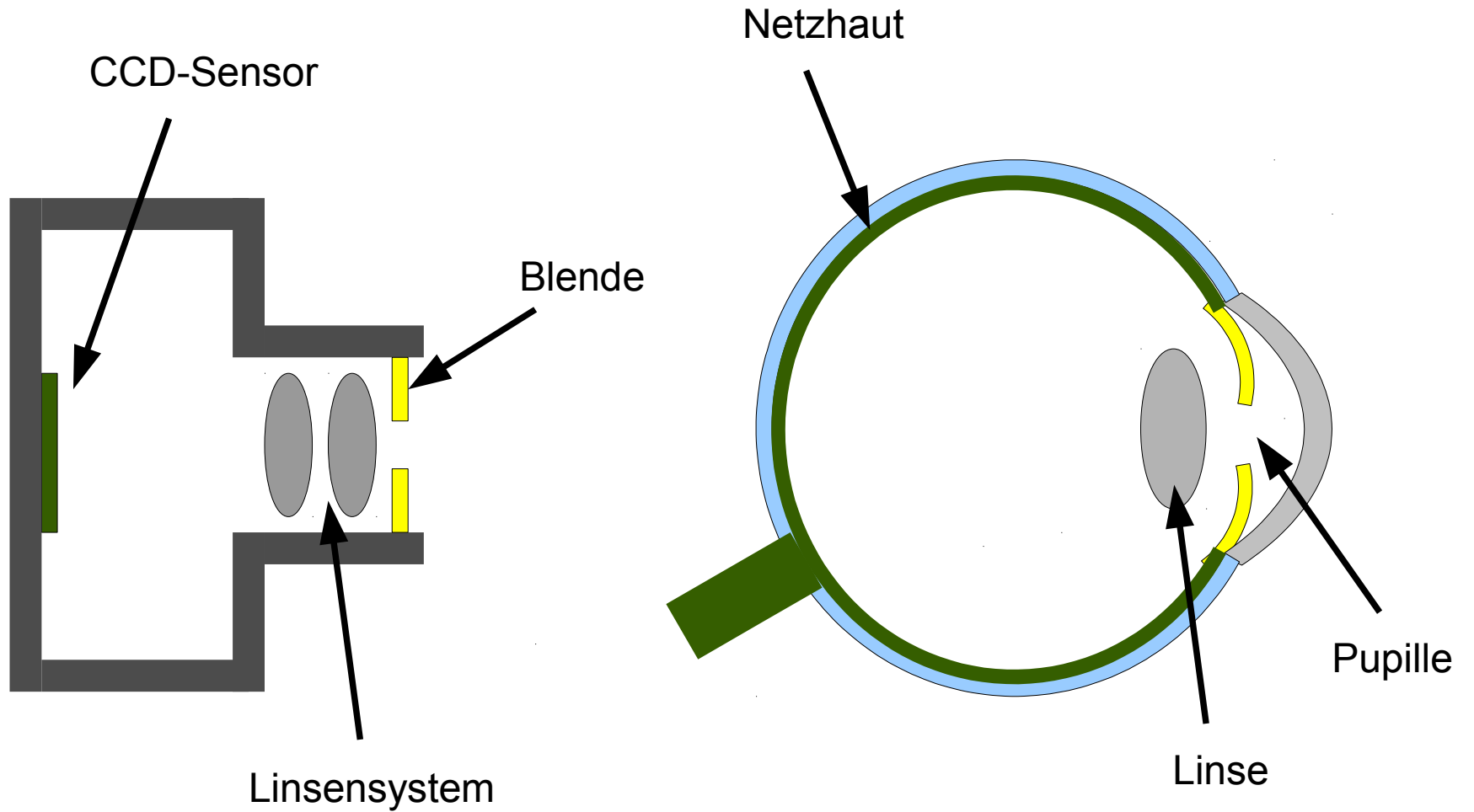


# *Techniken der Digitalphotographie mit Open Source Software*

(Panorama Stitching / Dynamic range increase / Focus Stacking)

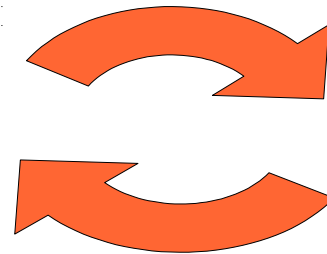
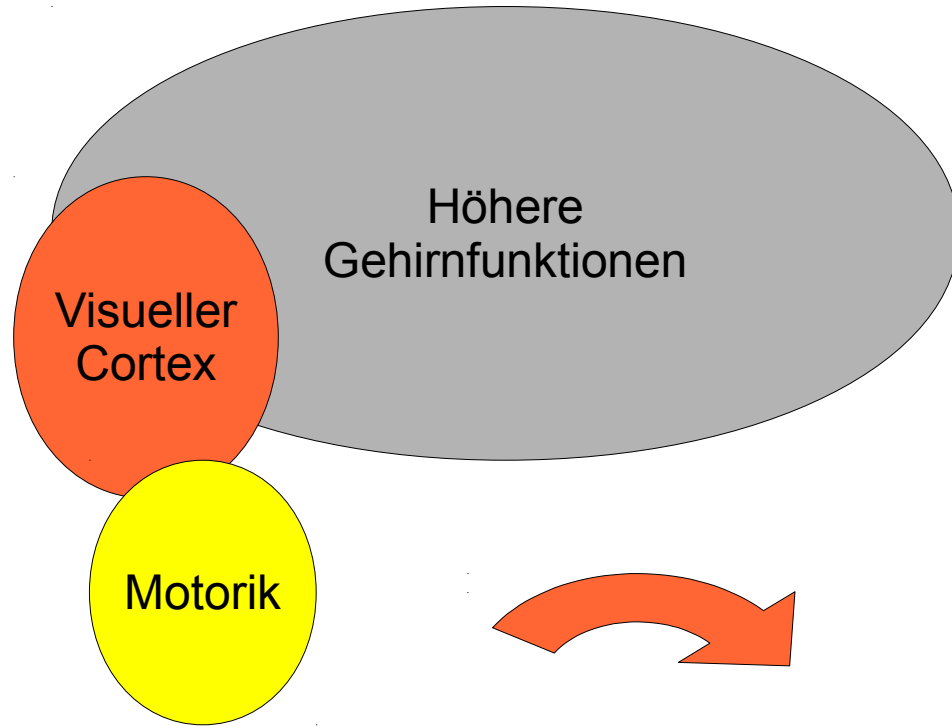
# Auge vs. Kamera

---



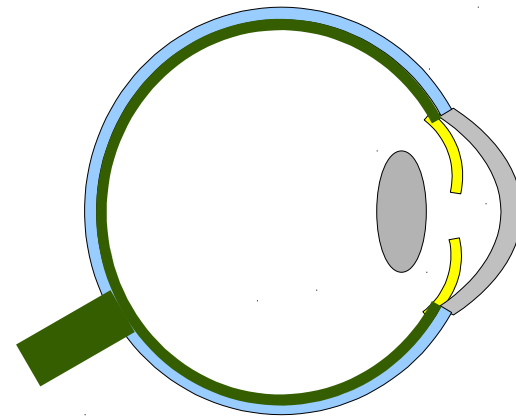
# Auge vs. Kamera

---



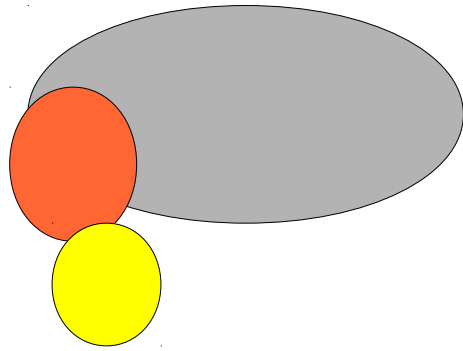
## Rückkopplung

- Adaption
- Akkomodation
- Motorik

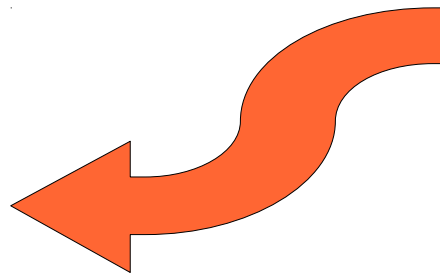
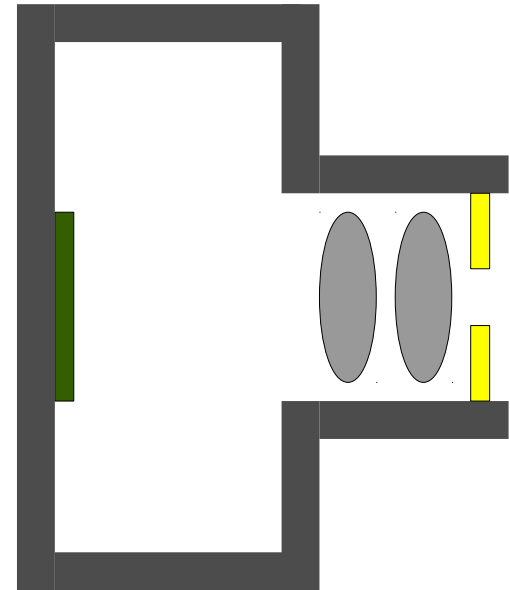
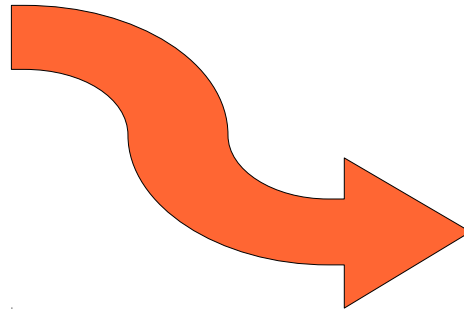


# Auge vs. Kamera

---



**Vor Ort  
Aufnahme mit  
Köpfchen ...**



**... daheim dann  
Bildverarbeitung**

# Bracketing (Aufnahmereihe)

---

## Was ist Bracketing?

Die mehrfache Aufnahme eines Motivs unter Veränderung eines spezifischen Parameters (= *mehr Information* sammeln als in nur einem Bild enthalten ist), um nachträglich mittels Bildverarbeitung ein Bild zu erzeugen, was dem Seheindruck besser entspricht.

	Panorama	DRI	Focus Stack
Simuliertes biologisches System	Motorik	Pupille	Linse
Veränderter Parameter	Blickwinkel	Lichtwert (EV)	Brennweite
Open Source Software	Hugin	Enfuse Luminance HDR	Enfuse

# Open Source Software zur Bildbearbeitung von Aufnahmereihen

---

**hugin:** GUI Panorama Stitching suite

- Basiert auf den *Panorama Tools* und *enblend*
- Bringt das Tool *align\_image\_stack* mit

<http://hugin.sourceforge.net/>

**enfuse:** CLI Tool zum Zusammenfügen von Image stacks.

- Für *Exposure Fusion* sowie *Focus Stacking*
- Diverse GUIs (MacroFusion, EnfuseGUI etc.)

