

Nichtlinearität der Kennlinie eines phosphorbeschichteten CCD- ICs

Dipl.-Ing. Björnstjerne Zindler, M.Sc.

[www:Zenithpoint.de](http://www.Zenithpoint.de)

Erstellt: 1. Juli 2013 – Letzte Revision: 18. Dezember 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
2	Grobselektion der Messbilder	3
3	Bildauswertung, Messwertermittlung und Feinselektion	5
4	Normung der Messergebnisse	6
5	Grafische Darstellung und Regressionen	7
6	Zusammenfassung	9

Literatur

[NWS73] L. W. Dunin-Barkowski N. W. Smirnow. Mathematische Statistik in der Technik. Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1973. 3. Auflage.

1 Einführung

Einführung

Aufgabe ist einen IR- empfindlichen, phosphorbeschichteten CCD- Chip auszumessen und das digitale 8 Bit breite Ausgangssignal ($2^8 = 256$ Graustufen) auf Linearität zum optischen Eingangssignal zu überprüfen. Dafür wird ein Laserstrahl auf den Chip geleitet und dieser in seinem Durchmesser mittels Linse veränderlich gestaltet. Der Messaufbau wurde im Labor 2.40 am 01. Juli 2013 montiert und anschließend der Chip vermessen.

2 Grobselektion der Messbilder

Ergebnis dieser Messung sind 53 Bilder mit durch Verschieben der Linse unterschiedlicher Spotgröße. Im Anschluss nach der Bildaufnahme wurde eine erste Grobselektion der Bilder durchgeführt.

Grobselektion

Bild #	Ergebnis der Grobselektion	Grund
01	X	CCD unter Nachweisgrenze
02	X	CCD unter Nachweisgrenze
03	X	CCD unter Nachweisgrenze
04	Y	Übergang verworfen
05	O	-
06	O	-
07	O	-
08	O	-
09	O	-
10	O	-
11	O	-
12	O	-
13	O	-
14	O	-
15	O	-
16	O	-
17	O	-
18	O	-
19	O	-
20	O	-
21	O	-
22	O	-
23	O	-
24	O	-
25	O	-
26	O	-
27	O	-
28	O	-
29	O	-
30	O	-
31	Y	Übergang verworfen
32	X	CCD übersteuert
33	X	CCD übersteuert
34	X	CCD übersteuert
35	X	CCD übersteuert
36	X	CCD übersteuert
37	X	CCD übersteuert
38	X	CCD übersteuert
39	X	CCD übersteuert
40	X	CCD übersteuert
41	X	CCD übersteuert
42	X	CCD übersteuert
43	X ¹⁾	CCD übersteuert
44	X	CCD übersteuert
45	X	CCD übersteuert
46	X	CCD übersteuert
47	X	CCD übersteuert
Fortsetzung nächste Seite		

2 Grobselektion der Messbilder

Fortsetzung vorheriger Seite		
48	X	CCD übersteuert
49	X	CCD übersteuert
50	X	CCD übersteuert
51	X	CCD übersteuert
52	X	CCD übersteuert
53	X	CCD übersteuert

¹⁾ Fokuspunkt, kleinster Spot

3 Bildauswertung, Messwertermittlung und Feinselektion

Nach der Grobselektion wurde über das automatisierbare Bildauswertungsprogramm ImageJ[©] eine Analyse mittels Macro „Plot Profile“ durchgeführt, um die in der Messung gewonnenen BMP- Datei in auswertbare TXT- Dateien zu überführen. Die danach vorliegenden Messwerte wurden mit Hilfe des CAS- Programmes Maple[©] gefittet und ausgewertet. Eine Feinselektion wurde ebenfalls im gleichen Zuge durchgeführt.

Feinselektion

Da der Spot eine elliptische Form besitzt, wird die Fläche über die Halbachsen ermittelt.

