

HDRI - Generierung & Dynamikkompression mit den Tools MKHDRI & HDRI2LDRI

Tutorial V1.1

1.	Funktion der Software	2
1.1.	MKHDRI	2
1.2.	HDRI2LDRI	2
2.	Neuerungen in MKHDRI Version 1.04.0184	2
3.	Unterstützte Dateiformate	3
3.1.	HDRI-Formate	3
3.2.	LDRI-Formate	3
4.	Generierung eines HDRIs mit MKHDRI	4
4.1.	MKHDRI Beispieleingabe 1	4
4.2.	MKHDRI Beispieleingabe 2	4
4.3.	MKHDRI Beispieleingabe 3	5
5.	Tonemapping mit HDRI2LDRI	6
5.1.	HDRI2LDRI Beispieleingabe 1	6
5.2.	HDRI2LDRI Beispieleingabe 2	6
6.	Zusammenfassung	7
A.	Anhang	8
A.1.	Begriffe	8
A.2.	Web-Links	8
A.3.	Zukünftige Features	8
A.4.	Credits	8
A.5.	Lizenz	8
A.6.	Beschränkung der Haftung	9

1. Funktion der Software

1.1. MKHDRI

Software zur Generierung von HDRIs aus Bildern einer Belichtungsreihe, mit wahlweise automatischer Ausrichtung der Eingangsbilder in einem Bereich von NS +/-64 und OW +/-64 Bildpunkten.

1.2. HDRI2LDRI

Software zur Dynamikkompression eines HDRIs (Tonemapping), mit anschließender Umwandlung in ein LDRI (8/16-Bit TIFF o. JPEG) und optionaler Verwendung von diversen Gammakorrekturmöglichkeiten.

2. Neuerungen in MKHDRI Version 1.04.0184

- stark erweiterte Rauschreduktion
- optional automatisches Ausrichten der Eingangsbilder [8]
- Unterstützung zusätzlicher HDRI Formate (HDR/PIC, TIFF siehe 3.)

3. Unterstützte Dateiformate

Die angegebenen Dateiformate werden von den Tools, MKHDRI und HDRI2LDRI, unterstützt.

3.1. HDRI-Formate

PFM (Portable Float Map) 32-Bit IEEE Floating-Point (12 Byte pro Pixel)

Vorteile:

- + umfasst das volle sichtbare Farbspektrum

Nachteile:

- nicht komprimierbar (sehr große Dateien; Bsp.: 3504x2336 ~ 94MB)
- EXIF Informationen nicht speicherbar

HDR (RADIANCE RGBE) 8-Bit RGBE (4 Byte pro Pixel) [3]

Vorteile:

- + 76 Ordnungen in 1% Schritten
- + komprimierbar (20% im Mittel)

Nachteile:

- umfasst nicht das volle sichtbare Farbspektrum
- EXIF Informationen nicht speicherbar

TIFF 32-Bit IEEE Floating-Point (12 Byte pro Pixel)

Vorteile:

- + umfasst das volle sichtbare Farbspektrum
- + EXIF Informationen können gespeichert werden

Nachteile:

- nicht oder nur mäßig komprimierbar (sehr große Dateien; Bsp.: 3504x2336 ~ 94MB)

TIFF 32-Bit LogLuv (4 Byte pro Pixel) [3]

Vorteile:

- + umfasst das volle sichtbare Farbspektrum
- + 38 Ordnungen in 0,3% Schritten
- + komprimierbar (30% im Mittel)
- + EXIF Informationen können gespeichert werden

Tipp 1: PFM, 32-Bit TIFFs und HDR (RGBE) HDRIs lassen sich mit den Programmen HDRView [4] oder HDRShop [5] betrachten.

LogLuv TIFFs lassen sich mit dem Programm IrfanView [6] betrachten.

Tipp 2: Bei Verwendung von TIFF-HDRIs, werden die EXIF-Informationen der Eingangsbilder (Belichtungsreihe) in den HDRIs gespeichert und können später ausgewertet werden. Ebenso werden bei der Dynamik-Kompression, die EXIF-Informationen, wenn vorhanden, im LDRI (8/16-Bit TIFF oder JPEG) gespeichert.

3.2. LDRI-Formate

- JPEG
- TIFF (Nur RGB Farbraum!!!)

4. Generierung eines HDRIs mit MKHDRI

Eine Belichtungsreihe von Bildern einer Digitalkamera, oder gescannte Bilder einer Analogkamera, werden zu einem HDRI vereint. Dazu benötigt man das Programm `mkhdri.exe`. Hierzu öffnet man eine Kommando-Shell.

