

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Lehrstuhl für Multimediakommunikation und
Signalverarbeitung**

Prof. Dr.-Ing. André Kaup

Forschungspraktikum

**Auswertung und Anpassung der
Frequenzselektiven Extrapolation zum
Demosaicing von unregelmäßigen
Bayer-Mustern**

von Daniela Lanz

August 2014

Betreuer: Michel Bätz

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Ort, Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	5
2.1	Rekonstruktionsverfahren bei Bayer Patterns	5
2.2	Rekonstruktionsverfahren bei PRB Patterns	8
3	Anwendung der Frequenzselektiven Extrapolation	11
3.1	Optimierung durch Gradientenkorrektur	12
3.2	Versuchsreihe und Auswertung	14
4	Zusammenfassung und Ausblick	21
	Abkürzungsverzeichnis	23
	Abbildungsverzeichnis	25
	Tabellenverzeichnis	27
	Literaturverzeichnis	29

Kapitel 1

Einleitung

In den heutigen Zeiten spielen in der Welt der Photographie Digitalkameras eine bedeutende Rolle. Um das volle Farbspektrum einer Szene darstellen zu können, muss für jeden Farbkanal eines Farbraums ein eigener Sensor zur Aufnahme verwendet werden. Da in der Bildverarbeitung häufig der Rot-Grün-Blau Farbraum (RGB) verwendet wird, benötigt eine Digitalkamera drei verschiedene Sensoren. Hierbei wird das eingefangene Licht aufgetrennt und auf den jeweiligen Sensor projiziert. Solch ein 3-Chip-System ist in seiner Ausführung jedoch sehr teuer [BKG05].

Daher wird bei handelsüblichen Digitalkameras ein Color Filter Array (CFA) verwendet. Es wird ein CCD Chip (charge couple device) oder CMOS Chip (complementary metal-oxide-semiconductor) als photosensitives Element verwendet, der jedem Pixel genau einen Farbkanal zuordnet. Hierbei wird am häufigsten das sogenannte Bayer Pattern verwendet, wie es in Abbildung 1.1 zu sehen ist.

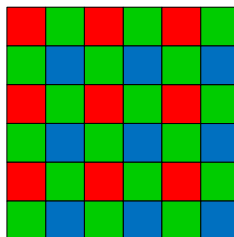
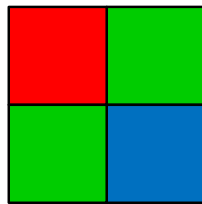


Abbildung 1.1: Bayer Pattern in RGGB Anordnung nach [Jea]

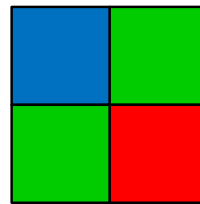
Grüne Pixel werden mit einem Quincunxraster abgetastet, während rote und blaue Pixel mit einem rechtwinkligen Raster abgetastet werden. Da das menschliche Auge gegenüber Grün sehr viel empfindlicher ist, als für Rot oder Blau, ist die Abtastrate für Grün doppelt so groß [BKG05].

Bei diesem Vorgehen entstehen Quadrate, die sich aus jeweils vier Pixeln zusammensetzen. Dabei wird zwischen vier verschiedenen Anordnungen unterschieden, wie es in Abbildung 1.2 dargestellt ist:

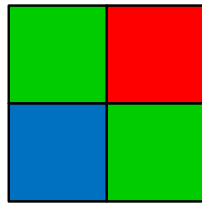
- Rot-Grün-Grün-Blau (RGGB)
- Blau-Grün-Grün-Rot (BGGR)
- Grün-Rot-Blau-Grün (GRBG)
- Grün-Blau-Rot-Grün (GBRG)



