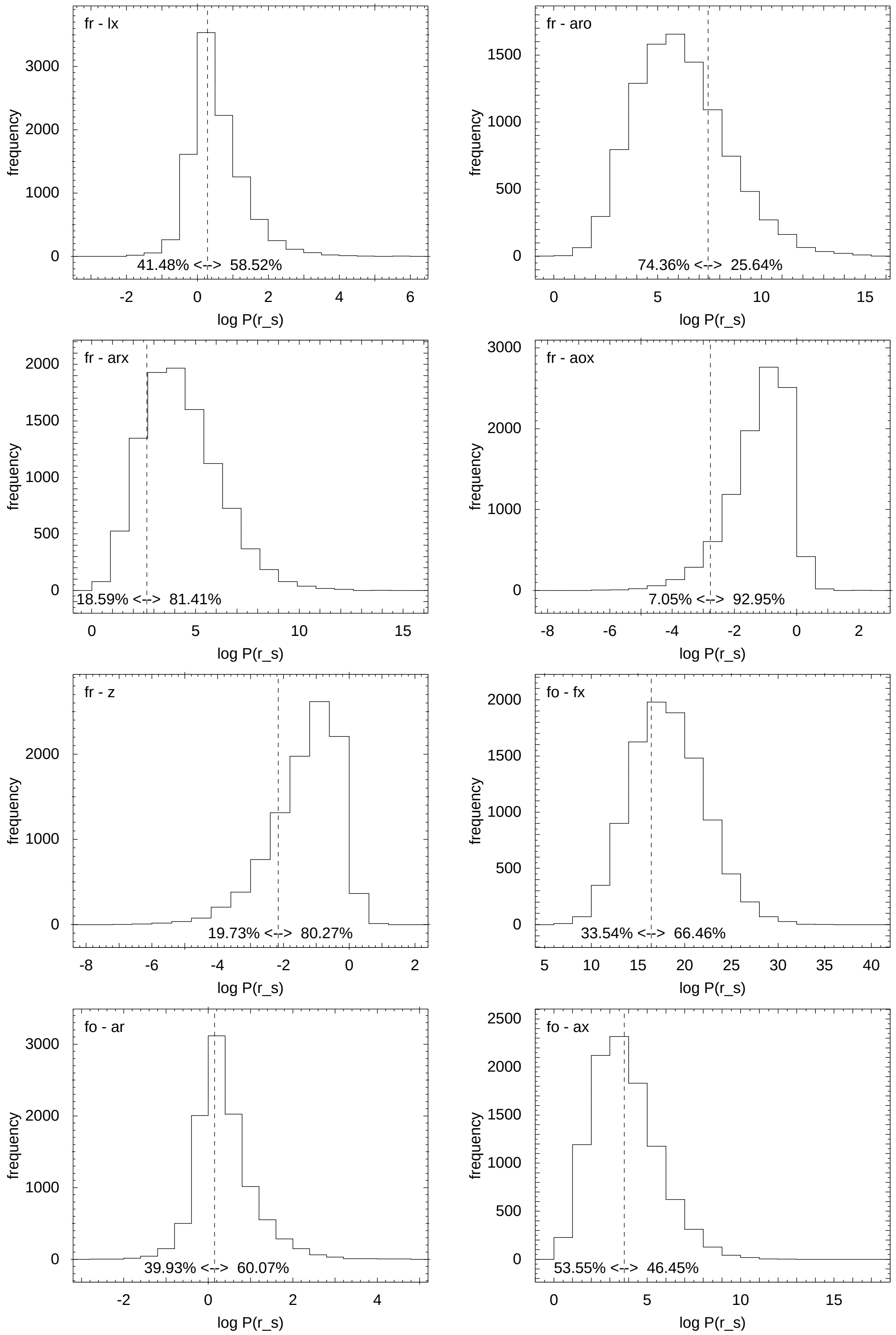


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

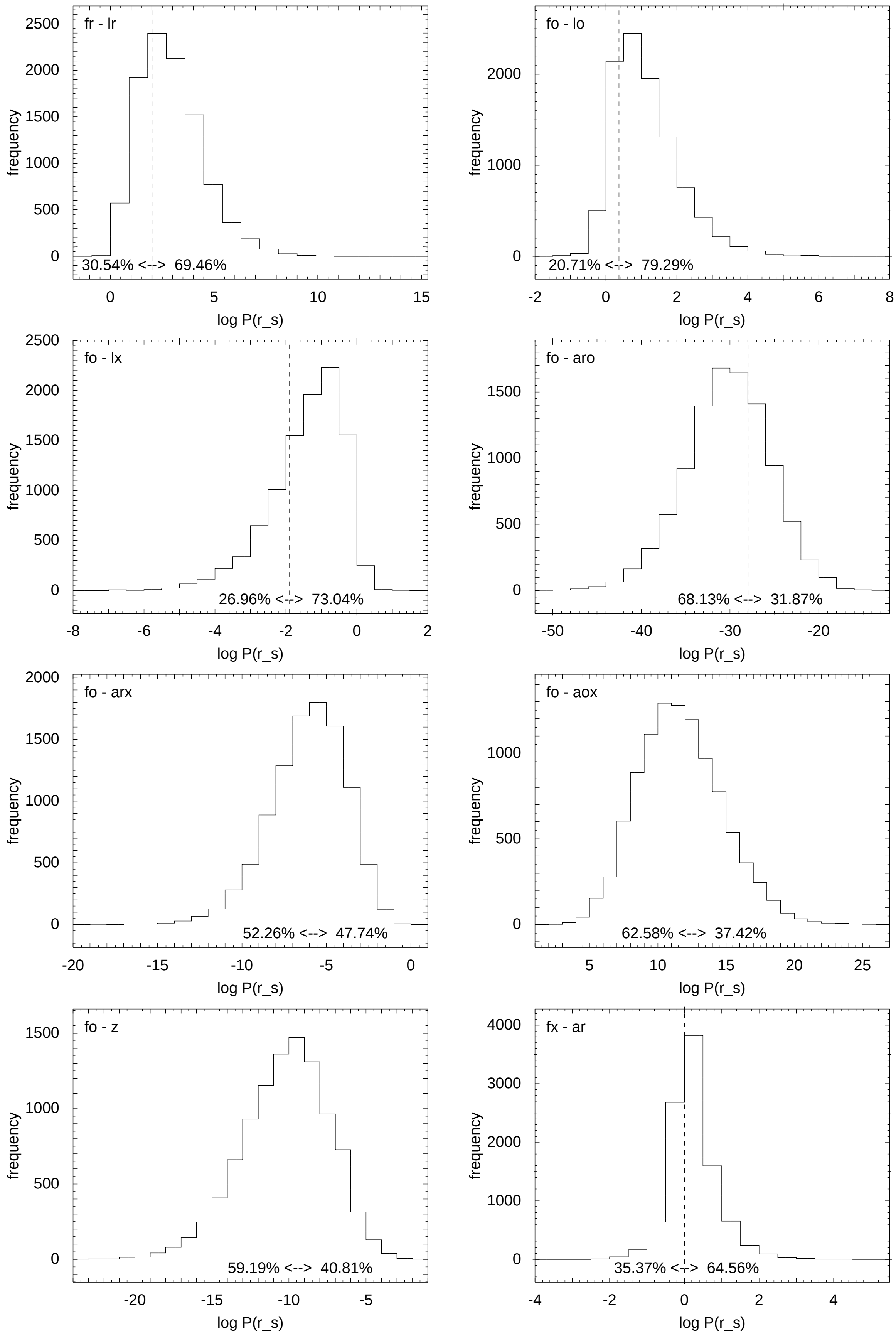


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

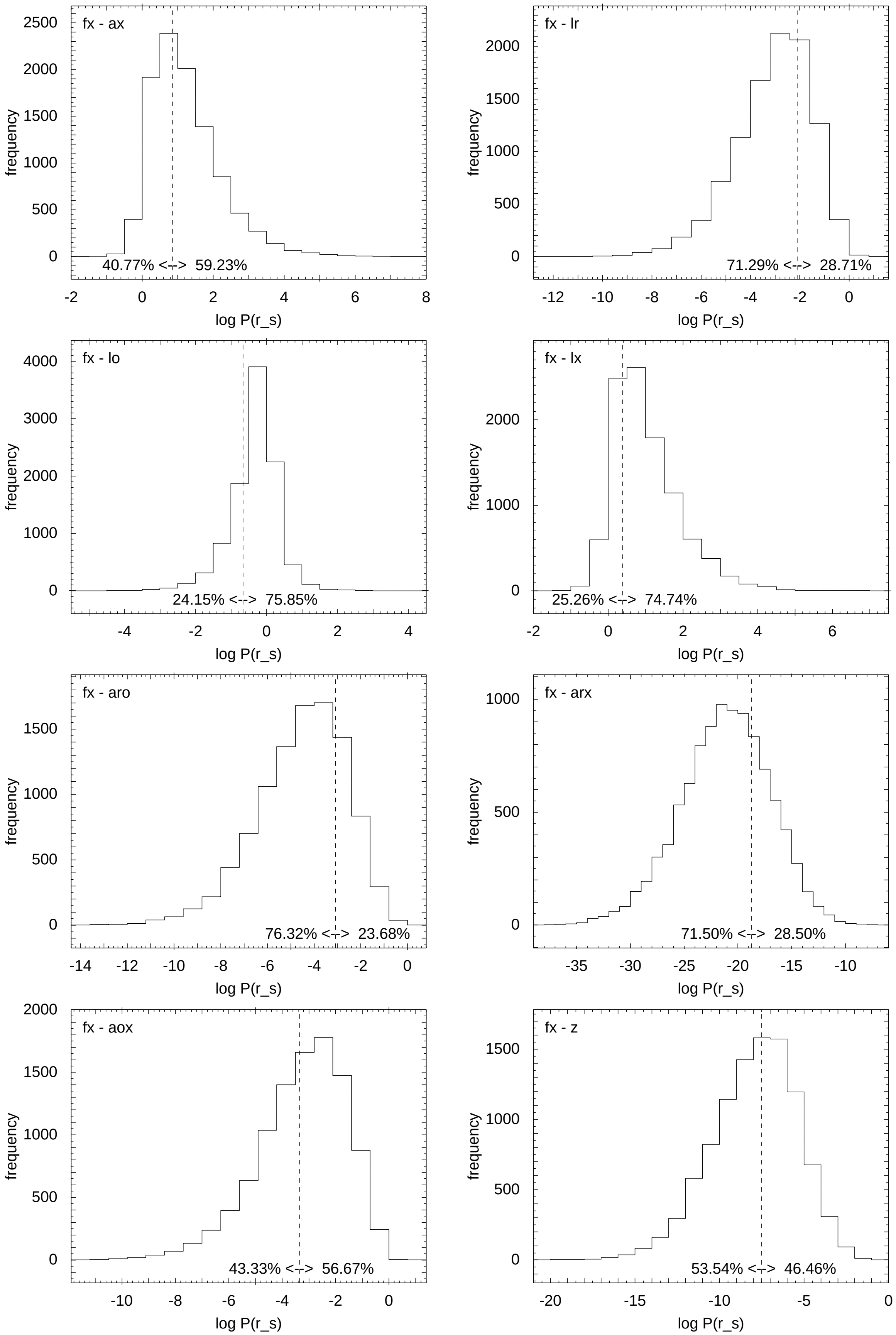


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

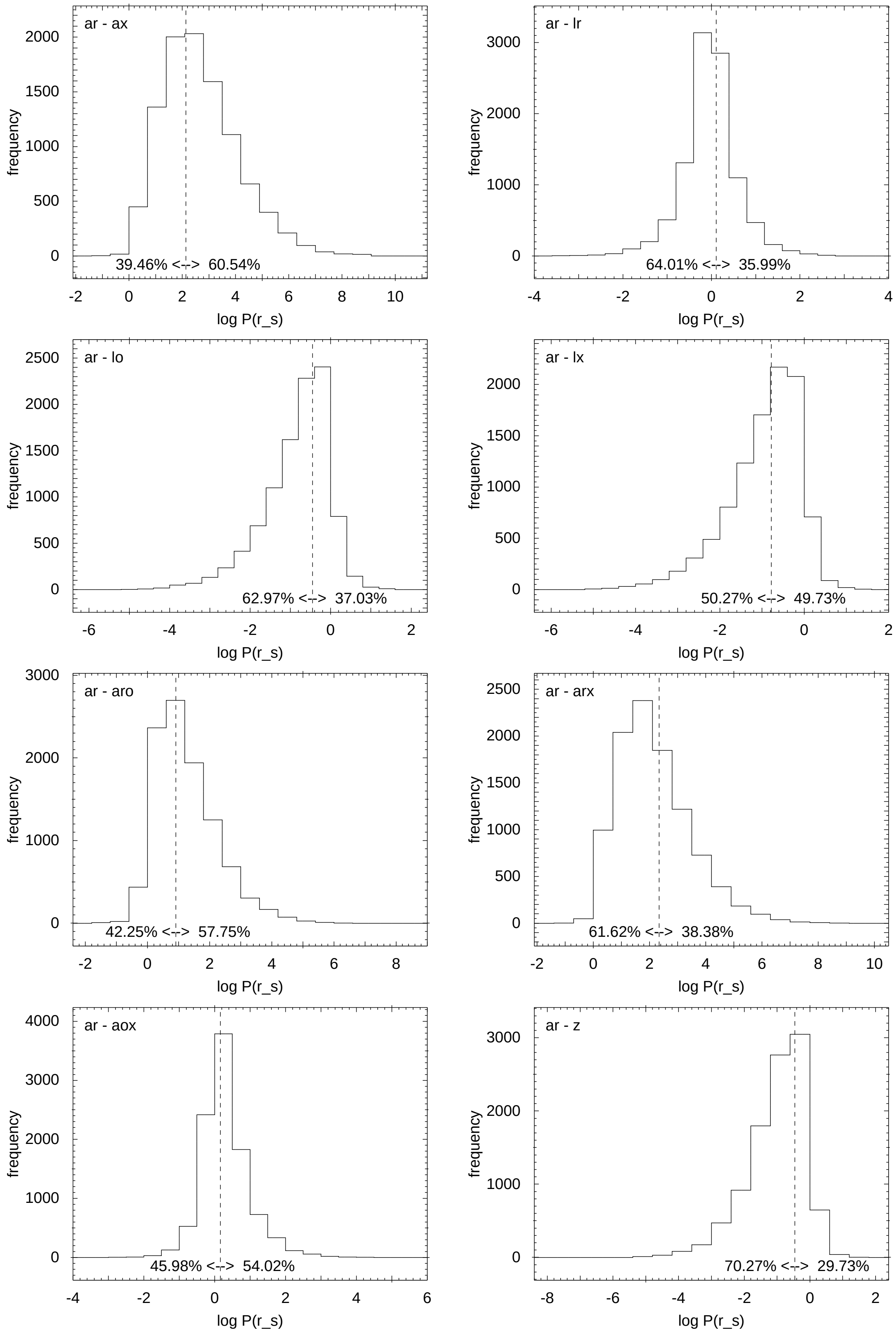


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

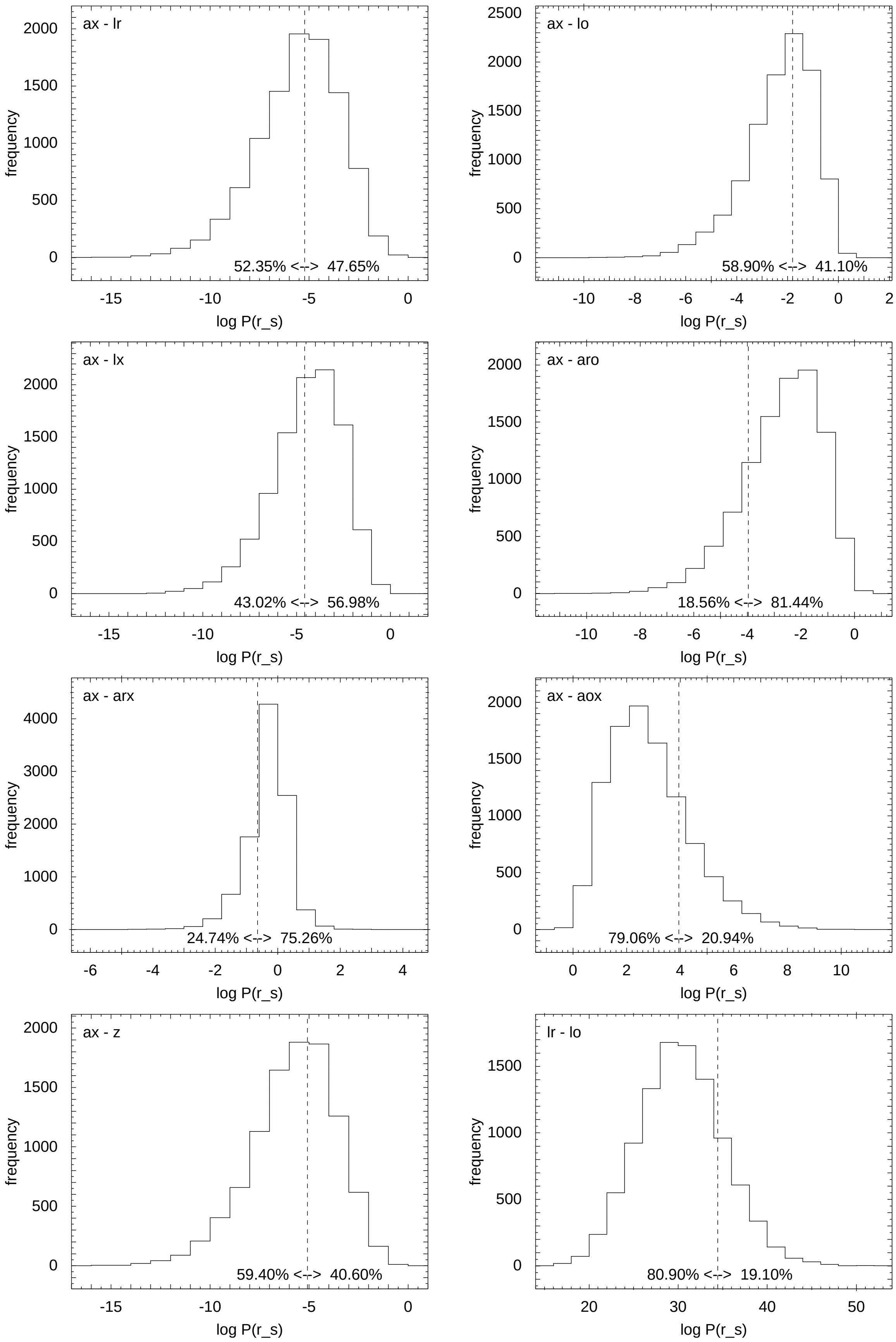


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