<http://enblend.sourceforge.net/>

<http://sourceforge.net/projects/macrofusion/>

**Luminance HDR:** Software suite für *HDR Erzeugung*

- Projekt des Monats Mai 2012 bei SourceForge

<http://qtpfsgui.sourceforge.net/>

Und natürlich **The GIMP**

<http://www.gimp.org/>

# **Panorama Stitching**

# Panorama Stitching: Aufnahmetechnik

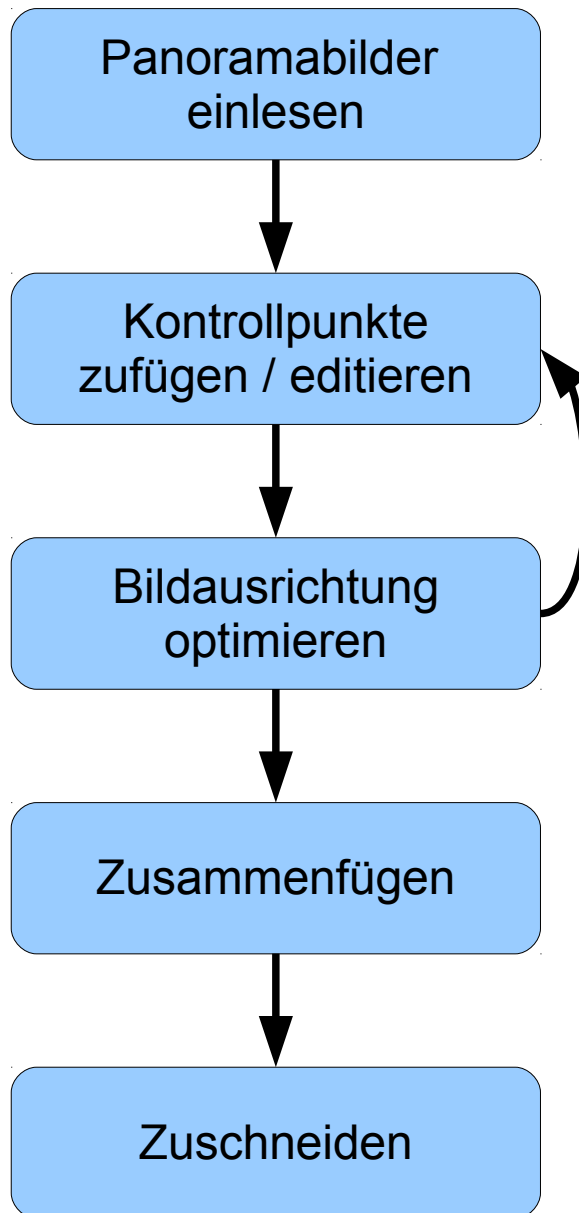
---

- Aufnahmereihe mit mindestens 2 Bildern
  - Gewünschten Bereich graduell aufnehmen, dabei ca. 30% Überlappung
  - Falls vorhanden, Stitching Hilfsfunktion der Kamera verwenden
  - Bei klassischen Panoramen zur Orientierung Horizont verwenden
  - Auch andere Ausrichtungen möglich:
    - Vertikal -> Türme, Bäume
    - Mosaik -> Gebäude, Simulation Weitwinkel
- Parallaxenfehler bei nahen Objekten beachten!
- Bewegung in überlappenden Bereichen vermeiden (warten bis Touristen aus dem Bild sind...)



# Panorama Stitching: Hugin Workflow

---







1. Bilder laden...

Bitte laden Sie die Bilder mit der Schaltfläche "Bilder laden...".

Kamera und Objektiv

Objektivtyp: Gradlinig (Rectilinear)

Brennweite: mm      Formatfaktor: x

Objektiv laden...

2. Ausrichten...

In die Assistenten-Warteschlange senden

Achtung, die hier angebotene automatische Ausrichtung verwendet die in den Voreinstellungen festgelegten Standard-Einstellungen. Wenn davon abweichende, in den nachfolgenden Reitern festgelegte Einstellungen verwendet werden sollen, muss die Kontrollpunkt-Erkennung im Reiter "Bilder", die geometrische Optimierung im Reiter "Optimierung" und die fotometrische Optimierung im Reiter "Belichtung" vorgenommen werden.

3. Erstellen des Panoramas...



Assistent Bilder Kamera und Objektiv Beschnitt Maskierung Kontrollpunkte Optimieren Belichtung Zusammenfügen

Nr.	Dateiname	Breite	Höhe	Gierwinkel (Yaw)	Nickwinkel (Pitch)	Rollwinkel (Roll)	X (TrX)	Y (TrY)	Z (TrZ)
0	STB_0233.JPG	2592	1944	0	0	0	0	0	0
1	STC_0234.JPG	2592	1944	0	0	0	0	0	0

Einzelne Bilder hinzufügen...

Serie zeitlich abfolgender Bilder hinzufügen...

Nach oben Nach unten

Löschen ausgewählter Bilder

Neuer Stapel Stapel ändern...

Löschen der Kontrollpunkte

Celeste starten

**Bild-Position**

Gierwinkel:  Nickwinkel:  Rollwinkel:   Verknüpfen

X:  Y:  Z:

**Abgleich von Merkmalen**

Einstellung:

Punkte je Bildpaar:

**Ankerbild**

**Ausgewähltes Bild**

Dateiname:

Kamera-Hersteller:

Kamera-Modell:

Objektiv:

Aufnahmezeit:

Brennweite:

Blende:

Belichtungszeit:

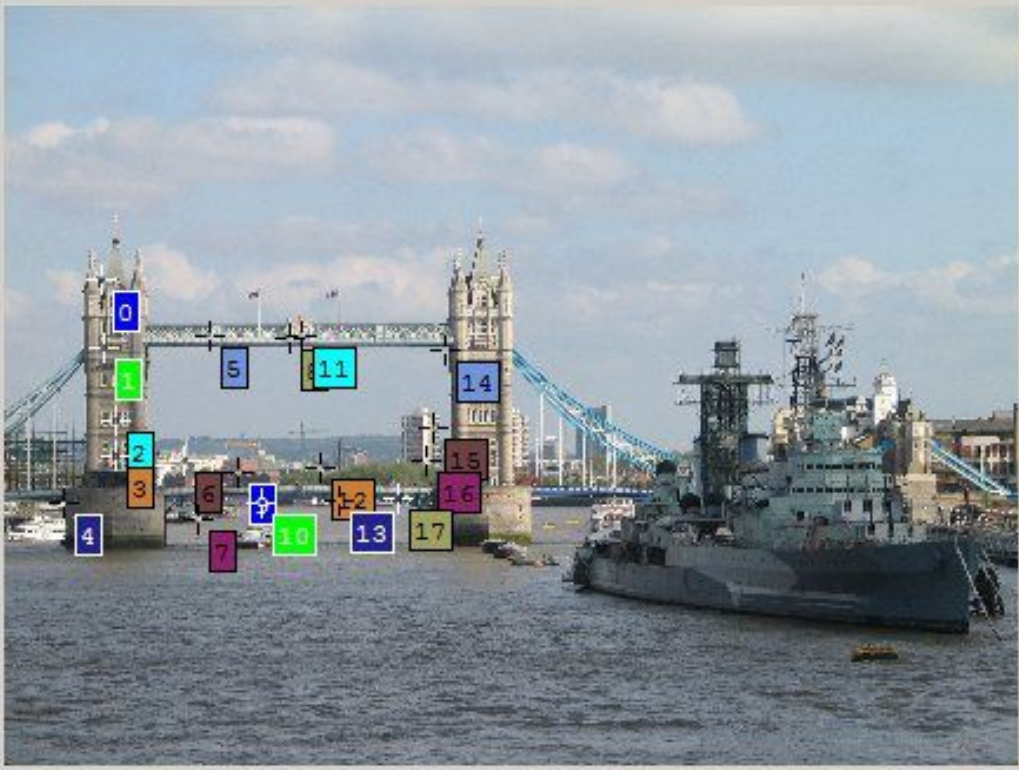
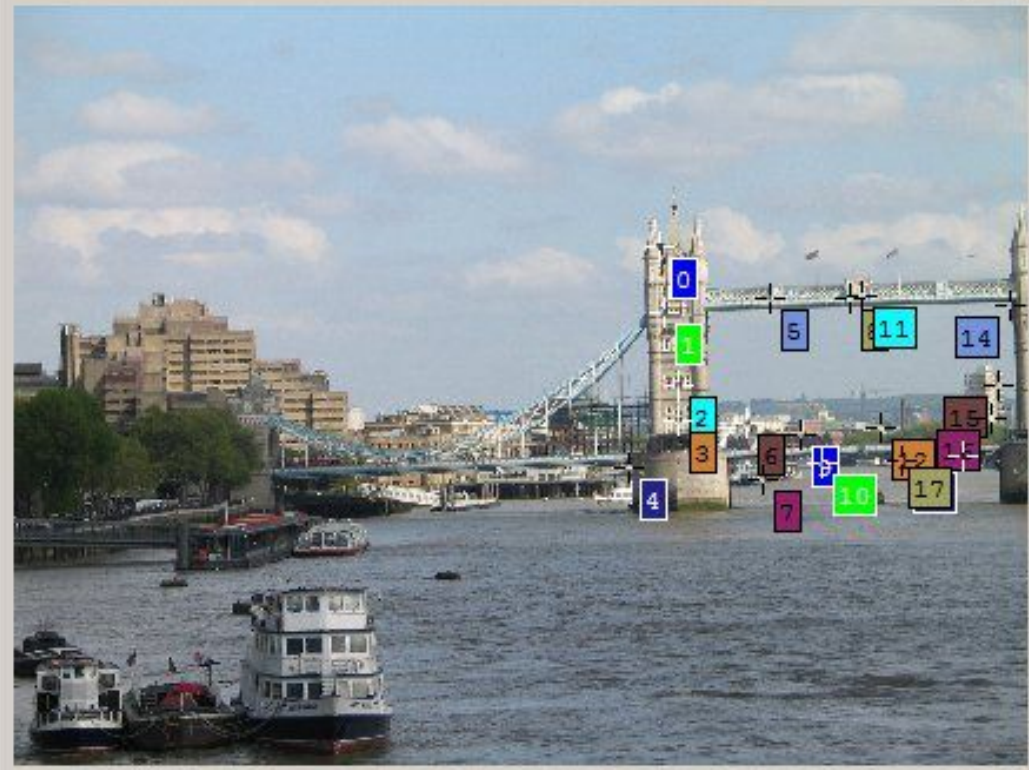
ISO:





0. - STB\_0233.JPG 18

1. - STC\_0234.JPG 18



Nr.	x links	y links	x rechts	y rechts	Ausrichtung	Abstand
0	1649,82	612,37	243,71	700,05	Standard	64,52
1	1662,04	784,14	253,06	873,70	Standard	64,68
2	1695,05	966,15	281,67	1058,16	Standard	64,91
3	1696,57	1055,97	281,23	1149,32	Standard	64,99
4	1571,33	1178,92	148,78	1271,60	Standard	65,25
5	1927,52	744,09	523,64	841,53	Standard	64,53