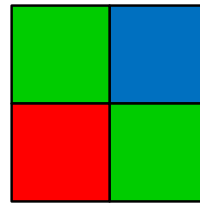
(a) RGGB



(b) BGGR



(c) GRBG

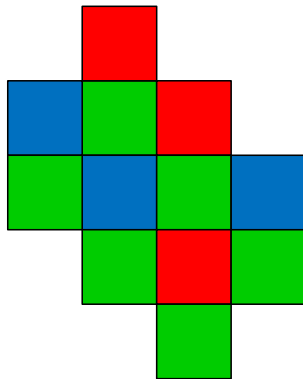


(d) GBRG

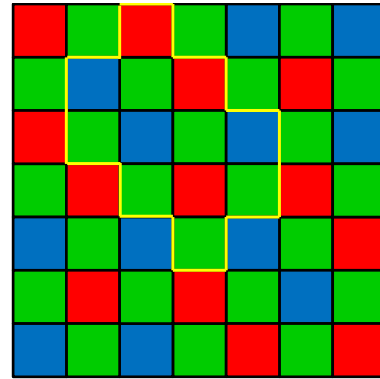
Abbildung 1.2: unterschiedliche Anordnungen nach [GSZ]

Eine spezielle Realisierung des Bayer Patterns stellt das sogenannte Pseudo-Random-Bayer (PRB) dar. Hierbei wird ein Filter verwendet, das durch Überlappung von Bayer Patterns entsteht. Die grünen Pixel behalten dabei ihre ursprüngliche Position bei,

während rote und blaue Pixel zufällig angeordnet werden. Dieses Vorgehen wird in Abbildung 1.3 verdeutlicht.



(a) Ausschnitt aus PRB Anordnung



(b) komplettes PRB Muster

Abbildung 1.3: Pseudo Random Pattern nach [GSZ]

Aus dem resultierenden Mosaik von farbigen Pixeln muss in weiteren Verarbeitungsschritten mit Hilfe von Rekonstruktionsalgorithmen ein hochauflösendes Bild gewonnen werden. Dabei werden für jedes Pixel anhand seiner Umgebung die fehlenden Farbkänäle berechnet. Dieser Prozess wird als “Demosaicing” bezeichnet [Jea],[GZ08]. Die wichtigsten Vertreter dieses Verarbeitungsschrittes werden im folgenden Kapitel kurz vorgestellt.

Kapitel 2

Stand der Technik

Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, müssen beim Demosaicing für jedes Pixel die zwei fehlenden Farbkomponenten aus der Umgebung berechnet werden. Hierbei gibt es verschiedene Algorithmen, wobei zwischen Verfahren für regelmäßige Anordnungen der Bayer Patterns und den PRB Patterns unterschieden wird.

2.1 Rekonstruktionsverfahren bei Bayer Patterns

R11	G12	R13	G14	R15	G16
G21	B22	G23	B24	G25	B25
R31	G32	R33	G34	R35	G36
G41	B42	G43	B44	G45	B46
R51	G52	R53	G54	R55	G56
G61	B62	G63	B64	G65	B66

Abbildung 2.1: Bayer Pattern nach [Jea]

- Pixel-Doubling Interpolation

Dieses Verfahren stellt die einfachste Art und Weise dar, die fehlenden Farbwerte für jedes Pixel zu rekonstruieren. Hierbei wird für jeden 2x2 Block der Rot- und Blauwert für alle vier Pixel verwendet. Für den grünen Farbkanal muss willkürlich entschieden werden, welcher der zwei vorhandenen Werte verwendet werden soll. Diese einfache Methode führt allerdings nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen [Jea].

- Bilineare Interpolation

Bei diesem Verfahren werden laut [Jea] alle acht direkten Nachbarn eines Pixels betrachtet. Die fehlenden Farbkanäle werden dann durch Mittelung der jeweiligen Farbwerte der Nachbarpixel gewonnen. Hierbei muss unterschieden werden, ob es sich um ein rotes oder blaues Pixel handelt oder ob ein grünes Pixel in einer roten oder blauen Reihe vorliegt. Vor allem entlang von Kanten und in Bereichen hoher Frequenzen treten jedoch Artefakte auf [HSM04].

- Gradienten basierte Interpolation

Diese Methode besteht laut [Jea] aus drei Schritten:

Zuerst wird die Helligkeit für den roten und blauen Kanal bestimmt. Diese wird aus dem Farbwert des Grünkanals berechnet. Für ein rotes oder blaues Pixel wird die Helligkeit durch seine Lage zu horizontalen oder vertikalen Kanten bestimmt. Die Kantendetektion erfolgt durch Berechnung von zwei Parametern, α und β . Wird beispielsweise das blaue Pixel B44 in Abbildung 2.1 betrachtet, ergeben sich folgende Zusammenhänge:

$$\alpha = |(B42 + B46)/2 - B44| \quad (\text{vertikaleKante})$$

$$\beta = |(B24 + B64)/2 - B44| \quad (\text{horizontaleKante})$$

Aus diesen beiden Werten kann der fehlende Grünwert berechnet werden:

$$\alpha < \beta \quad (\text{vertikaleKante}) : G_{44} = (G_{43} + G_{45})/2$$

$$\alpha > \beta \quad (\text{horizontaleKante}) : G_{44} = (G_{34} + G_{54})/2$$

$$\alpha = \beta \quad (\text{keineKante}) : G_{44} = (G_{43} + G_{45} + G_{34} + G_{54})/4$$