#	Große Halbachse a [Pix]	Kleine Halbachse b [Pix]	Spotfläche $A = \pi \cdot a \cdot b$ [Pix ²]	Fit CCD-Signal S_{max} [Bit]	Ort von S_{max} [Pix]	Fittungsfehler r [-]	Sel [-]
05	308,03	210,58	203.783	9,22/10,00	739,50/309,16	0,0477/0,0723	X ²⁾
06	293,37	217,37	200.340	9,13/9,96	691,15/351,52	0,0315/0,0556	X ²⁾
07	288,23	206,73	187.197	10,79/11,03	622,58/347,46	0,0266/0,0481	X ²⁾
08	312,46	194,17	190.600	10,26/12,05	532,84/322,28	0,0526/0,0489	X ²⁾
09	268,74	197,80	166.992	12,24/12,35	572,44/366,64	0,0209/0,0334	X ²⁾
10	250,13	181,52	142.639	14,33/14,01	531,23/343,04	0,0183/0,0299	O
11	233,37	180,95	132.664	15,65/14,63	529,02/368,07	0,0124/0,0246	O
12	231,80	176,79	128.743	16,18/15,11	532,34/352,70	0,0115/0,0234	O
13	209,90	153,01	100.903	19,19/19,79	526,94/383,62	0,0062/0,0062	O
14	194,81	151,49	92.713	21,48/19,99	561,82/408,13	0,0021/0,0037	O
15	196,73	141,22	87.282	23,05/23,09	553,44/407,19	0,0026/0,0020	O
16	186,82	138,92	81.538	24,55/24,42	620,21/410,00	0,0006/0,0016	O
17	189,35	132,51	78.827	26,11/26,70	532,76/414,75	0,0025/0,0009	O
18	171,24	125,97	67.764	30,39/29,86	619,89/415,66	0,0002/0,0004	O
19	155,17	117,51	57.285	35,98/34,40	626,21/419,62	0,0000/0,0002	O
20	153,23	111,94	53.889	38,75/37,13	555,14/425,95	0,0001/0,0000	O
21	142,89	103,30	46.372	45,24/44,51	623,65/428,58	0,0000/0,0000	O
22	144,48	99,57	45.201	47,86/48,62	614,08/430,07	0,0000/0,0000	O
23	141,10	94,78	42.013	52,01/51,71	648,77/433,85	0,0000/0,0000	O
24	132,02	90,85	37.680	59,38/61,14	654,89/438,84	0,0000/0,0000	O
25	122,10	82,84	31.775	70,20/72,69	655,47/445,36	0,0000/0,0000	O
26	114,57	78,20	28.146	85,30/88,38	656,76/450,01	0,0000/0,0000	O
27	107,13	75,08	25.268	98,97/101,8	567,07/454,16	0,0000/0,0000	O
28	103,99	71,98	23.515	113,0/113,4	653,39/456,02	0,0000/0,0000	O
29	101,51	66,88	21.328	128,9/139,7	647,15/462,36	0,0000/0,0000	O
30	97,03	63,73	19.428	169,7/178,3	643,63/471,58	0,0000/0,0000	O

2) Fittungsfehler zu hoch > 0,03

4 Normung der Messergebnisse

Durch die Behandlung als Ellipse wurden zwei maximale, gefittete CCD- Signale gewonnen. Der Mittelwert wird gebildet. Die Spotfläche und das CCD- Signal werden normiert auf Messbild 30.