Zoom: In Fenster einpassen

Feinjustierung von Kontrollpunkten Celeste

- Automatisch feinjustieren
- Automatisch hinzufügen
- Automatisch schätzen

x:    y:    x:    y:    Modus: Standard

Löschen    Hinzufügen



- Fotometrisch
- Kontrollpunkte anzeigen

Überblendmodus: Standard

EV: 14,29

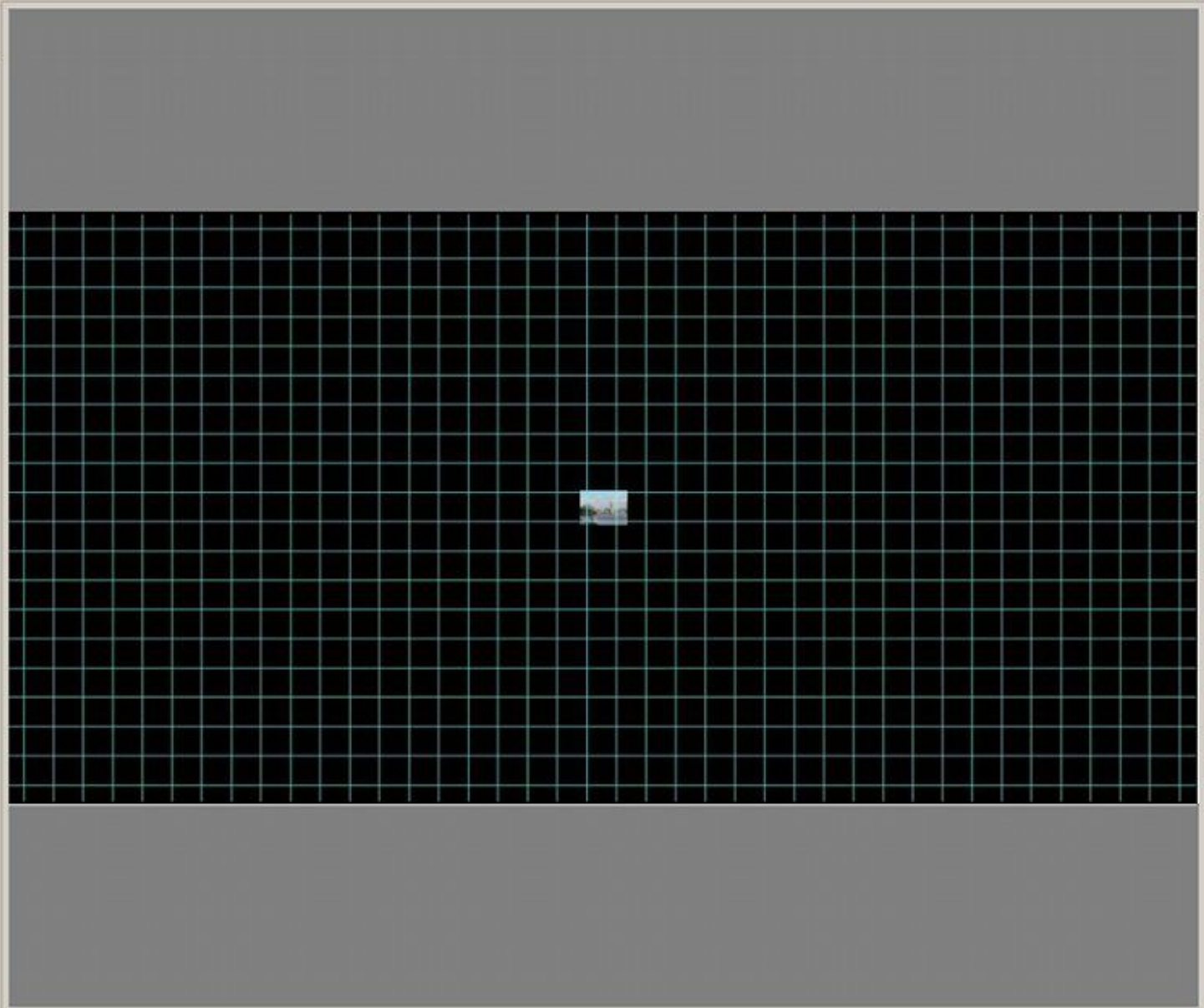
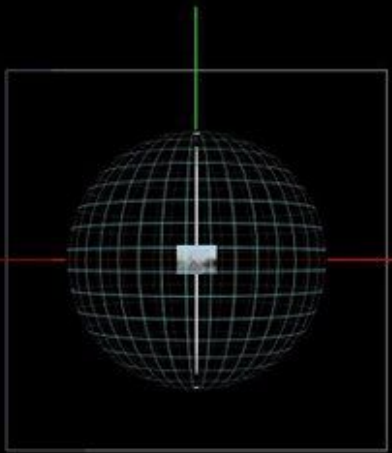


Hintergrund:  Gitter

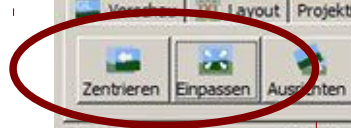
Übersicht  
Anzeigen / Ausblenden

Dargestellte Bilder  
 Alle  Keine 0 1

Übersicht  
Modus: Panorama-Kugel







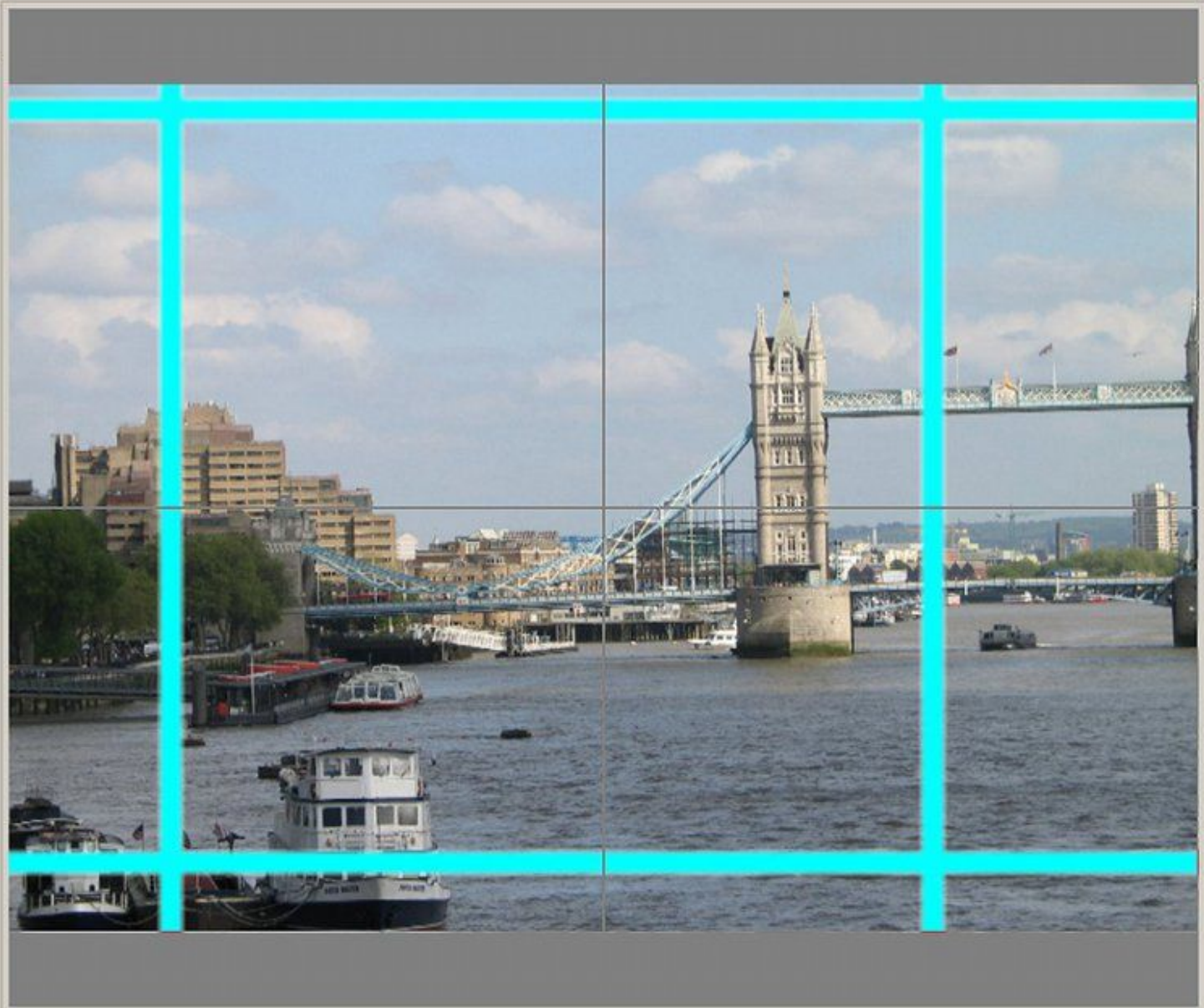
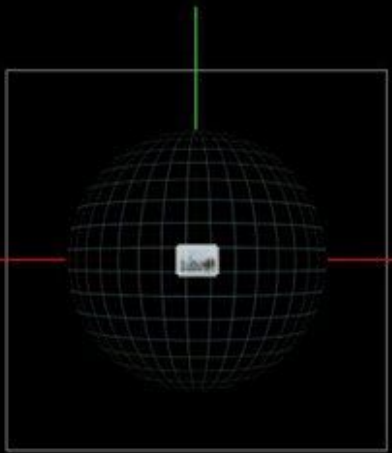
Ziehen-Methode: Standard  
Hilfslinien: Keine

Gierwinkel (Yaw): 0 Nickwinkel (Pitch): 0 Rollwinkel (Roll): 0 Übernehmen

Übersicht  
Anzeigen / Ausblenden

Dargestellte Bilder  
Alle Keine 0 1

Übersicht  
Modus: Panorama-Kugel





**Optimierer**

Optimieren **Ausrichtung (inkrementell, vom Anker beginnend)**

Jede markierte [x] Variable wird optimiert.  
Alle anderen Variablen werden als Referenz oder Anker benutzt.  
 Nur in der Vorschau gewählte Bilder berücksichtigen

**Bildausrichtung**

Gierwinkel (Yaw, y):

0 (-3,950)  
 1 (3,823)

Nickwinkel (Pitch, p):

0 (0,627)  
 1 (1,015)

Rollwinkel (Roll, r):

0 (1,788)  
 1 (0,524)

X:

0 (0,000)  
 1 (0,000)

Y:

0 (0,000)  
 1 (0,000)

Z:

0 (0,000)  
 1 (0,000)

**Objektivparameter**

Bildwinkel (v):

0 (14,21)

Parameter a:

0 (0,000)

Parameter b:

0 (0,005)

Parameter c:

0 (0,000)