Im zweiten Schritt werden die Werte des Blau- und Rotkanals bestimmt, indem die Differenz D zwischen dem jeweils aktuell betrachteten Pixel eines Kanals (R, B) und der Helligkeit G berechnet wird.

Zum Schluss werden die fehlenden Farbwerte interpoliert. Wird wiederum der blaue Farbkanal betrachtet, ergeben sich folgende Gleichungen:

$$B_{34} = G_{34} + (D_{24} + D_{44})/2$$

$$B_{43} = G_{43} + (D_{42} + D_{44})/2$$

$$B_{33} = G_{33} + (D_{22} + D_{24} + D_{42} + D_{44})/4$$

- High Quality Interpolation

Dieser Algorithmus basiert nach [HSM04] auf der bilinearen Interpolation. Zusätzlich wird hierbei jedoch berücksichtigt, dass an Kanten eine viel höhere Luminanz als Chrominanz auftritt. Deshalb wird bei der Interpolation eines grünen Wertes an der Position des roten Pixels R33 in Abbildung 2.1 beispielsweise der rote Farbwert nicht einfach verworfen. Der Rotwert wird mit seinen nächsten roten Nachbarwerten verglichen, um so aussagekräftige Informationen über die dort vorherrschende Luminanz zu erhalten. Im Falle eines großen Gefälles, wird somit der bilinear interpolierte Grünwert G_{B33} korrigiert, indem der Gradient Δ_R an der entsprechenden Stelle subtrahiert wird.

$$G_{33} = G_{B33} + \alpha \Delta_{R33}$$

Δ_R berechnet sich wie folgt:

$$\Delta_{R33} = R33 - 1/4 \sum_{(m,n)=(0,-2),(0,2),(-2,0),(2,0)} R(3+m)(3+n)$$

Der Faktor α kontrolliert hierbei den Einfluss der Korrektur. Die Rekonstruktion von Grünwerten an blauen Pixelpositionen erfolgt analog. Für die Interpolation von Rotwerten bei grünen und blauen Pixelpositionen gelten folgende Beziehungen:

$$R34 = r_B34 + \beta \Delta_G34$$

$$R44 = r_B44 + \gamma \Delta_B44$$

Die Pixelstellen beziehen sich wieder exemplarisch auf Abbildung 2.1. Die Formeln für die Rekonstruktion von Blauwerten erfolgt wieder analog. Die Werte für α , β und γ werden mittels einer Wiener Näherung ermittelt und lauten:

$$\alpha = 1/2$$

$$\beta = 5/8$$

$$\gamma = 3/4$$

2.2 Rekonstruktionsverfahren bei PRB Patterns

Im Gegensatz zum regelmäßigen Bayer Pattern, treten bei PRB Patterns viel mehr unterschiedliche Gruppen verschiedener Pixelpositionen auf. Betrachtet man nocheinmal Abbildung 1.3 ergeben sich für die drei Farbkanäle folgende Fälle:

- Rot

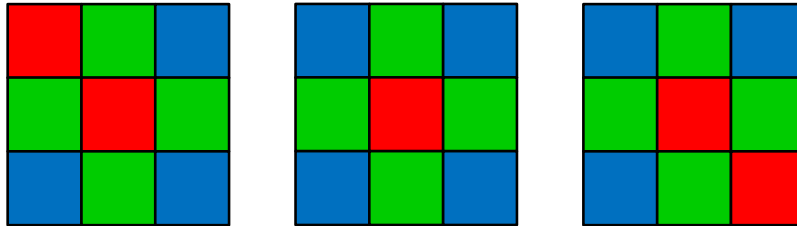


Abbildung 2.2: Fallunterscheidungen für Rot nach [GZ08]

