

Inhaltsverzeichnis

Prolog	1
1. Intention der vorliegenden Arbeit	5
2. Die Röntgenastronomie, ihre Geschichte und Ziele	7
2.1 Die Röntgenastronomie	7
2.2 Kurze Geschichte der Röntgenastronomie	7
2.2.1 Raketen und Ballons	8
2.2.2 Satelliten	8
2.2.3 Die deutsche Röntgenastronomie	10
3. Die Missionen	13
3.1 ABRIXAS	13
3.2 XMM	14
3.3 Wissenschaftliche Zielsetzung	14
3.3.1 Kosmische Röntgenhintergrundstrahlung	15
3.3.2 Elliptische Galaxien und Cluster	15
3.3.3 Normale und Starburst-Galaxien	16
3.3.4 Aktive Galaxien (AGN) und Quasi Stellar Objects (QSO)	17
3.3.5 Schwarze Löcher, Neutronen-Sterne, Pulsare, Doppelsternsysteme	17
3.3.6 Supernova-Überreste	18
3.3.7 Heißes Gas in Galaxien	18
3.3.8 Stellare Coronae	18
3.3.9 Kometen	19
3.4 Übersicht der Instrumente auf XMM	20
3.4.1 Optical Monitor OM	21
3.4.2 Reflection Grating Spectrometer RGS	21
3.4.3 European Photon Imaging Camera EPIC	21
3.5 MPE und IAAT X-Ray Imager MAXI	22
3.5.1 EPIC pn-CCD Camera Head EPCH	22
3.5.2 EPIC pn-CCD Event Analyser EPEA	24
3.5.3 EPIC pn-CCD Low Voltage Control Unit EPVC und - Control Electronics EPCE	24
3.5.4 EPIC pn-CCD Data Handling System EPDH	24

4.	pn-CCD - Das Herz der Missionen	25
4.1	Kleines Halbleitereinmaleins	25
4.1.1	Leitung	25
4.1.2	Dotierung von Halbleitern	26
4.1.2.1	n-Leitung	26
4.1.2.2	p-Leitung	26
4.1.3	Kontakte zwischen n- und p-leitenden Halbleitern	27
4.1.4	Technische Anwendungen	28
4.1.5	Innerer Photoeffekt und Halbleiterzähler	28
4.2	Ein MOS-CCD	28
4.3	Das pn-CCD	29
4.3.1	Vom pn-Übergang zum pn-CCD	29
4.3.1.1	Seitwärtsdepletion	29
4.3.1.2	Pixelstruktur und Ladungstransfer	30
4.3.2	CCD-Design	31
4.3.3	CAMEX und TIMEX	31
4.4	Modes	32
4.4.1	Full Frame Mode	32
4.4.2	Window Mode	32
4.4.3	Timing Mode	33
4.4.4	Burst Mode	34
4.5	Spezielle Effekte bei Photoneneinfall, Ladungstransport und Auslesen	34
4.5.1	Beim Photoneneinfall wirksame Effekte	35
4.5.1.1	Out Of Time Events	35
4.5.1.2	Partial Events	35
4.5.1.3	Split Events	36
4.5.1.4	Pile-Ups	36
4.5.2	Trapping Effekte	36
4.5.2.1	Charge Transfer Efficiency	36
4.5.3	Unterschiedliche Verstärkung der einzelnen Kanäle	37
4.6	Korrekturen	38
4.6.1	Gain-Korrektur	38
4.6.2	CTE-Korrektur	38
4.6.3	Korrektur des Partial-Event-Effekts	39
4.7	Faktoren für die Eichung des pn-CCDs	39
5.	Die Eichung	41
5.1	Die PANTER-Testanlage in Neuried	41
5.2	Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Electromagnétique (LURE)	43
5.2.1	Die Synchrotronquellen	43
5.2.2	Die Fluoreszenzröntgenröhre	44
5.2.3	Handhabung	45
5.3	Flugmodell	45
5.4	Überblick über die vorgenommenen Eichmessungen	46
5.4.1	PANTER-Anlage Neuried	46
5.4.2	LURE/IAS Orsay	47
5.5	Beitrag des IAATs an der Auswertung	48

6. Methoden zur Eichung des pn-CCDs	49
6.1 Gain und Amplification - Die Schlitzmethode	49
6.2 Diskussion verschiedener Kalibrationsmethoden der CTE für Timing und Burst Mode	50
6.2.1 Schlitz-Schlitz-Methode	51
6.2.2 Schlitz-Out-Of-Fokus-Methode	52
6.2.3 Doppelte Out-Of-Fokus-Methode	53
7. Ergebnisse und Deutung	55
7.1 Vergleich der Gain von PANTER- und LURE/IAS-Messungen	55
7.2 Amplification	56
7.2.1 Temperaturabhängigkeit der Amplification	56
7.2.1.1 Full Frame Mode	56
7.2.2 Ratenabhängigkeit der Gain und Amplification	57
7.2.2.1 Full Frame Mode	58
7.2.2.2 Timing Mode	59
7.2.2.3 Burst Mode	60
7.2.3 Energieabhängigkeit der Gain und Amplification	61
7.2.3.1 Full Frame Mode	61
7.2.3.2 Timing Mode	62
7.2.3.3 Burst Mode	63
7.3 Vergleich der Gain in verschiedenen Modes	64
7.3.1 Differenz zwischen Full Frame Mode und Timing Mode - jeweils am CAMEX bestrahlt	64
7.3.2 Differenz zwischen Timing Mode am CAMEX bestrahlt und Timing Mode gegenüber des CAMEX bestrahlt	64
7.3.3 Differenz zwischen Full Frame Mode am CAMEX bestrahlt und Burst Mode gegenüber des CAMEX bestrahlt	65
7.3.4 Allgemeine Zusammensetzung des Verlustes der detektierten Energie	65
7.4 CTE	66
7.4.1 Temperaturabhängigkeit der CTE	67
7.4.2 Ratenabhängigkeit der CTE	67
7.4.2.1 Timing Mode	67
7.4.3 Energieabhängigkeit der CTE	68
7.4.3.1 Timing Mode	68
7.4.3.2 Burst Mode – schnelles Schieben	71
7.4.3.3 Burst Mode – langsames Schieben während des Auslesens	71
7.5 Verifizierung der Zeitauflösung der MAXI-Kamera	72
7.6 Untersuchung des Pile-Up-Verhaltens für Punktquellen	74
7.7 Vergleich der CTE im Timing Mode mit der CTE im Full Frame Mode	75
8. Konsequenzen	77
8.1 Bilanz der Eichung der schnellen Modes	77
8.2 Störfälle an der Kamera während der Eichung	78
8.2.1 Ausfall des Quadranten 2	78
8.2.2 „Fingerabdruck“	79
8.2.3 Notwendigkeit zum „bad“-setzen von CCD 1 im Quadranten 0	79
8.3 Leistungsfähigkeit des CCDs	80

8.4 Hoffnung: Das Flight Spare- Modell	80
9. Zusammenfassung	81
9.1 Amplification und Gain	81
9.2 CTE	81
9.3 Zeitauflösung und Pile-Up-Verhalten	81
9.4 Kalibrationsmethoden	82
10. Ausblick	83
10.1 Eichung des Flight Spare-Modells für XMM	83
10.2 Eichung der pn-Kamera für ABRIXAS	83
10.3 In Orbit Calibration	83
Epilog	85
Referenzen	87
Anhang A: Abbildungsverzeichnis und –nachweis	89
Anhang B: Tabellen	93
Anhang C: Erklärung	95
Anhang D: Benutzte Hilfsmittel	96
Danke	97