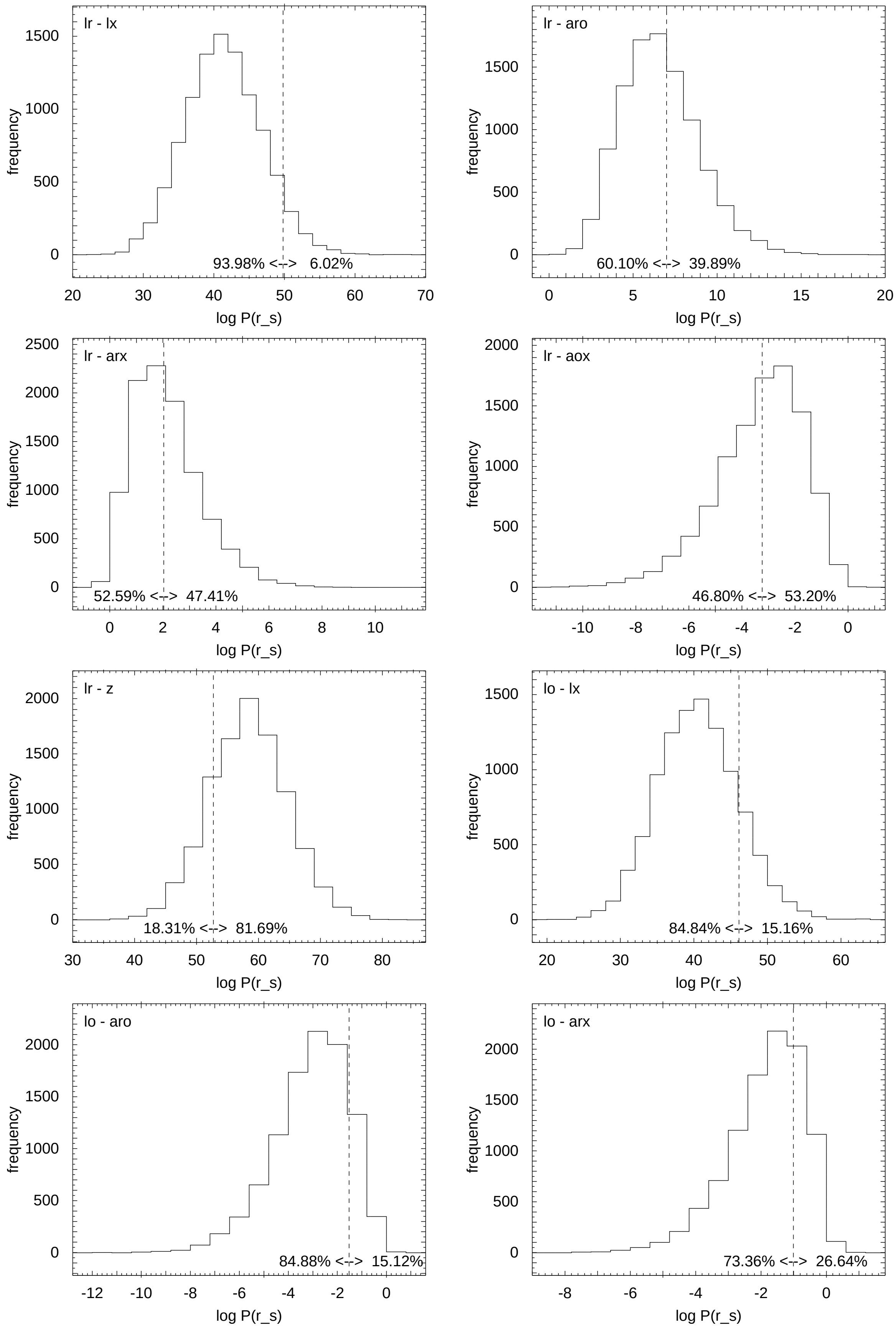


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

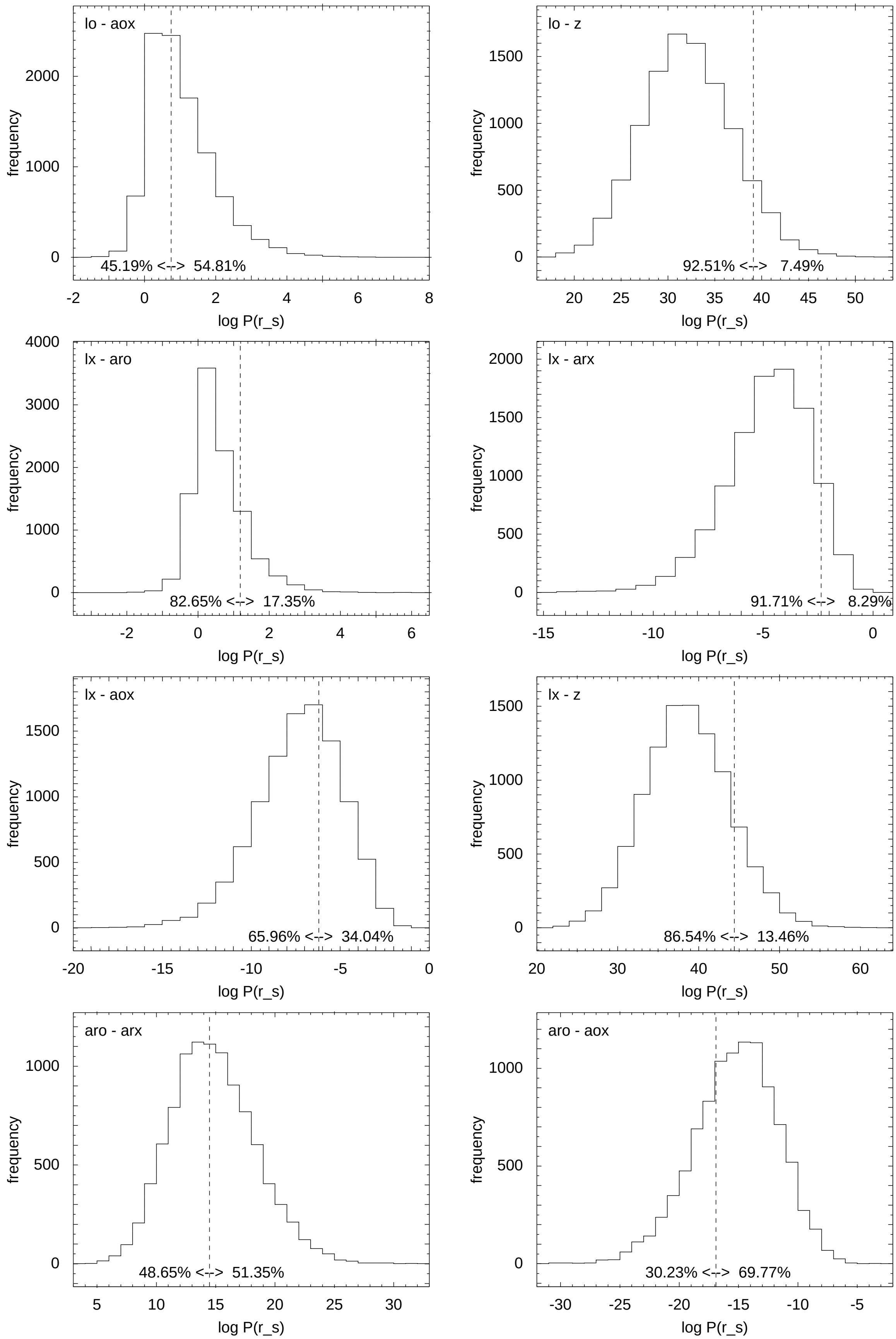


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

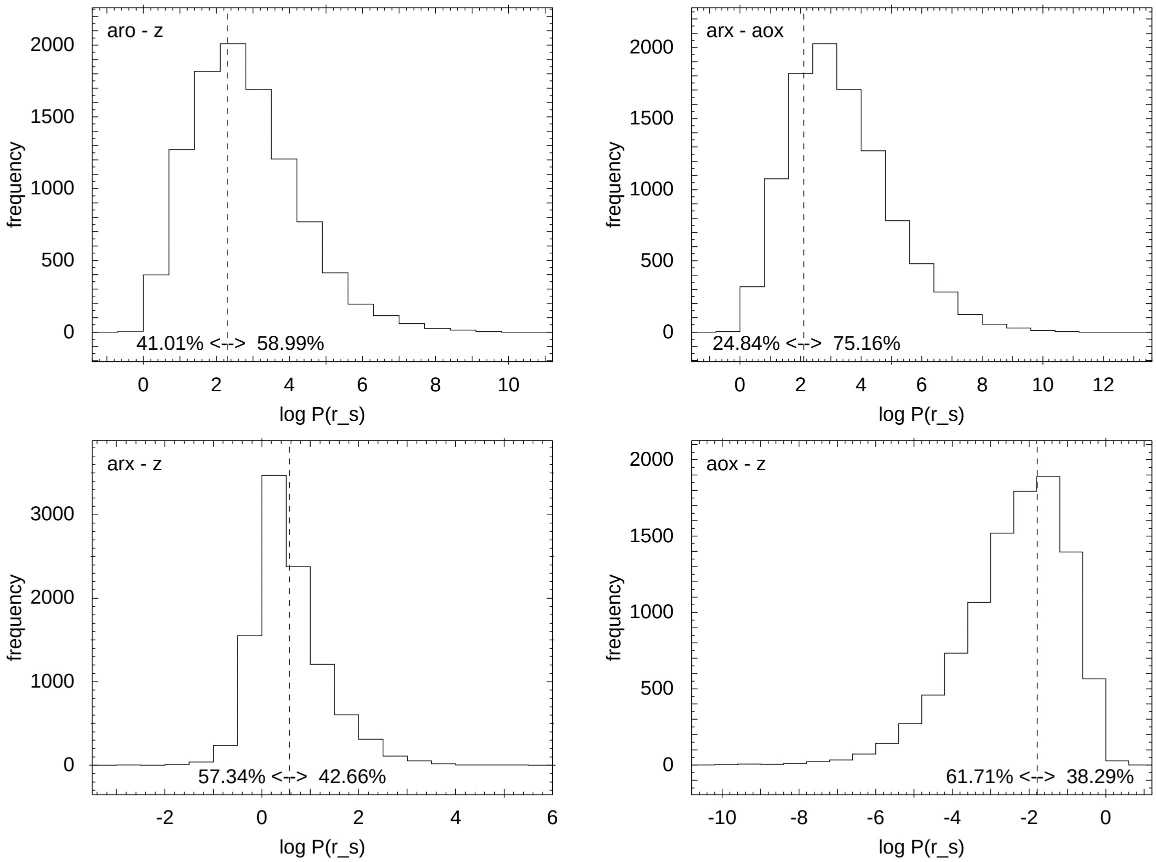


Abb. 6.4: *(Fortsetzung) Korrelationen in simulierten Samples und im Originalsample.*

Danksagung

Zum Schluß möchte ich gerne noch ein paar Dankesworte sagen, da so eine Arbeit immer die Eigenschaft hat, nicht von allein entstehen zu