- Blau

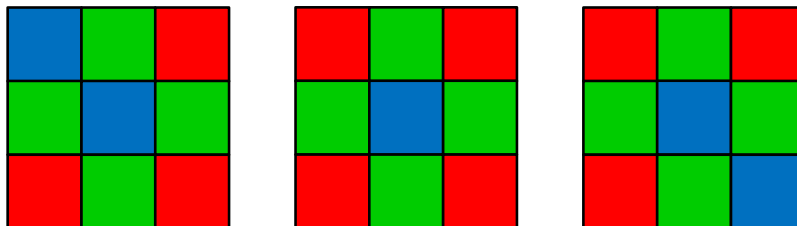


Abbildung 2.3: Fallunterscheidungen für Blau nach [GZ08]

- Grün

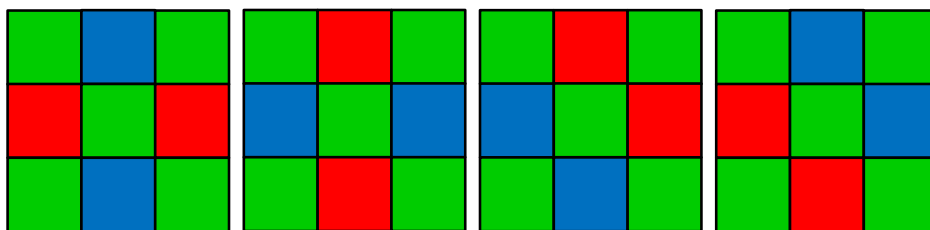


Abbildung 2.4: Fallunterscheidungen für Grün nach [GZ08]

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Algorithmen müssen dementsprechend für die zusätzlichen Fälle angepasst werden.

Ein weiteres Verfahren zur Rekonstruktion von fehlenden Bereichen stellt die Frequenzselektive Extrapolation (FSE) dar. Bei dieser in [SK10] beschriebenen Methode, wird versucht, die fehlenden Farbkomponenten mit Hilfe des benachbarten Unterstützungsgebietes zu extrapolieren, indem diese Umgebung durch eine Linearkombination von gewichteten Basisfunktionen approximiert wird. Diese Basisfunktionen sind über den ganzen zu bearbeitenden Bildbereich definiert. Hierzu eignen sich vor allem periodische Funktionen, da diese das Signal weit genug fortsetzen können, im Gegensatz beispielsweise zu Polynomen. Bei der FSE werden DFT-Basisfunktionen verwendet.

Welche speziellen Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten sich hierbei ergeben, wird im nächsten Kapitel erläutert.

Kapitel 3

Anwendung der Frequenzselektiven Extrapolation

Im Gegensatz zu den anderen beschriebenen Methoden arbeitet die FSE unabhängig von der Anordnung des zugrundeliegenden Mosaiks von farbigen Pixeln. Daher ergibt sich eine weitere Option für das CFA des Photosensors. Es stehen nicht nur die vier Bayer Pattern und die PRB Anordnung zur Verfügung, sondern es ergeben sich zwölf verschiedene Möglichkeiten, einen 2x2 Block anzuordnen, wie in Abbildung 3.1 zu sehen ist. Diese 2x2 Blöcke können dann beliebig zusammengefügt werden, um so eine

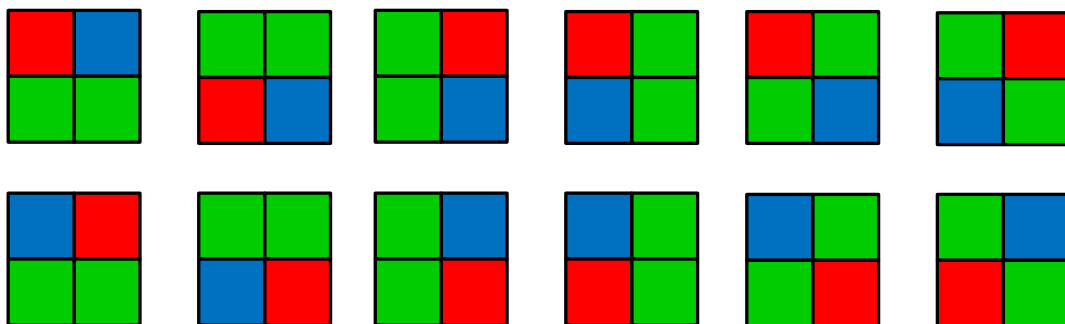


Abbildung 3.1: 12 Möglichkeiten

möglichst zufällige Verteilung der unterschiedlichen Farbkanäle zu erreichen. Diese Anordnung wird im Folgenden als Random Bayer (RB) bezeichnet.

