

# CCD-Tests

## Einleitung

Ein **CCD** (**C**harge **C**oupled **D**evice) ist ein Photodetektor auf Halbleiterbasis; dieser Chip besteht aus mikroskopisch kleinen in einem Rechteck angeordneten Siliziumelementen, die unter Lichteinstrahlung, aufgrund des Photoeffekts, Elektronen freisetzen. Diese von diesen Elementen (Pixel genannt) freigesetzten Elektronen werden zeilenweise an den Rand geschoben und dort ausgezählt.

Nach der Auszählung des gesamten **CCD**-Chips wird jedem Pixel eine seiner freigesetzten Elektronen äquivalente Graustufe (**ADU** – **A**nalog to **D**igital **U**nit) zugeordnet. Dies geschieht mittels einer systeminternen Konstanten (system gain), die in unserem Fall 2,3 Elektronen pro **ADU** beträgt. Das ausgelesene Bild ist schwarz-weiß; helle Abschnitte bezeichnen Flächen, auf die viel Licht aufgetroffen ist, schwarze diejenigen mit wenig Licht.

Da **CCD**-Chips nur eine beschränkte Aufnahmekapazität besitzen, kann es zu einem sogenannten blooming-Effekt kommen, der einer Überbelichtung des Chips entspricht. Sollte ein Pixel überbelichtet werden, werden die Elektronen in die angrenzenden Elemente „hinübergeschaufelt“.

**CCDs** haben gegenüber herkömmlichen Photoplatten einige Vorteile. Sie sind weitaus lichtempfindlicher und können Helligkeitsunterschiede besser aufzeichnen, des Weiteren ist ihre spektrale Empfindlichkeit breiter und sie sprechen in unterschiedlichen Wellenlängen gleichmäßiger als Photoplatten an.

Nichtsdestoweniger ist bei der Verwendung von **CCDs** auf einige Besonderheiten zu achten:

- **Dunkelstrom**  
Da aufgrund von Wärme ebenfalls Elektronen in den Siliziumelementen frei werden, muss dieser Effekt bei der Reduktion beachtet werden, weil diese Elektronen die Bildqualität verschlechtern können. Diesem Effekt kann entgegen gearbeitet werden, indem man den **CCD**-Chip stark (gelegentlich wird sogar flüssiges Helium verwendet). Bei der Reduktion wird eine Dunkelstromaufnahme vom eigentlichen Bild abgezogen, um die Bildqualität zu verbessern.
- **Bias**  
Das Bias ist eine Aufnahme mit der kürzest möglichen Belichtungszeit. Bei der Reduktion wird diese Aufnahme von der Quelle abgezogen, um sozusagen die „Grundentladung“ des **CCD**-Chips abzuziehen.
- **Flat**  
Da es bei der Produktion von **CCD**-Chips zu Unregelmäßigkeiten kommen kann, muss auf jeden Chip individuell eingegangen werden. Dies geschieht durch eine Flatfeldaufnahme, bei der diese chipbezogenen Unzulänglichkeiten (Verschmutzungen, möglicher Gradient bei der Belichtung) festgestellt werden. Bei der Reduktion wird die Source dann durch diese Flatfeldaufnahme dividiert.