wollen, auch wenn man die Selbständigkeit der eigenen Arbeit beteuern muß. Andererseits kann man gerade dabei auch mit Freude feststellen, daß es viele liebenswerte Kollegen und Freunde gibt, die auch in schwierigsten Situationen mit Rat und Tat zur Seite stehen.

Daher gilt mein Dank besonders (unter fast vollständiger Mißachtung ihrer Titel):

- Herrn Prof. Dr. Rüdiger Staubert nicht nur für die Vergabe der Arbeit, sondern auch für die Betreuung und besonders für das langfristige Vertrauen bei der Arbeit am XUV Datenzentrum und WWW-Server.
- Hermann Brunner, Peter Friedrich, Georg Lamer, Michael König, Jörn Wilms und allen voran Michael Maisack für ihre wissenschaftliche Beratung und Betreuung.
- ebenso Martin Bässgen, Roland Brutscher, Ralf Geckeler, Michael Gölz, Christoph Haas, Wolfgang Hopfensitz, Frank Krull, Mathias Kunz, Heinz Lenhart, Bernhard Pflüger, Andreas Wicenec für ihre stete Diskussions- und Hilfsbereitschaft.
- dem Fußballteam des AIT.
- und zu guter Letzt meinen Eltern und meiner Frau und unserem Sohn, die das wichtigste und schönste im Leben ausmachen: die Familie.

This research has made use of the NASA/IPAC Extragalatic Database (NED) which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration.

Lebenslauf

Persönliche Daten:	Fabian Rother Kiefernweg 3 72119 Ammerbuch geb. 29.8.1966 in Hamburg verheiratet

Ausbildung:

Aug. 1976 – Jun. 1985	Ratsgymnasium Hannover
13.06.1985	Abitur