Außerdem ergeben sich für die Bildrekonstruktion zwei verschiedene Möglichkeiten der Anwendung der FSE:

- dreimalige Anwendung der FSE nacheinander auf jedem Farbkanal und anschließendes Zusammenfügen der Teilbilder (wird im weiteren Verlauf als `3_fse` bezeichnet)
- einmalige Anwendung der FSE auf dem gesamten RGB Bild (wird im weiteren Verlauf als `fse_rgb` bezeichnet)

3.1 Optimierung durch Gradientenkorrektur

Um die Bildqualität noch weiter zu steigern, kann zusätzlich auch noch eine Gradientenkorrektur vorgenommen werden, wie sie bei der High Quality Interpolation nach [HSM04] beschrieben ist. Für die Wahl der zur Berechnung des Gradienten verwendeten Pixel ergeben sich wiederum verschiedene Möglichkeiten:

- Gradientenkorrektur Blockweise
Bei dieser Variante wird aus den angrenzenden 2×2 Blöcken jeweils der betreffende farbige Pixel für die Berechnung des Gradienten verwendet. In Abbildung 3.2 ist dies für den roten Farbkanal dargestellt. Für Blau erfolgt die Berechnung analog. Bei Grün wird stets der erste Grünwert (von links nach rechts, von oben nach unten) im 2×2 Block verwendet.
- Gradientenkorrektur Sternförmig
Hier wird in Form eines Sterns von der betreffenden Position aus solange nach oben, nach unten, nach rechts, nach links und diagonal gewandert, bis ein gleichfarbiges Pixel vorliegt. Dieses Vorgehen ist wiederum für den roten Farbkanal in Abbildung 3.3 zu sehen. Für die beiden anderen Farbkanäle erfolgt die Berechnung analog.

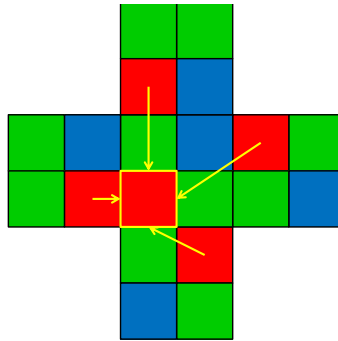


Abbildung 3.2: Gradientenkorrektur Blockweise

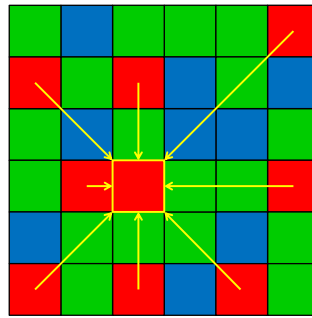


Abbildung 3.3: Gradientenkorrektur Sternförmig

- Gradientenkorrektur Sternförmig mit zusätzlicher Distanzgewichtung

Da die zur Berechnung des Gradienten verwendeten Pixel sehr weit entfernt liegen können und somit nur noch wenig Einfluss auf die betrachtete Position haben, ist es sinnvoll, diese in ihrem Einfluss entsprechend ihrer Entfernungen, wie sie in Abbildung 3.4 eingetragen sind, abzuschwächen.

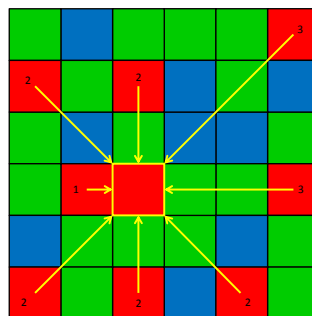


Abbildung 3.4: Distanzgewichtung

Des Weiteren kann die Gradientenkorrektur als Nachbearbeitung im Anschluss an die FSE ausgeführt werden, oder aber intern für jeden Block im Verlauf der FSE.