4.1. MKHDRI Beispieleingabe 1

```
c:> mkhdri
```

```
MKHDRI - Version 1.04.0184
```

```
usage: mkhdri [options] input files      -? for help
```

4.2. MKHDRI Beispieleingabe 2

```
c:> mkhdr -?
```

```
MKHDRI - Version 1.04.0184
```

```
      MKHDRI OPTIONS
```

```
-out:[file]          output file name
-fno:[float]          F-Number overwrite
-tr:[float=1.0]       trim ratio to reject side areas with vignetting
-sl:[float=0.97]      saturation level
-nl:[float=0.01]      noise level
-cesl:[float=0.85]    curve estimation saturation level
-cenl:[float=0.02]    curve estimation noise level
-ci:[file]            read curve file (skips curve estimation)
-co:[file]            write curve file
-a                    enable automatic image alignment
-eo                    estimate curve only
-ec                    disable exposure correction
-ep                    disable pixel based exposure correction
-cb                    enable color balancing
-ab                    ask for exposure bias
-linear               linear input files (skips curve estimation)

-f32                  use 32-bit IEEE floating point for HDRI TIFFs

-verbose              disable verbosity
-?                    help
```

MKHDRI hat viele Einstellungsmöglichkeiten. Fast alle Einstellungen sind schon von MKHDRI vorgelegt und brauchen in den meisten Fällen nicht geändert zu werden. Die Option für das automatische Ausrichten der Eingangsbilder muss aber optional mit dem Schalter `-a` eingeschaltet werden.

4.3. MKHDRI Beispieleingabe 3

Man hat z.B. die Bilder einer Belichtungsreihe als TIFFs mit EXIF - Informationen in einem Ordner mit dem Namen 'myPics' gespeichert (Ordner- und Dateinamen sind natürlich beliebig) und möchte diese jetzt vereinen.

```
c:> mkhdri -a -co:myCurve.txt -out:myPic.tif myPics\*.tif
```

```
file 'myPics\DPV_0001.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0002.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0003.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0004.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0005.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0006.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0007.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
file 'myPics\DPV_0008.TIF' (8-BIT 3072x2048) opened
F-Stops : 5.584963
align images ...
summary of shifts against image 'myPics\DPV_0006.TIF'
image 'myPics\DPV_0007.TIF' shifted : xs = 0 : ys = 1
image 'myPics\DPV_0008.TIF' shifted : xs = 0 : ys = 1
estimate brightness transfer functions ...
estimate camera curve for channel 1 ...
estimate camera curve for channel 2 ...
estimate camera curve for channel 3 ...
writing camera curve file 'curve' ...
combining images ...
dynamic range : 4382.434065
max radiance : 13.497492
writing image file 'myPic.tif' ...
success
```

In diesem Beispiel lagen 8 Bilder im Ordner 'myPics'. Herausgekommen ist ein HDRI im LogLuv TIFF-Format mit dem Namen 'myPic.tif'. Der erste Schritt ist jetzt abgeschlossen. Man kann als Quelle für die Bilder auch mehrere Verzeichnisse oder Dateien mit Leerzeichen hintereinander schreiben. Um die Reihenfolge der Bilder braucht man sich nicht zu kümmern. Der Parameter `-co` speichert die ermittelte Kamerakurve der Eingangsbilder. Die gespeicherte Kamerakurve kann wieder verwendet werden und auch für HDRI2LDRI genutzt werden (siehe hierzu [Kapitel 5](#).)

Tipp 3: Mit den oben genannten Viewern, kann man sich das generierte HDRI bereits ansehen. Man muss aber bedenken, dass die Viewer nur einen Belichtungs-Ausschnitt des HDRIs darstellen können und nicht den vollen Dynamikumfang. Ein PC-Monitor wäre hierzu auch nicht in der Lage. Beim ersten betrachten des HDRIs sollte man daher nicht zuviel erwarten.

5. Tonemapping mit HDRI2LDRI

Ein HDRI hat einen enormen Dynamikumfang und muss daher in seinem Kontrastumfang komprimiert werden und zwar so, dass sehr helle Bereiche abgesenkt werden und die dunklen Bereiche dadurch nicht an Details verlieren. Das ganze nennt sich Tonemapping oder Dynamic Range Compression. HDRI2LDRI verwendet dabei einen Tonemapping-Operator, den ich von dieser Seite [7] habe.