Horizontaler Versatz (d):

0 (0,0)

Vertikaler Versatz (e):

0 (0,0)

Skript-Datei vor Optimierung manuell bearbeiten



Zentrieren | Einpassen | Ausrichten

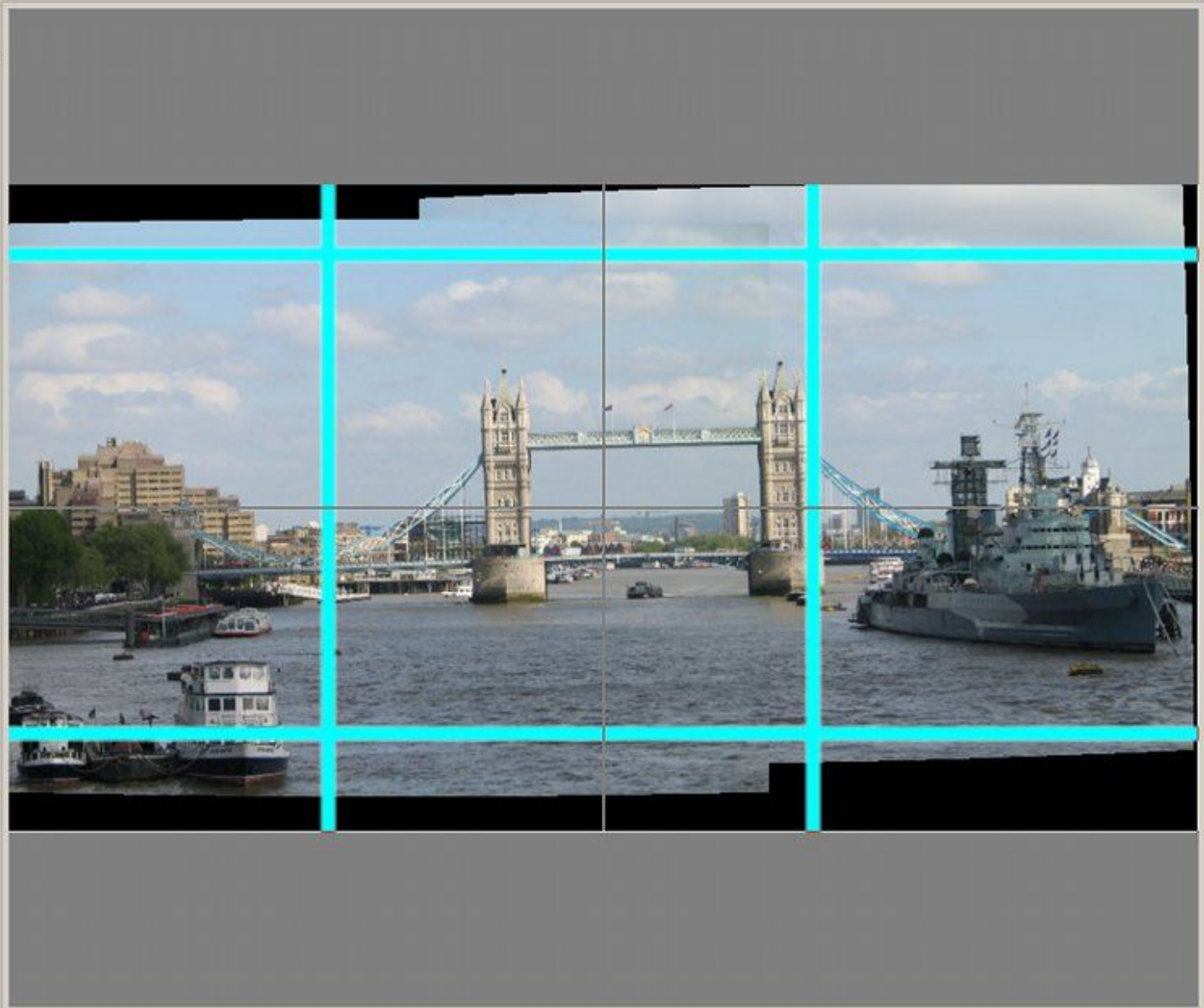
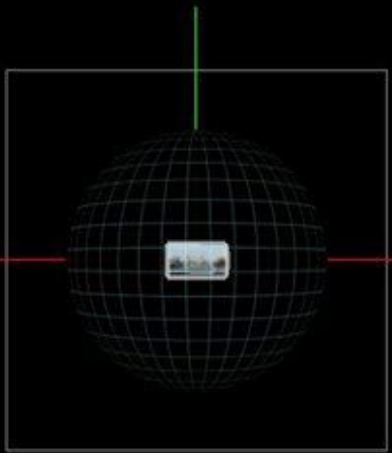
Ziehen-Methode: Standard  
Hilfslinien: Keine

Gierwinkel (Yaw): 0 | Nickwinkel (Pitch): 0 | Rollwinkel (Roll): 0 | Übernehmen

Übersicht  
Anzeigen / Ausblenden

Dargestellte Bilder  
Alle | Keine | 0 | 1

Übersicht  
Modus: Panorama-Kugel





1. - STC\_0234.JPG 3

1. - STC\_0234.JPG 3



Nr.	x links	y links	x rechts	y rechts	Ausrichtung	Abstand
0	12,57	1250,44	1648,00	1241,00	horiz. Linie	8,07
1	282,76	600,09	281,00	1176,00	vert. Linie	6,41
2	1215,88	606,37	1224,00	1209,00	vert. Linie	2,65

Zoom: In Fenster einpassen

Feinjustierung von Kontrollpunkten Celeste

- Automatisch feinjustieren
- Automatisch hinzufügen
- Automatisch schätzen

x: y: x: y: Modus: Standard

Löschen Hinzufügen





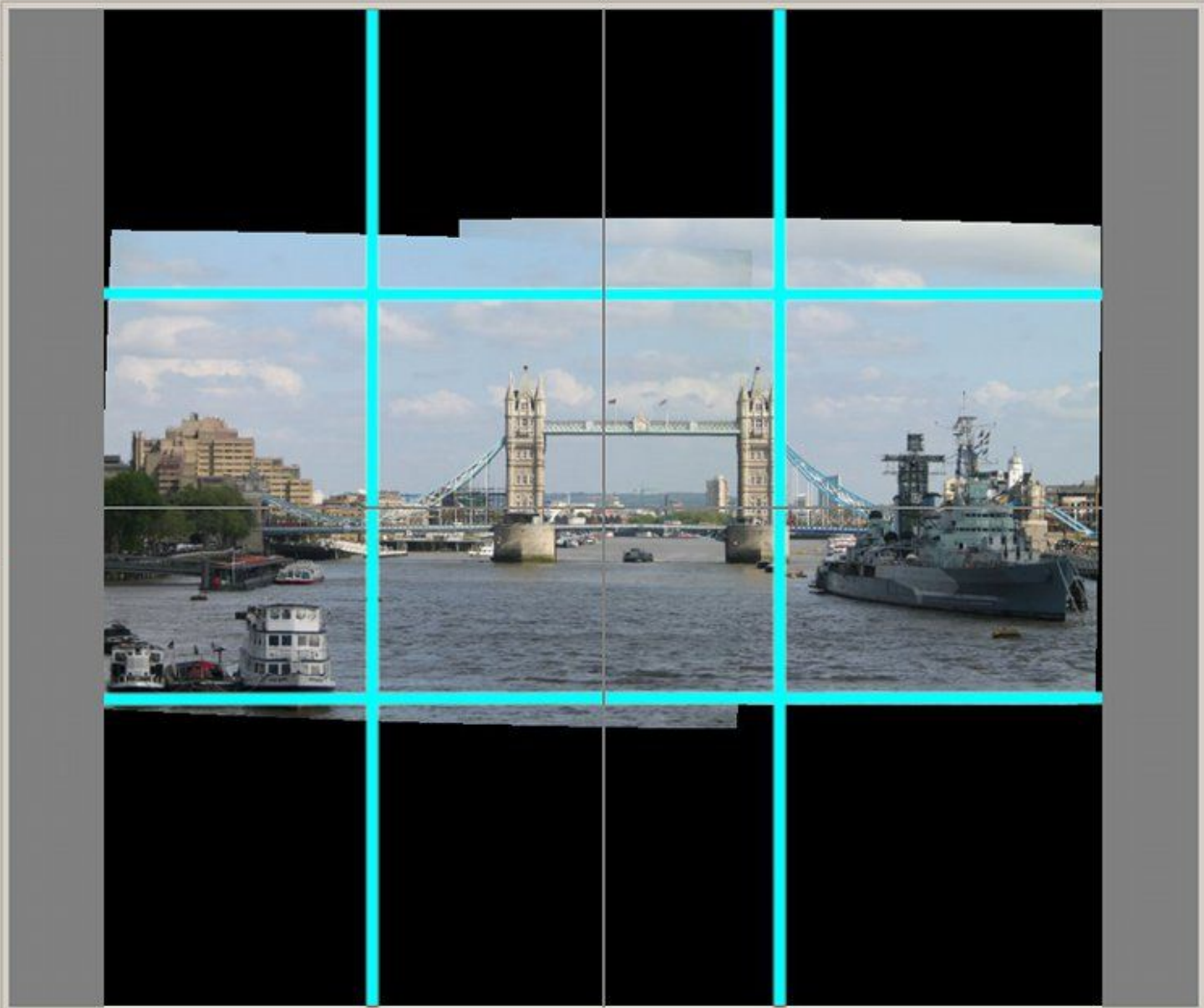
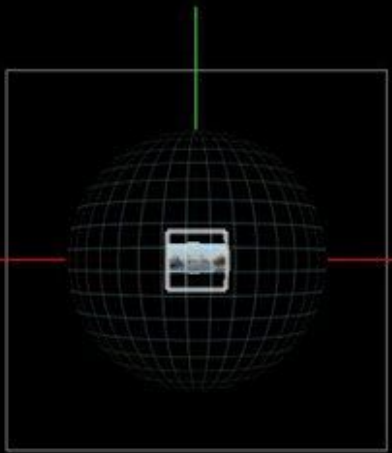
Ziehen-Methode: Standard  
Hilfslinien: Keine

Gierwinkel (Yaw): 0    Nickwinkel (Pitch): 0    Rollwinkel (Roll): 0    Übernehmen

Übersicht  
Anzeigen / Ausblenden

Dargestellte Bilder  
Alle  Keine  0 1

Übersicht  
Modus: Panorama-Kugel





**Projektion:** Zylindrisch

**Bildwinkel:** Horizontal: 22 Vertikal: 21,7 **Bildwinkel berechnen**

**Panoramabildgröße:** Breite: 3972 Höhe: 3972 **Optimale Größe berechnen**

**Beschnitt:** Links: 27 Rechts: 3939 Oben: 908 Unten: 2767 **Beschnitt den Bildern anpassen**

**Panorama-Ausgabe:**  Mit Belichtungskorrektur, niedriger Dynamikumfang  
 Belichtungsfusion aus Stapeln  
 Belichtungsfusion von beliebiger Anordnung  
Dateiformate: TIFF Kompression: LZW  
 Hoher Dynamikumfang  
Dateiformate: EXR