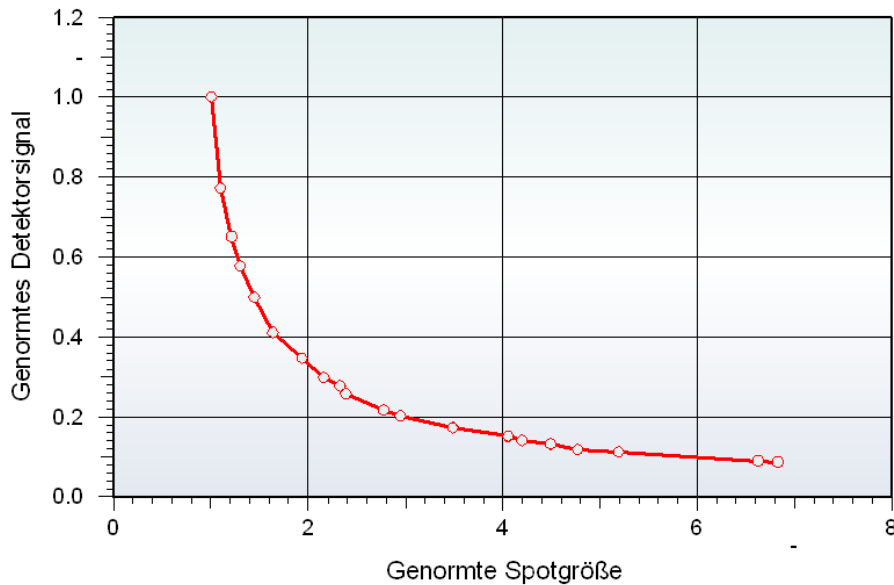
Normung

#	Spotfläche A [Pix ²]	Mittleres CCD- Signal S [Bit]	Genormtes A \hat{A} [-]	Genormtes Inverses A \hat{A}^{-1} [-]	Genormtes S \hat{S} [-]
10	142.639	14,17	7,342	0,136	0,081
11	132.664	15,14	6,828	0,146	0,087
12	128.743	15,65	6,627	0,151	0,090
13	100.903	19,49	5,194	0,193	0,112
14	92.713	20,74	4,772	0,210	0,119
15	87.282	23,07	4,493	0,223	0,132
16	81.538	24,49	4,197	0,238	0,141
17	78.827	26,41	4,057	0,246	0,152
18	67.764	30,13	3,488	0,287	0,173
19	57.285	35,19	2,949	0,339	0,202
20	53.889	37,94	2,774	0,361	0,218
21	46.372	44,88	2,387	0,419	0,258
22	45.201	48,24	2,327	0,430	0,277
23	42.013	51,86	2,162	0,462	0,298
24	37.680	60,26	1,939	0,516	0,346
25	31.775	71,45	1,636	0,611	0,411
26	28.146	86,84	1,449	0,690	0,499
27	25.268	100,38	1,301	0,769	0,577
28	23.515	113,20	1,210	0,826	0,651
29	21.328	134,30	1,098	0,911	0,772
30	19.428	174,00	1,000	1,000	1,000

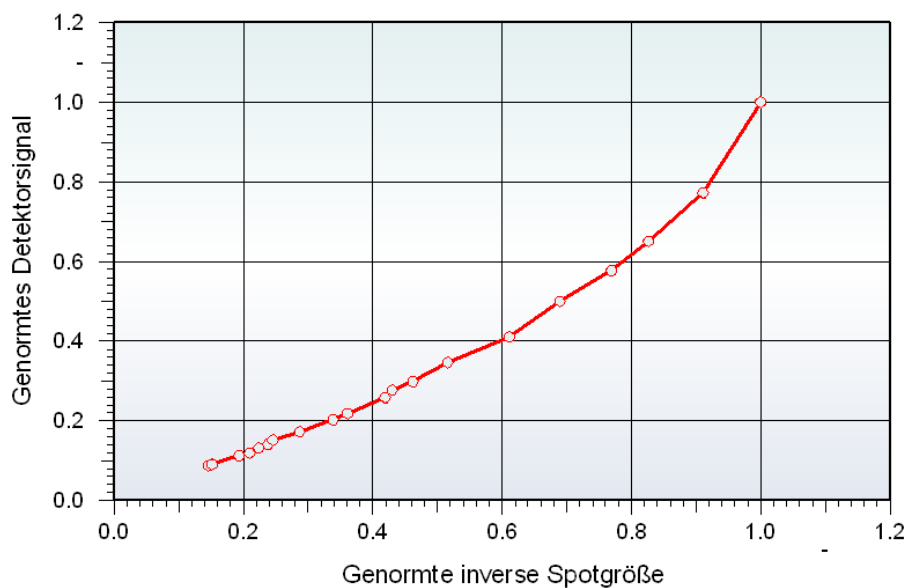
5 Grafische Darstellung und Regressionen

Anschließend eine grafische Darstellung und Regression mittels des Visualisierungsprogrammes XSel11©.

Regression



Funktioneller Zusammenhang zwischen Spotgröße und Detektorsignal.



Funktioneller Zusammenhang zwischen inverser Spotgröße und Detektorsignal.

Über den Bereich der vorliegenden Messwerte wurde eine minimalfehlerbehaftete Regression ($r = 0,005$) ermittelt von:

$$\hat{S} = 0,81 \cdot \hat{A}^{-1,21} = 0,81 \cdot \check{A}^{+1,21}$$

[NWS73]

Im Bereich großer Spotflächen ($\hat{A} > 5$ bzw. $\check{A} < 0,2$) kann eine lineare (Ersatz)Regression durchgeführt werden mit:

$$\hat{S} = 0,172 - 0,012 \cdot \hat{A} = 0,014 + 0,505 \cdot \check{A}$$

Im Bereich sehr kleiner Spotflächen ($\hat{A} < 1,1$ bzw. $\check{A} > 0,9$) sind vorliegende Regressionen nicht genau genug.

Eine weitere Verfeinerung der Regression ist möglich, um den Bereich sehr kleiner Spotflächen abdecken zu können. Es wird festgelegt:

$$\tilde{A} = \check{A} - 1$$

#	Genormtes \hat{A} [-]	Verschobenes \tilde{A} [-]	Genormtes \hat{S} [-]
10	7,342	6,342	0,081
11	6,828	5,828	0,087
12	6,627	5,627	0,090
13	5,194	4,194	0,112
14	4,772	3,772	0,119
15	4,493	3,493	0,132
16	4,197	3,197	0,141
17	4,057	3,057	0,152
18	3,488	2,488	0,173
19	2,949	1,949	0,202
20	2,774	1,774	0,218
21	2,387	1,387	0,258
22	2,327	1,327	0,277
23	2,162	1,162	0,298
24	1,939	0,939	0,346
25	1,636	0,636	0,411
26	1,449	0,449	0,499
27	1,301	0,301	0,577
28	1,210	0,210	0,651
29	1,098	0,098	0,772
30	1,000	0,000	1,000