5.1. HDRI2LDRI Beispieleingabe 1

```
c:> hdri2ldri -?
```

HDRI2LDRI - Version 1.02.0082

HDRI2LDRI OPTIONS

```
-g:<float>      gamma value (default is gamma 2.2)
-rg            disable Rec. 709 gamma
-c:<file>      camera curve file
-ic:<file>     inverse camera curve file
-cplot:<file>  create curve plot as TIFF or JPEG
-cpo          create curve plot only
-heq          disable histogram equalization
-tm           disable tone mapping
-b:<float>     tone mapping bias parameter (default is 0.85)
-e:<float>     exposure multiplier +/- (default is -1.5 if
              tone mapping is enabled; otherwise 0.0)
-q:<quality>   quality if output file is a JPEG (default is 85)
-8            write 8-bit TIFF (default is 16-bit TIFF)

-verbose      disable verbosity
-?           help
```

Interessant ist u.A. der Parameter `-e`. Mit diesem steuert man die Helligkeit des Ausgangsbildes. Hier muss man ein wenig experimentieren. Zunächst sollte man aber erst mit den Standardeinstellungen arbeiten. Der Exposure Multiplier ist mit -1.5 vorgelegt.

5.2. HDRI2LDRI Beispieleingabe 2

Nun die Kompression selbst:

```
c:> hdri2ldri -ic:myCurve.txt myPic.tif myPic_ldri.tif

loading curve file 'myCurve.txt' ...
loading HDRI image file 'myPic.tif' ... 2.391 seconds
convert from RGB to Yxy color space ...
apply exposure multiplier -1.5 ...
tone mapping ... 1.797 seconds
convert from Yxy to RGB color space ...
histogram equalization ...
writing LDRI image file 'myPic_ldri.tif' ... 2.094 seconds
minimum luminance : 0.002892
maximum luminance : 0.879658
intensities       : 65200
success
```

(auf einem 2.4 Ghz Pentium IV)

Das mit MKHDRI generierte HDRI "myPic.tif", wird dynamikkomprimiert und als 16-Bit-TIFF "myPic_ldri.tif" gespeichert. Auch hier sind die Parameter erst einmal nicht weiter interessant.

Jetzt wird es vielleicht ein klein wenig komplizierter. Zur Erinnerung. Ein HDRI ist ein lineares Bild. D.h., es wurde von jeglichen Kamerakurven, Nichtlinearitäten durch den CCD-Sensor etc. weitestgehend befreit. Mit anderen Worten, brauchen wir eine geeignete Kamerakurve, die wir bei der Umwandlung in ein TIFF oder JPEG mit angeben müssen, um ein ansprechendes Ergebnis zu erhalten. Hier verwenden wir mit dem Parameter `-ic:myCurve.txt`, die von MKHDRI ermittelte Kamerakurve zur Gammakorrektur. Wenn man HDRI2LDRI einfach so aufruft, dann verwendet HDRI2LDRI standardmäßig eine Rec. 709 Gamma 2.2 Kurve. Den Gammawert kann man mit dem Parameter `-g` einstellen.

6. Zusammenfassung

Man benötigt nicht viele Schritte, um schnell zu einem HDRI zu kommen.

Schritt 1: MKDHRI für die HDRI Generierung aufrufen (arbeitet weitestgehend automatisch).

Schritt 2: HDRI mit HDRI2LDRI komprimieren (arbeitet ebenfalls weitestgehend automatisch).

A. Anhang

A.1. Begriffe

HDRI = High Dynamik Range Image

LDRI = Low Dynamik Range Image

A.2. Web-Links

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/HDRI> (Deutsch)
- [2] <http://www.debevec.org/Research/HDR> (Englisch)
- [3] <http://www.debevec.org/Research/HDR/Ward-HDRImaging-20010521.pdf> (Englisch)
- [4] <http://athens.ict.usc.edu/FiatLux/hdrview> (Englisch)
- [5] <http://gl.ict.usc.edu/HDRShop> (Englisch)
- [6] <http://www.irfanview.de> (Deutsch)
- [7] <http://www.mpi-sb.mpg.de/resources/tmo/logmap> (Englisch)
- [8] <http://www.anyhere.com/gward/papers/jgtpap2.pdf> (Englisch)
- [9] http://www.cs.columbia.edu/CAVE/publinks/mitsunaga_CVPR_1999.pdf (Englisch)
- [10] <http://www.ijg.org> (Englisch)
- [11] <http://www.libtiff.org> (Englisch)

A.3. Zukünftige Features

- Interaktives Programm zum Feintuning der HDRI-Kompression und Wandlung in ein TIFF
- Arbeiten direkt mit RAWs
- Kamerafernsteuerung zum automatischen akquirieren der Belichtungsreihe

A.4. Credits

Ich möchte mich bei den MKHDRI und HDRI2LDRI Benutzern, für deren Unterstützung bei der Entwicklung dieser beiden Werkzeuge, bedanken.