**Ungerechnete Einzelbilder:**  Mit Belichtungskorrektur, niedriger Dynamikumfang  
 Keine Belichtungskorrektur, niedriger Dynamikumfang (LDR)  
 Hoher Dynamikumfang

**Verbundene Stapel:**  Zusammengefügte HDR-Stapel

**Ebenen:**  Zusammengefügte Ebenen ähnlicher Belichtung, ohne Belichtungskorrektur

**Verarbeitung:** Umrechnung: Nona Optionen  
Fusion: Enfuse Optionen  
HDR-Verbindung: Eingebaut Optionen

**Zusammenfügen**





# **Dynamic Range Increase**

# Dynamic Range Increase: Aufnahmetechnik

---

- Belichtungsreihe mit mindestens 2 Bildern
  - Meist 3 Aufnahmen mit -2 EV / 0 / +2 EV, bei sehr hohen Kontrasten situationsangepasst mehr Aufnahmen
  - Blendenvorwahl (Av) verwenden, EV manuell wechseln
  - Falls vorhanden, Auto Exposure Bracketing verwenden
- ISO-Wert so niedrig wie möglich
- Kein Blitzlicht verwenden!
- Wenn möglich, Stativ verwenden (wichtig)
- Wenn möglich, Selbst/Fernauslöser verwenden (reduziert Erschütterungen -> Misalignment)
- So wenig Bewegung wie möglich im Bild (wichtiger als bei Panoramabildern! -> Ghost Artifacts)

# Dynamic Range Increase: Alternative RAW-Bild

---

- Viele Digitalkameras bieten die Möglichkeit, Bilder als *RAW* abzuspeichern
  - Rohdaten direkt vom CCD-Sensor, keine Verarbeitung durch die Kamera-Firmware
  - Meist höhere Bitauflösung als JPEG (12-16 bit pro Farbkanal)
  - Dynamikumfang i.d.R. höher, aber stark abhängig von der Qualität des Sensors
  - RAW-Bild kann direkt als HDR-Input dienen, benötigt aber Tonemapping.
- Vorteil: Nur 1 Aufnahme (kein Stativ nötig, keine Ghosting Artifacts)
- Nachteil: Meist geringerer nutzbarer Dynamikumfang als mit einer Belichtungsreihe.



# Dynamic Range Increase: Exposure Fusion vs. Tonemapping

---

## Exposure Fusion:

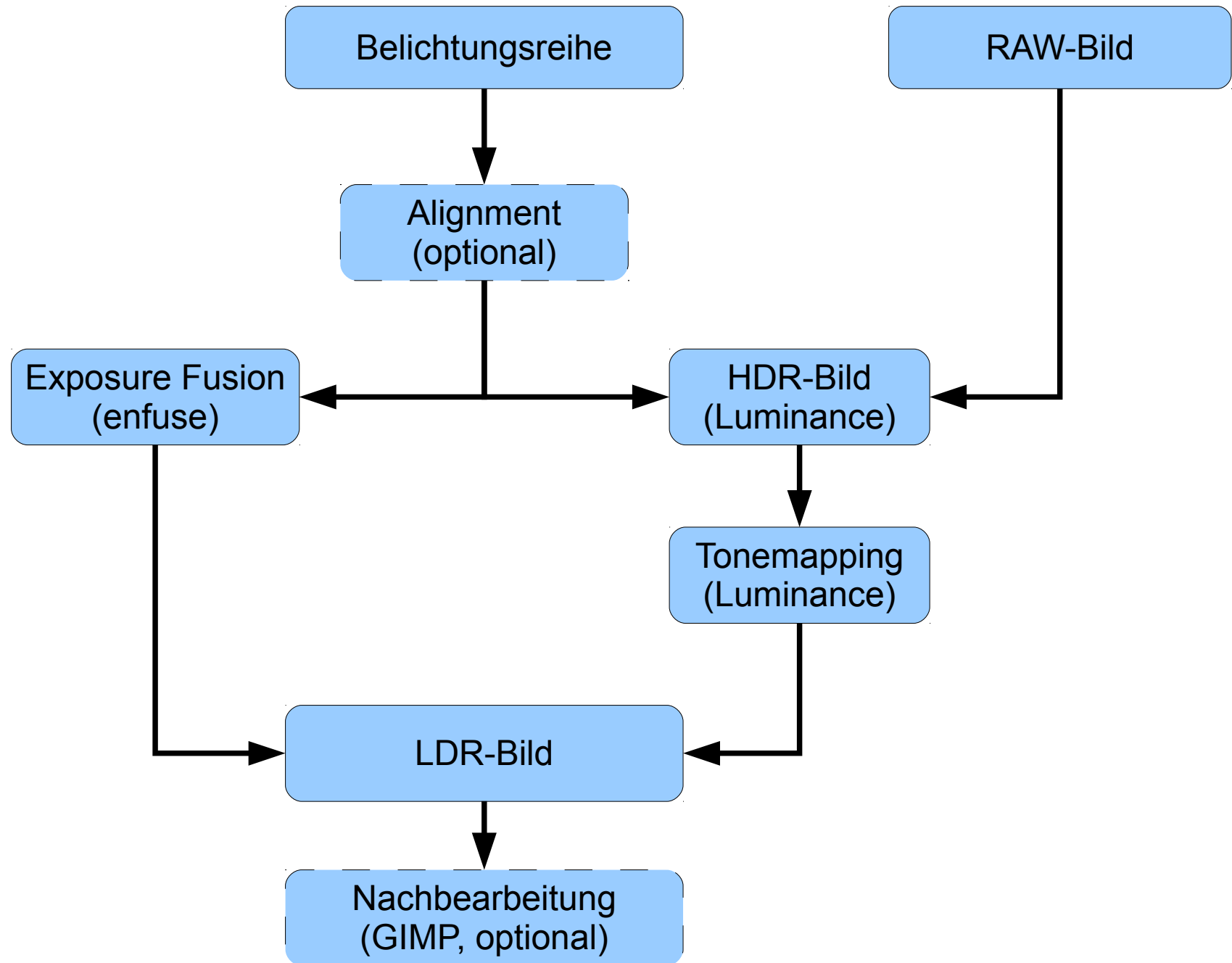
- Direkte Kombination von Belichtungsreihen
- Verwendung der jeweils am besten belichteten Ausschnitte aus der Belichtungsreihe (ähnlich Focus Stacking, was die schärfsten Bereiche kombiniert)
- Schneller und einfacher als HDR/Tonemapping Verfahren
- Nur wenig Variationsmöglichkeiten
- Die erzeugten Bilder wirken oft natürlicher als beim Tonemapping

## HDR-Erzeugung / Tonemapping

- Zuerst Erzeugung eines HDR-Bildes mit hoher Bittiefe (16-32 bit); anschließend Umrechnung in ein LDR-Bild mit einem Tonemapping-Operator
- Als Basis kann auch ein RAW-Bild dienen
- Vielzahl von Tonemapping-Operatoren und Parametern
- Aufwändiger als Exposure Fusion
- Methode der Wahl für den "typischen HDR-Look"

# Dynamic Range Increase: Workflow

---



# Exposure Fusion: Per Kommandozeile

---

```
> align_image_stack -a <output> -v *.jpg
```

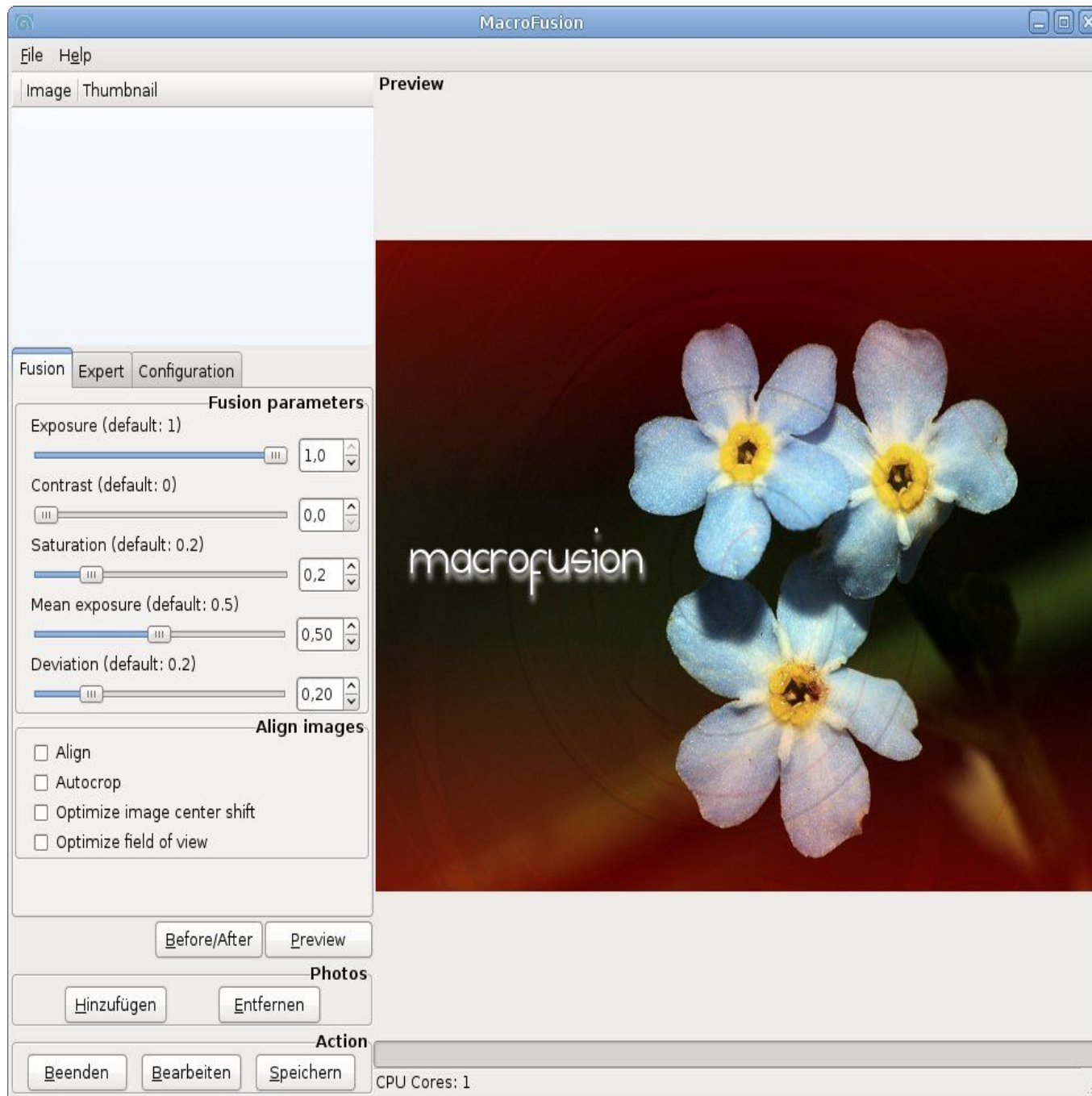
```
> enfuse --exposure-weight=1.0 \  
        --contrast-weight=0.0 \  
        --saturation-weight=0.2 \  
        --output=<output>.tif \  
        input*.tif
```