Okt. 1985 – Okt. 1987	Physik (Diplom) an der Universität Hannover
09.10.1987	Vordiplom in Physik
Okt. 1987 – Dez. 1991	Studium allg. Physik (Diplom) an der Technischen Universität München
Dez. 1990 – Dez. 1991	Diplomarbeit unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. V. Schönfelder am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching über "Sensitivität des Compton-Teleskops COMPTEL für polarisierte Gammastrahlung im Energiebereich 1–30 MeV"
05.12.1991	Diplom (Univ.) in Physik
Apr. 1993 – Jan. 1998	Promotion unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. R. Staubert am Institut für Astronomie und Astrophysik der Eberhard-Karls-Universität Tübingen über "Modellierung eines Samples radiolauter Aktiver Galxienkerne"

Berufliche Tätigkeiten:

Jan. 1992 – Mär. 1993	wissenschaftlicher Angestellter am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching
seit Apr. 1993	wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Astronomie und Astrophysik der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Akademische Lehrer:

Meine Lehrer waren vor anderen:

Die Herren Prof. und Priv. Doz. Buchmüller, Dragon, Großer, Kopfermann, Meyer, Podewski, Schulz und Steudel an der Universität Hannover.

Die Herren Prof. und Priv. Doz. Abstreiter, Götze, Hillebrandt, Kinder, Mössbauer, Pinkau, Schönfelder und Schwabl an der Technischen Universität München.

Die Herren Prof. Staubert und Werner an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.