Einen besonderen Dank an:

Mitsunaga und **SK Nayar** für ihr hervorragendes Dokument: "Radiometric self calibration" [9]

Greg Ward für sein hervorragendes Dokument: "Fast, Robust Image Registration for Compositing High Dynamic Range" [8]

F. Drago, K. Myszkowski, T. Annen und **N. Chiba, Iwate University**, Morioka, Japan, **MPI Informatik**, Saarbrücken, Germany. Für ihr hervorragendes Dokument und Hinweise in ihrer Software zur Implementierung des Verfahrens: "Adaptive Logarithmic Mapping For Displaying High Contrast Scenes" [7]

Thomas G. Lane und der Independent JPEG Group für ihre großartige JPG Library [10]

Greg Ward Larson für die Hinweise zur Implementierung des TIFF LogLuv Formats aus der hervorragenden TIFF Library von Sam Leffler und Silicon Graphics, Inc. [11]

A.5. Lizenz

Copyright (c) 2005 Marc Mehl, Text Dokumentation: Marc Mehl, Layout: Marc Szeemann

Alle Rechte vorbehalten

Weiterverbreitung in kompilierter Form, ist zulässig.

SOFERN NICHT DURCH BEIDE VERTRAGSPARTEIEN GEGENSEITIG UND SCHRIFTLICH GEGENTEILIG VEREINBART, BIETET DER AUTOR DIE SOFTWARE AN

„SO WIE SIE IST“ UND MACHT KEINE ERKLÄRUNGEN UND ÜBERNIMMT KEINERLEI GEWÄHRLEISTUNGEN BEZÜGLICH DER SOFTWARE, WEDER AUSDRÜCKLICH NOCH IMPLIZIT. DIESER GEWÄHRLEISTUNGSAUSSCHLUSS UMFASST OHNE EINSCHRÄNKUNGEN GEWÄHRLEISTUNGEN UND GARANTIE BEZÜGLICH RECHTSMÄNGEL, MARKTGÄNGIGKEIT, EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK, GESETZESVERTRÄGLICHKEIT, DER ABSENZ VON LATENTEN ODER ANDEREN DEFEKTEN UND FEHLERN, RICHTIGKEIT UND DER ABSENZ VON IRRTÜMERN, EGAL OB ENTDECKBAR ODER NICHT. OHNE DIE ALLGEMEINGÜLTIGKEIT DIESES AUSSCHLUSSES EINZUSCHRÄNKEN ÜBERNIMMT DER AUTOR INSBESONDERE KEINE GARANTIE DAFÜR, DASS DIE SOFTWARE IHREN BEDÜRFNISSEN ENTSPRICHT, DASS DER BETRIEB DER SOFTWARE UNTERBRECHUNGS- UND FEHLERFREI MÖGLICH IST ODER DASS FEHLER IN DER SOFTWARE BEHOSEN WERDEN, NOCH GARANTIERT ER FÜR DIE KORREKTHEIT, GENAUIGKEIT ODER ZUVERLÄSSIGKEIT DER SOFTWARE. SOWEIT GESETZLICH ZULÄSSIG UMFASST DIESER GEWÄHRLEISTUNGSAUSSCHLUSS AUCH GESETZLICH VORGESEHENE GEWÄHRLEISTUNGSPFLICHTEN.

A.6. Beschränkung der Haftung

Soweit nicht durch ein anwendbares Gesetz zwingend anders vorgeschrieben, kann aufgrund keiner rechtlichen Theorie, einschliesslich Vertrag, Vergehen und Fahrlässigkeit, dem Autor Ihnen gegenüber irgendeine Schadensersatzpflicht erwachsen für jegliche Schäden, Folgeschäden, über eigentliche Schäden hinausgehende Entschädigungen und Strafen, die aus dieser Lizenz, dem Gebrauch der Software oder der Unmöglichkeit des Gebrauchs der Software entstehen, selbst dann nicht, wenn der Autor auf die Möglichkeit solcher Schäden hingewiesen worden ist.