## Dunkelstrommessung

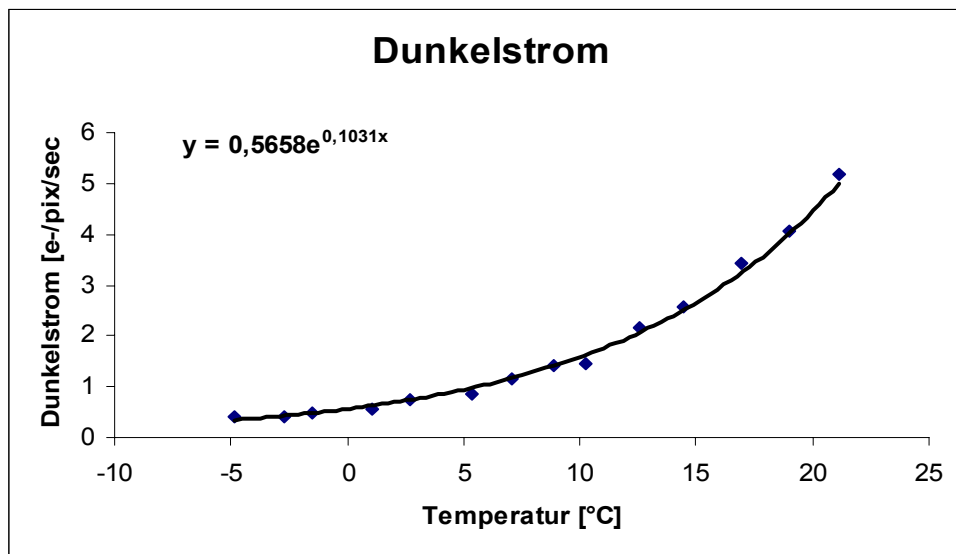
Ziel dieser Messung ist es zu zeigen, dass der Dunkelstrom von der Kühlung beziehungsweise Nichtkühlung des CCD-Chips abhängig ist, und dieser damit die Qualität der Aufnahme maßgeblich mitbestimmt. Mit einer **CCD**-Kamera wurden Bias- und Dunkelstromaufnahmen über 45 Sekunden bei unterschiedlichen Temperaturen (im Bereich  $-5\text{ °C}$  bis  $21\text{ °C}$ ) gemacht. Um nun die Anzahl der freigesetzten Elektronen zu bestimmen, geht man wie folgt vor: Man nimmt stichprobenartig die Durchschnittshelligkeit bei zwei Pixelpositionen der Bias- und der zugehörigen Dunkelstromaufnahme und mittelt diese. Die in der unteren Tabelle angegebenen Werte bei Bias und Dunkelstrom sind bei den Pixelpositionen 100/75 und 45/100 bestimmt worden. Danach zieht man die Biasaufnahme von der Dunkelstromaufnahme ab, das Ergebnis ist nun ADU pro Pixel, wird nun dieser Wert noch durch die Belichtungszeit der Dunkelstromaufnahme dividiert (hier 45 Sekunden) und mit dem system gain multipliziert (hier 2,3), gelangt man zum Dunkelstrom in den Einheiten Elektronen pro Sekunde und Pixel. Alle diese Werte sind in der unten angeführten Tabelle angegeben.

Temperatur BIAS [°C]	BIAS	Dunkelstrom	Mittel BIAS	Mittel Dunkelstrom	Dunkelstrom [ADU]	Dunkelstrom [e/s*pixel]
-4,40	99,37		99,365			
	99,36					
-3,16		107,980	100,610	107,620	8,255	0,423
		107,260				
	100,67					
	100,55					
-0,65		109,120	99,875	108,845	8,235	0,421
		108,570				
	99,91					
	99,84					
0,61		109,500	100,350	109,050	9,175	0,469
		108,600				
	100,15					
	100,55					
2,73		112,060	100,690	111,625	11,275	0,576
		111,190				
	100,63					
	100,75					
5,33		116,040	101,575	115,480	14,790	0,756
		114,920				
	101,44					
	101,71					
6,64		119,150	100,115	118,575	17,000	0,869
		118,000				
	100,14					
	100,09					
8,42		123,480	101,395	122,655	22,540	1,152
		121,830				
	101,27					
	101,52					
		129,890		128,840	27,445	1,403

Temperatur BIAS [°C ]	BIAS	Dunkelstrom	Mittel BIAS	Mittel Dunkelstrom	Dunkelstrom [ADU]	Dunkelstrom [e/s*pixel]
		127,790				
11,16	103,10		103,030			
	102,96					
		132,820		131,685	28,655	1,465
		130,550				
12,09	101,55		101,560			
	101,57					
		145,690		144,160	42,600	2,177
		142,630				
15,45	102,01		102,065			
	102,12					
		153,780		152,030	49,965	2,554
		150,280				
16,95	103,61		103,575			
	103,54					
		172,820		170,295	66,720	3,410
		167,770				
19,00	104,58		104,550			
	104,52					
		187,470		184,325	79,775	4,077
		181,180				
20,58	104,49		104,555			
	104,62					
		209,600		205,990	101,435	5,184
		202,380				

Um nun den Zusammenhang zwischen Temperatur und Dunkelstrom besser zu verdeutlichen, wurde unten angeführtes Diagramm erstellt. Die Temperatur der Dunkelstromaufnahmen wird gegen den Dunkelstrom in obig ausgerechneten Einheiten aufgetragen. Deutlich lässt sich ein exponentieller Zusammenhang erkennen. Je stärker ein **CCD**-Chip gekühlt wird, desto besser ist die Qualität der erzeugten Bilder.

Die für die Graphik verwendeten Daten sind in darunterliegender Tabelle angegeben.



Temperatur Dunkelstrom [°C ]	Dunkelstrom [e/s*pixel]
-4,82	0,422
-2,74	0,421
-1,49	0,469
1,03	0,576
2,73	0,756
5,33	0,869
7,08	1,152
8,87	1,403
10,24	1,465
12,56	2,177
14,48	2,554
16,95	3,410
19,00	4,077
21,12	5,184