Eine erneute Regression ergibt nun:

$$\hat{S} = 1 - 7,089 \cdot \tilde{A}^{0,588} + 6,413 \cdot \tilde{A}^{0,618}$$

⇒

$$\hat{S} = 1 - 7,089 \cdot (\hat{A} - 1)^{0,588} + 6,413 \cdot (\hat{A} - 1)^{0,618}$$

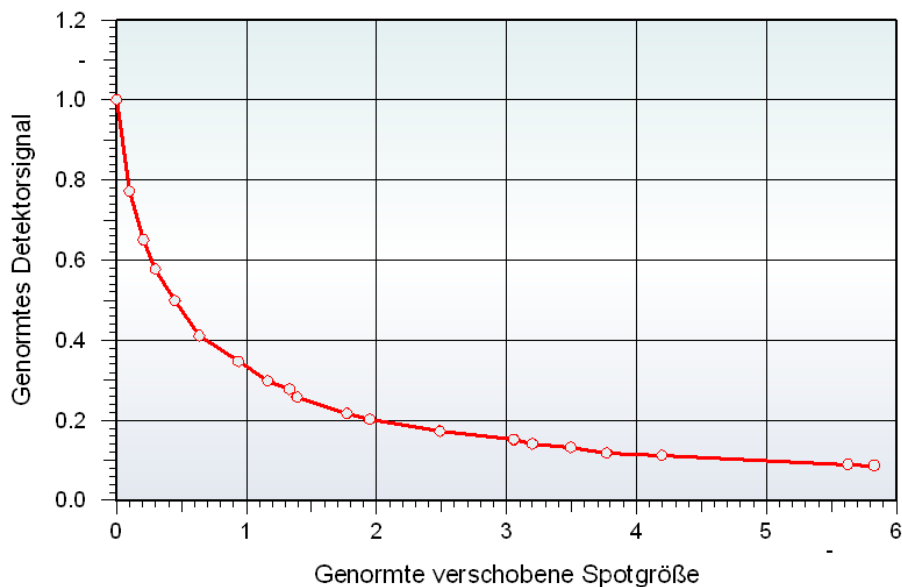
⇒

$$\hat{S} = 1 - 7,089 \cdot \left(\frac{1}{\tilde{A}} - 1\right)^{0,588} + 6,413 \cdot \left(\frac{1}{\tilde{A}} - 1\right)^{0,618}$$

⇒

$$\hat{S} = 1 - 7,089 \cdot (1 - \tilde{A})^{0,588} \cdot \tilde{A}^{-0,588} + 6,413 \cdot (1 - \tilde{A})^{0,618} \cdot \tilde{A}^{-0,618}$$

Mit dieser Regressionsgleichung sind auch sehr kleine Spotflächen akzeptabel berechenbar.



Funktioneller Zusammenhang zwischen verschobener Spotgröße und Detektorsignal.

6 Zusammenfassung

Zusammenfassung

Ergebnis des Versuches ist:

Der funktionale Zusammenhang Spotfläche zu Detektorsignal ist nichtlinear.

So gilt zusammen gefasst:

- Große Spotflächen ($\hat{A} > 5$ bzw. $\check{A} < 0,2$):

$$\hat{S} = 0,172 - 0,012 \cdot \hat{A}$$

⇒

$$\hat{S} = 0,014 + 0,505 \cdot \check{A}$$

- Mittlerer Bereich der Spotflächengröße ($\hat{A} < 5$ bzw. $\check{A} > 0,2$) und ($\hat{A} > 1,1$ bzw. $\check{A} < 0,9$):

$$\hat{S} = 0,81 \cdot \hat{A}^{-1,21}$$

⇒

$$\hat{S} = 0,81 \cdot \check{A}^{+1,21}$$

- Im Bereich sehr kleiner Spotflächen ($\hat{A} < 1,1$ bzw. $\check{A} > 0,9$):

$$\hat{S} = 1 - 7,089 \cdot (\hat{A} - 1)^{0,588} + 6,413 \cdot (\hat{A} - 1)^{0,618}$$

⇒

$$\hat{S} = 1 - 7,089 \cdot (1 - \check{A})^{0,588} \cdot \check{A}^{-0,588} + 6,413 \cdot (1 - \check{A})^{0,618} \cdot \check{A}^{-0,618}$$

Eine Fehleranalyse erfolgt individuell.