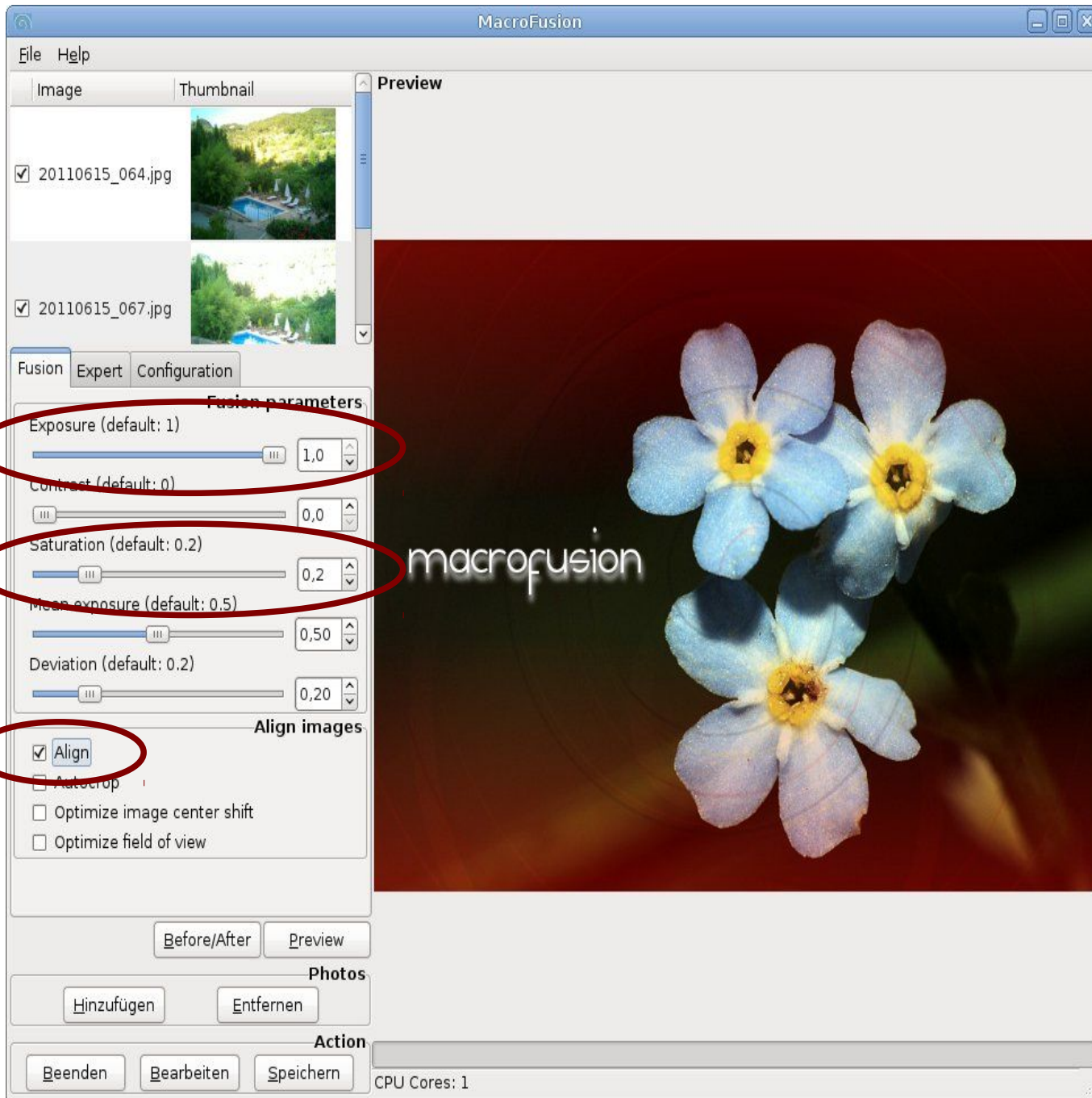
Alternativ auch: (Default-Werte von enfuse ergeben *Exposure Fusion*)

```
> align_image_stack -a <output> -v *.jpg
```

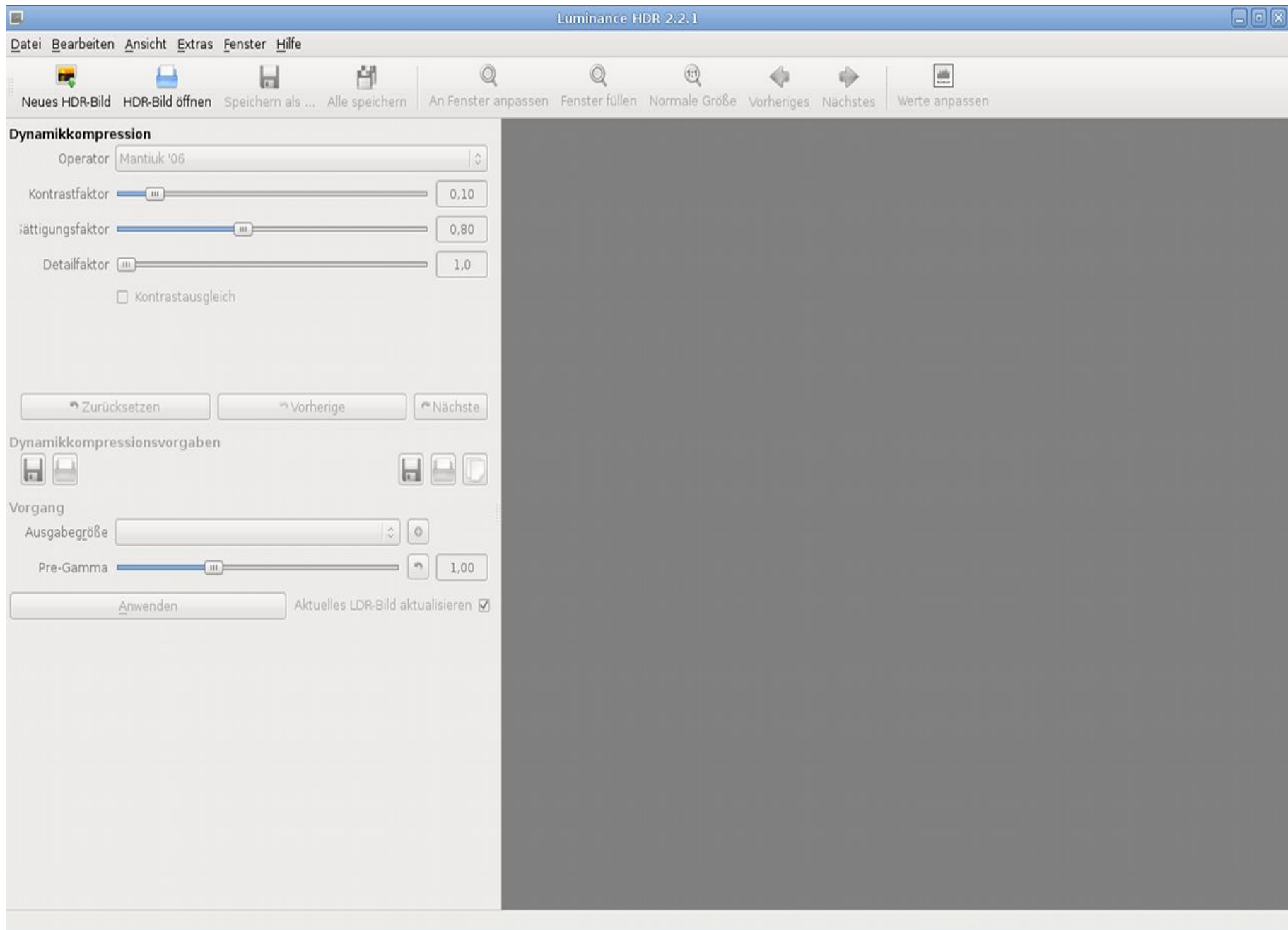
```
> enfuse --output=<output>.tif input*.tif
```

# Exposure Fusion: MacroFusion





# HDR / Tonemapping: Luminance HDR



Dynamikkompression

Operator Mantiuk '06

Kontrastfaktor 0,10

Sättigungsfaktor 0,80

Detailfaktor 1,0

Kontrastausgleich

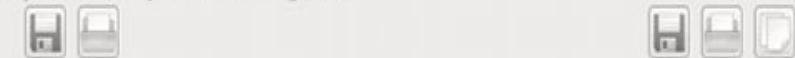
**Belichtungsreihe**

Zurücksetzen

Vorherige

Nächste

Dynamikkompressionsvorgaben



Vorgang

Ausgabegröße

Pre-Gamma 1,00

Anwenden

Aktuelles LDR-Bild aktualisieren



Dynamikkompression

Operator Mantiuk 05

Kontrastfaktor 0,10

Sättigungsfaktor 0,80

Detailfaktor 1,0

Kontrastausgleich

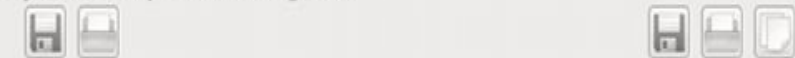
**RAW-Bild**

Zurücksetzen

Vorherige

Nächste

Dynamikkompensationsvorgaben



Vorgang

Ausgabegröße

Pre-Gamma 1,00

Anwenden

Aktuelles LDR-Bild aktualisieren



**[1/2] Quellbilder laden**

Derzeit geladene Dateien

	Dateiname des Bildes	Belichtung
1	IMG_0305.JPG	+0.00 EV
2	IMG_0306.JPG	-2.00 EV
3	IMG_0307.JPG	+2.00 EV

Vorschau

**Bildbelichtung**EV:  2,00**Ausrichtung**

- Bilder automatisch ausrichten
- Hugins align\_image\_stack
- MTB

Alle Belichtungswerte (EV) wurden festgelegt.  
Jetzt auf "Weiter" klicken.