3.2 Versuchsreihe und Auswertung

Als Testdatensätze werden die Kodak Bilddatenbank und das Tecnick Imageset verwendet. Als Vergleichswert der Bildqualität dient das sogenannte Peak signal-to-noise ratio (PSNR). Dieses Verhältnis berechnet sich folgendermaßen:

$$\text{PSNR} = 10 \cdot \log \frac{M \cdot N \cdot 255^2}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |y(m, n) - \hat{y}(m, n)|^2}$$

Hierbei stehen M und N jeweils für die Anzahl der Zeilen und Spalten des betrachteten Bildes, während $y(m, n)$ und $\hat{y}(m, n)$ jeweils das Originalbild und das bearbeitete Bild beschreiben. Dieser Wert wird zunächst für jeden der drei Farbkanäle berechnet und dann stets über den gesamten Testdatensatz gemittelt.

Ziel ist es, die Ergebnisse der in Matlab implementierten Demosaic Funktion zu übertreffen. Diese Funktion verwendet eine gradientenkorigierte lineare Interpolation. Dabei werden folgende Werte erzielt:

Demosaic	Kodak	Tecnick
R	34,2244	36,7288
G	38,2011	40,7043
B	33,5134	36,3811

Tabelle 3.1: Demosaic Werte für die Testdatensätze

Um die Leistungsfähigkeit der FSE in diesem Bereich der Bildbearbeitung zu analysieren, werden im Weiteren verschiedene Tests mit den im vorherigen Kapitel beschriebenen Optimierungsmöglichkeiten durchgeführt. Hierbei wird stets die lineare Interpolation als Referenzwert für den direkten Vergleich mit der Demosaic Funktion mitherangezogen. Dabei werden für die FSE folgende Parameter gewählt:

- FFT Größe: 32
- Blockgröße: 4
- Unterstützungsgebiet: 12
- $\rho = 0.7$
- Orthogonalitätskorrektur: 0.25
- Gewichtungsfaktor der Fehlerverschleierung: 0
- Anzahl der Iterationen: 100
- Frequenz-Gewichtungs-Modus: 2;
- Frequenz-Gewichtungs-Faktor: 1

Folgende Ergebnisse konnten für die verschiedenen Szenarios erzielt werden:

- Regelmäßiges Bayer Pattern (hier: GBRG)
 - ohne Gradientenkorrektur

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R	28,3689	22,8038	27,4308	33,2040	23,0811	32,8089
G	32,8327	25,7176	29,2719	36,7013	25,6499	35,4307
B	28,3074	23,4377	27,7120	32,4171	22,6863	31,9994

Tabelle 3.2: Bayer Pattern ohne Gradientenkorrektur

– mit Gradientenkorrektur

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R	31,2974	24,4438	30,0539	33,9244	23,9802	33,9566
G	35,8827	27,9282	31,5650	38,3559	26,9581	36,8563
B	30,8885	25,3512	29,9133	33,6935	23,6166	33,6672

Tabelle 3.3: Bayer Pattern mit Gradientenkorrektur

- Random Bayer

– ohne Gradientenkorrektur

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R	28,9402	27,4341	27,0483	33,2290	31,1854	31,9421
G	31,7036	31,5083	29,0782	35,4929	35,4875	34,4808
B	29,0476	27,6485	27,2119	32,4462	30,3618	31,1349

Tabelle 3.4: RB ohne Gradientenkorrektur

– mit blockweiser Gradientenkorrektur

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R	25,9009	25,6476	23,4055	24,3432	24,2153	24,6675
G	29,7787	29,8558	25,7669	27,9141	27,9423	27,2167
B	29,8406	29,3127	23,8680	32,1872	31,1248	24,5413

Tabelle 3.5: RB mit blockweiser Gradientenkorrektur

– mit sternförmiger Gradientenkorrektur

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R	29,9743	29,9199	28,5276	30,9311	30,9485	31,0880
G	32,7786	32,9855	30,0417	33,7048	33,8282	33,4435
B	29,8544	30,1473	28,4563	30,9475	30,7404	31,0317

Tabelle 3.6: RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur

– mit sternförmiger Gradientenkorrektur und Distanzgewichtung

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R	30,2553	29,8263	28,5114	31,7255	31,3764	31,6763
G	33,1085	33,2015	30,1785	34,4560	34,5251	34,1250
B	30,2494	30,1706	28,5974	31,7072	31,0916	31,5704

Tabelle 3.7: RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur und Distanzgewichtung