[Weiter >](#)[Abbrechen](#)

Visualisierung und Navigation



Vorschaumodus: Differenz (E-P)

Bilderliste

Editierbar

Referenz

IMG\_0305.JPG  
 IMG\_0306.JPG  
 IMG\_0307.JPG



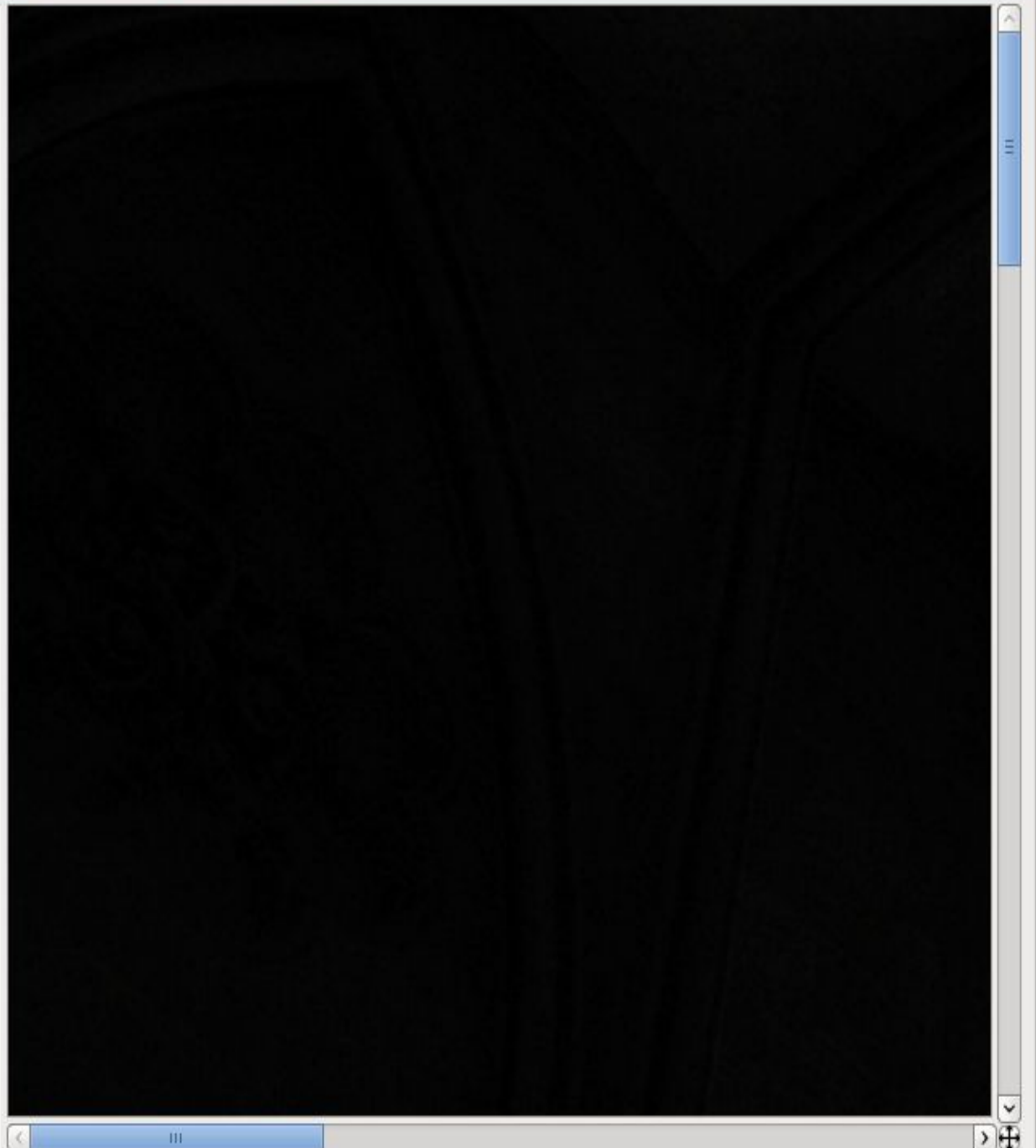
IMG\_0305.JPG  
 IMG\_0306.JPG  
 IMG\_0307.JPG

Werkzeuge

Ausrichtungswerte für das editierbare Bild

Horizonta 0 px

Vertikal: 0 px



Weiter >

Abbrechen

**[2/2] Einstellungen für HDR-Erzeugung wählen**

Eines der vordefinierten Profile wählen:

Profil 1

Gewichtungsfunktion:

Dreieckig

Verlaufskurve:

Linear

Modell zur HDR-Erzeugung:

Debevec

 Anti Ghosting (Beta!)

Verlaufskurve: Gamma

Anzahl der Aufrufe: 1

 Eigene Einstellungen nutzen**Eines der vordefinierten Profile oder eine eigene Konfiguration wählen**

Fertigstellen

Abbrechen

Remapping: saving aligned\_0002.tif : 100

[2A

Dynamikkompression

Operator **Mantiuk '06**

Kontrastfaktor 0,10

Sättigungsfaktor 0,80

Detailfaktor 1,0

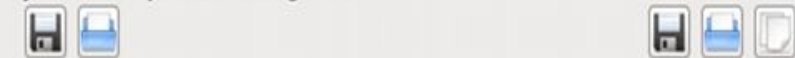
Kontrastausgleich

Zurücksetzen

Vorherige

Nächste

Dynamikkompersionsvorgaben



Vorgang

Ausgabegröße 256x341

Pre-Gamma 1,00

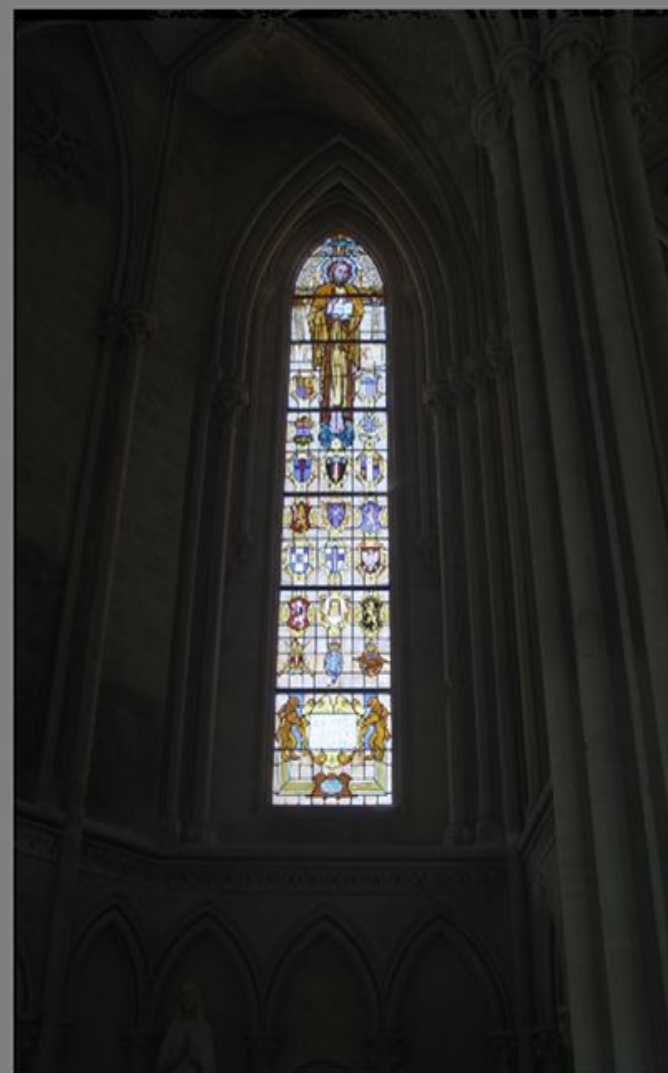
Anwenden

Aktuelles LDR-Bild aktualisieren

(\* Gewichte: Dreieckig - Verlaufskurve: Linear - Modell: Debevec

Darstellung: Gamma 2,2

Histogramm:





Dynamikkompression

Operator **Fattal**

Alpha  0,50

Beta  0,90

Farbsättigung  0,75

hinterdrückung  0,00

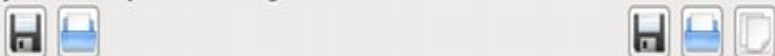
Version vor 1.8.4

Zurücksetzen

Vorherige

Nächste

Dynamikkompressionsvorgaben



Vorgang

Ausgabegröße **768x1024**

Pre-Gamma  0,75

Anwenden

Aktuelles LDR-Bild aktualisieren

(\* Gewichte: Dreieckig - Verlaufskurve: Linear - Modell: Debevec X Unbenannt X

LDR-Bild [768 x 1024]



# Focus Stacking

# Focus Stacking: Aufnahmetechnik

---

- Aufnahmereihe mit mindestens 2 Bildern
  - Für einfache Makroaufnahmen 2-10 Bilder (auch wesentlich mehr), Fokus im relevanten Bereich
  - Aufnahme immer mit Stativ!
  - Blendenvorwahl + Zeitvorwahl (M) verwenden, Fokussierung manuell wechseln (MF)
  - Falls vorhanden, Auto Focus Bracketing verwenden
  - Alternativ: Fokusschlitten verwenden
- Wenn möglich, Selbst/Fernauslöser verwenden (reduziert Erschütterungen -> Misalignment)
- Keinerlei Bewegung im Bild!