– mit sternförmiger Gradientenkorrektur intern

	Kodak			Tecnick		
	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation	3_fse	fse_rgb	lineare Interpolation
R		29,5379	-		29,9500	-
G		32,1924	-		32,3497	-
B		29,5604	-		29,9315	-

Tabelle 3.8: RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur intern

Um die Ergebnisse noch zu verbessern, wurden zusätzlich für die Fälle RB mit sternförmiger beziehungsweise blockweiser Gradientenkorrektur mit und ohne Distanzgewichtung noch die Parameter der FSE variiert. Die besten Werte konnten mit einem Gewichtungsfaktor der Fehlerverschleierung von 0,25 und einer Blockgröße von sechs Pixeln erzielt werden:

- mit sternförmiger Gradientenkorrektur

	Kodak		Tecnick	
	3_fse	fse_rgb	3_fse	fse_rgb
R	30,1978	30,2040	24,3540	24,2880
G	32,8166	33,0199	27,9094	27,9442
B	30,1447	30,4125	32,1540	31,5034

Tabelle 3.9: RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur - optimiert

- mit blockweiser Gradientenkorrektur

	Kodak		Tecnick	
	3_fse	fse_rgb	3_fse	fse_rgb
R	25,9197	25,7670	31,2089	32,8089
G	29,7952	29,8612	33,8917	35,4307
B	29,9013	29,5641	31,0550	31,9994

Tabelle 3.10: RB mit blockweiser Gradientenkorrektur - optimiert

- mit sternförmiger Gradientenkorrektur und Distanzgewichtung

	Kodak		Tecnick	
	3_fse	fse_rgb	3_fse	fse_rgb
R	30,4081	30,1204	31,9153	31,6987
G	33,1170	33,2148	34,4705	34,5612
B	30,5012	30,4689	31,8628	31,4705

Tabelle 3.11: RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur und Distanzgewichtung - optimiert

Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse lässt sich feststellen, dass sich durch das Anwenden einer Gradientenkorrektur nicht zu verachtende Gewinne in der Bildqualität erzielen lassen. Während bei den Bilddatensätzen, die mit einem regelmäßigen Bayer Pattern versehen werden, das Verfahren der 3_fse überlegen ist, tritt bei Verwendung des Random Bayer Patterns genau das Gegenteil ein. Hier werden bessere Ergebnisse mit der fse_rgb erreicht. Die gewinnbringendste Variante stellt dabei die sternförmige Gradientenkorrektur mit Distanzgewichtung dar.

Wie an den Tabellen 3.9, 3.10 und 3.11 erkennbar ist, lassen sich durch Feineinstellungen der FSE Parameter noch weitere Gewinne erzielen.

Außerdem lässt sich an Tabelle 3.8 ablesen, dass die Variante der internen Gradientenkorrektur keine erwähnenswerte Optimierung erzielt.

Bei einem Vergleich der mit der FSE erzielten Ergebnisse mit denen der Demosaic Funktion, kann jedoch kein Gewinn erzielt werden. Weiterhin lässt ein Blick auf die Ergebnisse der linearen Interpolation in Kombination mit den verschiedenen Arten der Gradientenkorrektur erkennen, dass auch hier schlechtere Ergebnisse erzielt werden, obwohl die Demosaic Funktion genau diese Kombination verwendet. Diese Erkenntnis führt zu dem Schluss, dass die in dieser Arbeit verwendete Gradientenkorrektur noch nicht vollständig ausgereift ist und noch enormes Verbesserungspotential in sich birgt.

Kapitel 4

Zusammenfassung und Ausblick

Wie zu Beginn der Arbeit erläutert, spielen Algorithmen zum Demosaicing von Bilddaten in der Photographie eine große Rolle. Dazu eignen sich verschiedene Verfahren, wie zum Beispiel die bilineare Interpolation, die gradientenbasierte Interpolation, die High Quality Interpolation oder die FSE. Ziel dieser Arbeit war es, mithilfe der FSE und Random Bayer Patterns bessere Ergebnisse zu erzielen, als die in Matlab umgesetzte Kombination aus linearer Interpolation und Gradientenkorrektur.

Dazu wurde nach einer kurzen Beschreibung der allgemeinen Funktionsweise der FSE erläutert, wie dieser Algorithmus mit Hilfe einer Gradientenkorrektur optimiert werden kann. Insgesamt wurden drei verschiedene Methoden entwickelt, die Umgebungsinformationen möglichst effizient für die Berechnung des aktuellen Pixels zu verwenden. Anschließend wurde auf Basis der Kokak und Tecnick Bilddatenbanken verschiedene Auswertungen für unterschiedliche Parameter durchgeführt, um das Potential der FSE zu prüfen.

Diese Versuche haben gezeigt, dass eine Optimierung der FSE mit der Gradientenkorrektur durchaus möglich ist. Da die erzielten Werte aber die Werte der Matlab Funktion nicht übertreffen, muss weiterhin das Verfahren der Gradientenkorrektur verbessert werden. Ein möglicher Ansatzpunkt stellen die Parameter α , β und γ dar, die den Einfluss der Gradientenkorrektur kontrollieren. Weiterhin könnte eine genauere Betrachtung der entstehenden Pixelpositionen und eine Entwicklung von geeigneten

Filtern zum Erreichen des angestrebten Zieles führen.

Abkürzungsverzeichnis

BGGR	Blau Grün Grün Rot
CCD	Charge Couple Device
CFA	Color Filter Array
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DFT	Diskrete Fourier Transformation
FSE	Frequenzselektive Extrapolation
GBRG	Grün Blau Rot Grün
GRBG	Grün Rot Blau Grün
PRB	Pseudo Random Pattern
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio
RB	Random Bayer
RGB	Rot Grün Blau Farbraum
RGGB	Rot Grün Grün Blau

Abbildungsverzeichnis

1.1	Bayer Pattern in RGGB Anordnung nach [Jea]	1
1.2	unterschiedliche Anordnungen nach [GSZ]	2
1.3	Pseudo Random Pattern nach [GSZ]	3
2.1	Bayer Pattern nach [Jea]	5
2.2	Fallunterscheidungen für Rot nach [GZ08]	9
2.3	Fallunterscheidungen für Blau nach [GZ08]	9
2.4	Fallunterscheidungen für Grün nach [GZ08]	9
3.1	12 Möglichkeiten	11
3.2	Gradientenkorrektur Blockweise	13
3.3	Gradientenkorrektur Sternförmig	13
3.4	Distanzgewichtung	13

Tabellenverzeichnis

3.1	Demosaic Werte für die Testdatensätze	14
3.2	Bayer Pattern ohne Gradientenkorrektur	15
3.3	Bayer Pattern mit Gradientenkorrektur	16
3.4	RB ohne Gradientenkorrektur	16
3.5	RB mit blockweiser Gradientenkorrektur	16
3.6	RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur	17
3.7	RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur und Distanzgewichtung . . .	17
3.8	RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur intern	17
3.9	RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur - optimiert	18
3.10	RB mit blockweiser Gradientenkorrektur - optimiert	18
3.11	RB mit sternförmiger Gradientenkorrektur und Distanzgewichtung - op- timiert	19

Literaturverzeichnis

- [BKG05] BAHADIR K. GUNTURK, Yucel Altunbasak Ronald W. Schafer Russel M. M. John Glotzbach G. John Glotzbach: Demosaicking: Color Filter Array Interpolation. In: *IEEE Signal Processing Magazine* (2005), S. 44–54
- [GSZ] GEORGI S. ZAPRYANOV, Ina N. N.: *Demosaicing Methods for Pseudo-Random Bayer Color Filter Array*
- [GZ08] GEORGI ZAPRYANOV, Iva N.: Comparative Study of Demosaicing Algorithms for Bayer and Pseudo-Random Bayer Color Filter Arrays. In: *International Scientific Conference Computer Science*, 2008
- [HSM04] HENRIQUE S. MALVAR, Ross C. Li-wei He H. Li-wei He: High-Quality Linear Interpolation for Demosaicing of Bayer-Patterned Color Images. In: *IEEE* 3 (2004), S. 485–488
- [Jea] JEAN, R emi: *Demosaicing with The Bayer Pattern*, University of North Carolina, Department of Computer Science, Diss.
- [SK10] SEILER, Jürgen ; KAUP, André: Complex-Valued Frequency Selective Extrapolation for Fast Image and Video Signal Extrapolation. In: *IEEE Signal Processing Letters* 17 (2010), S. 949–952