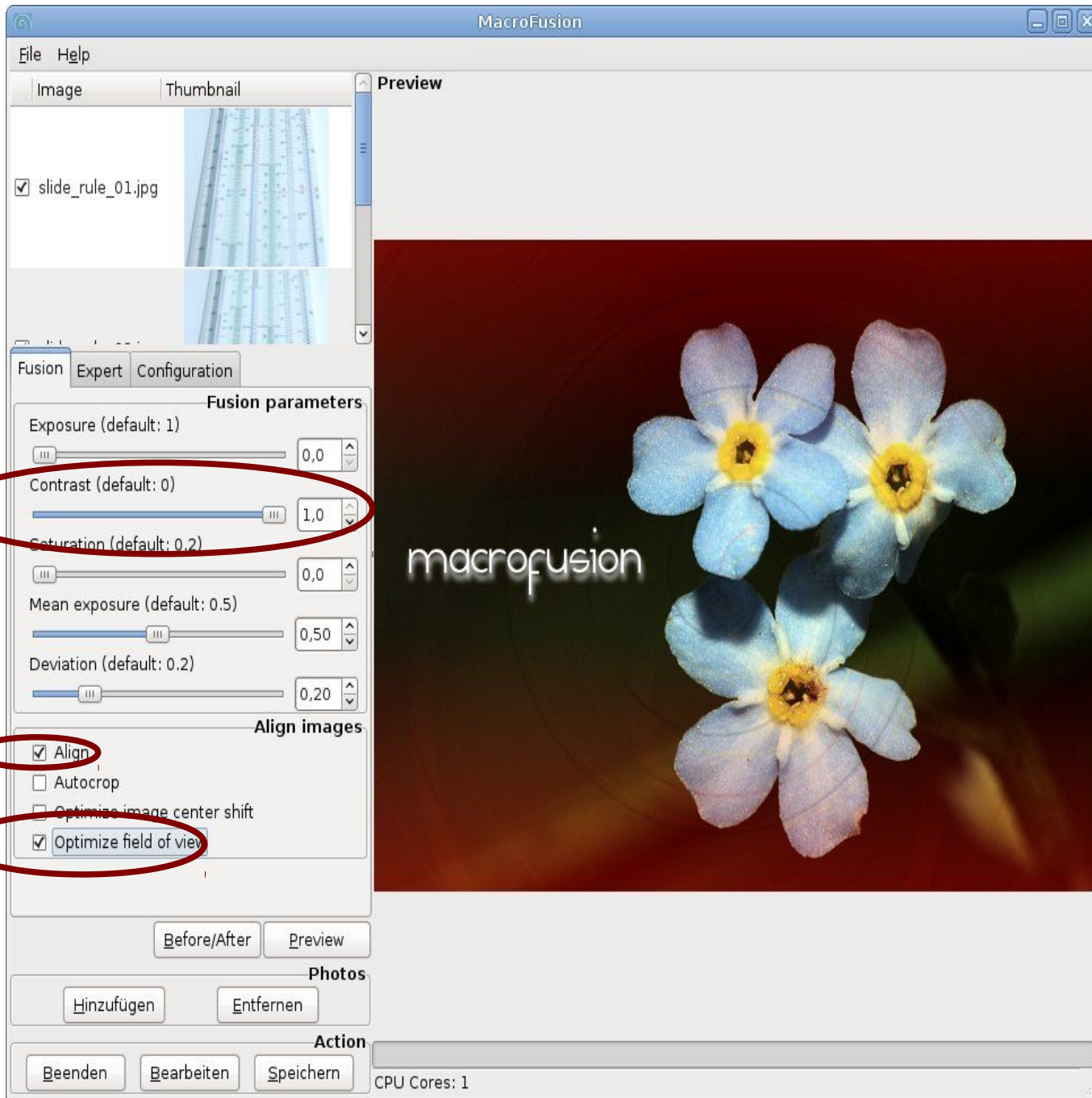
# Focus Stacking: Per Kommandozeile

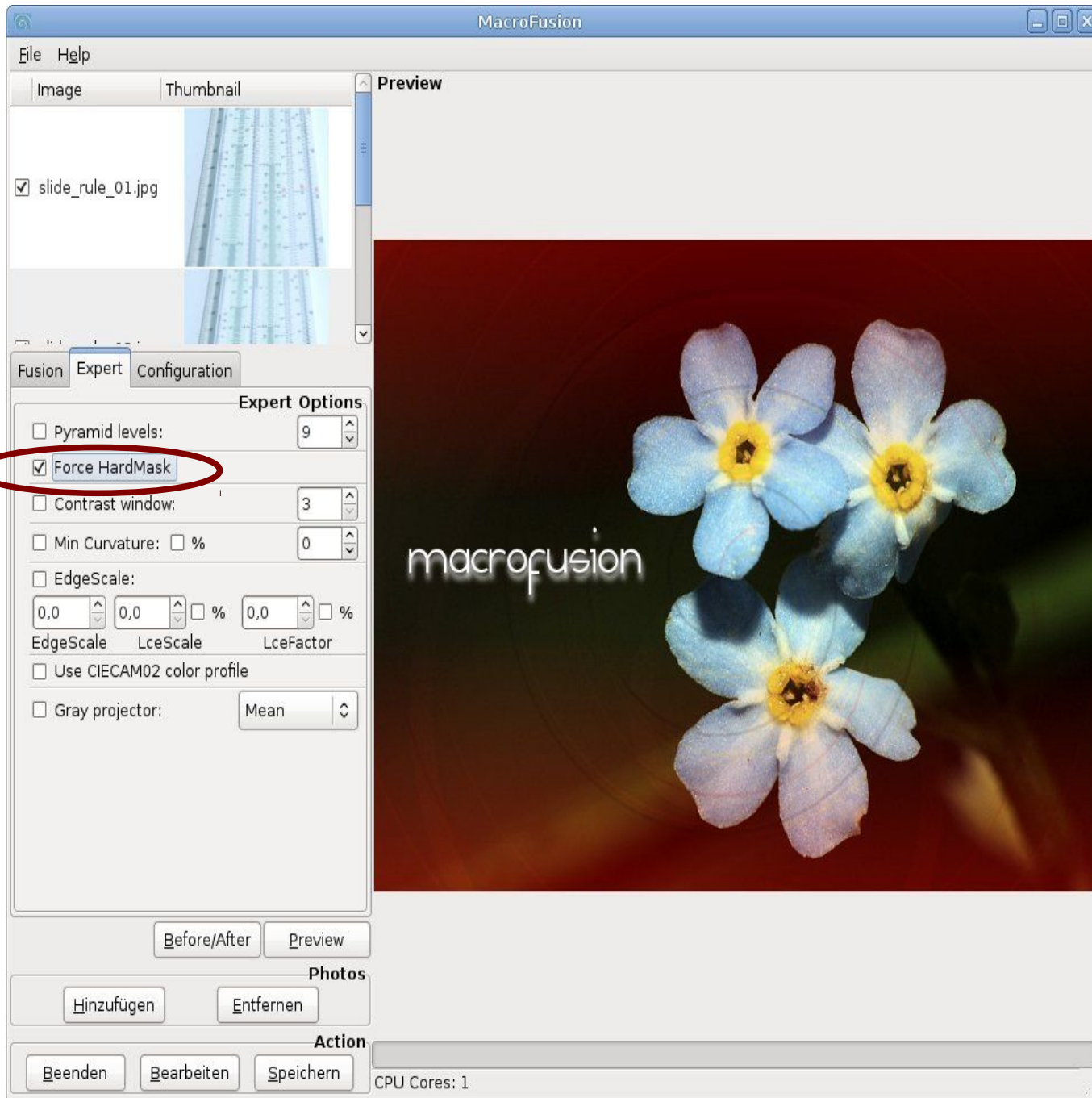
---

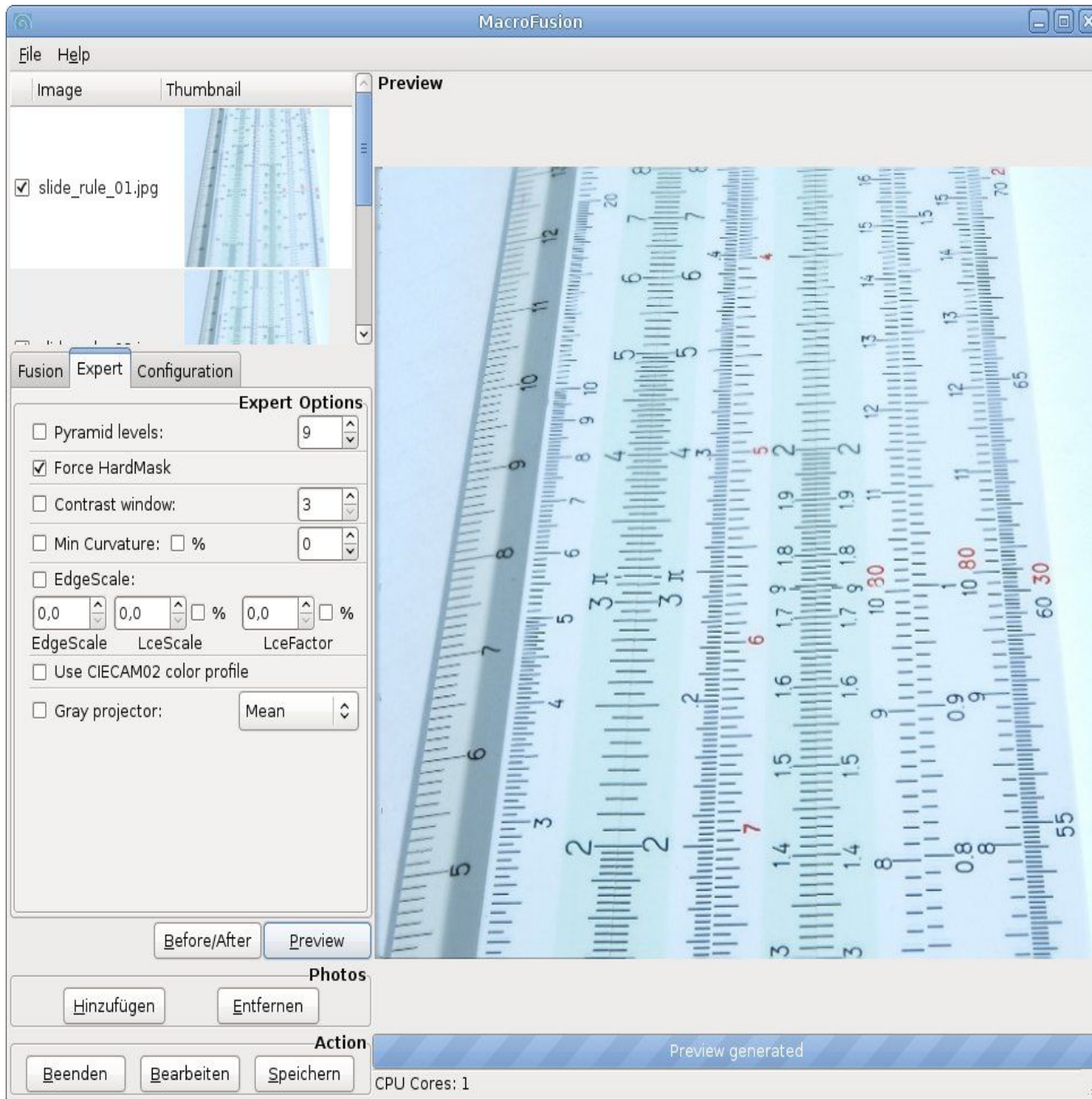
```
> align_image_stack -a <output> -m -v *.jpg
```

```
> enfuse --exposure-weight=0.0 \  
        --contrast-weight=1.0 \  
        --saturation-weight=0.0 \  
        --hard-mask \  
        --output=<output>.tif \  
        input*.tif
```









Source: WikiCommons, (c) Thomas Wydra  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Focus\\_stacking\\_example.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Focus_stacking_example.jpg)

# **Sonstige Techniken**

... was es sonst noch so gibt:

---

## Image Averaging

- Problem thermisches Rauschen bei High-ISO Aufnahmen mit langer Belichtungszeit
- Mittelung (per *enfuse*) von Belichtungsreihen die mit exakt den gleichen Parametern aufgenommen wurden

## 3D Anaglyph (Altgriechisch αναγλυφή = „herausgeschnitzt / gemeißelt“)

- Zwei Aufnahmen der selben Szene, horizontal etwas versetzt
- Kombination zu einem rot/grün Anaglyph (AnaBuilder, GIMP-Plugin etc.)

## Orton-Effekt (Entwickelt von Michael Orton in den 1980ern)

- Überlagerung von zwei Diaaufnahmen:
  - Ein scharfes Bild mit +1 EV
  - Ein bewusst unscharfes Bild mit +2 EV
- Digital nachbildbar per Bildverarbeitung (GIMP-Plugin)
- Gibt Bildern einen subtilen "impressionistischen" Effekt; geeignet z.B. für Illustration von Reiseberichten im Web



# Nicht übertreiben!

---

- Achtung! Gerade HDR + Tonemapping verführt zur Übertreibung ("Glutamat fürs Auge")
- Alle hier genannten Techniken nur zur Unterstützung verwenden, die Technik soll nicht im Vordergrund stehen.
- Die wichtigsten Elemente für ein gutes Photo bleiben ein gutes Motiv und eine gute Bildkomposition.