

HDR obraz (High Dynamic Range)

© 2010-2019 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz
<https://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>

Velká dynamika obrazu



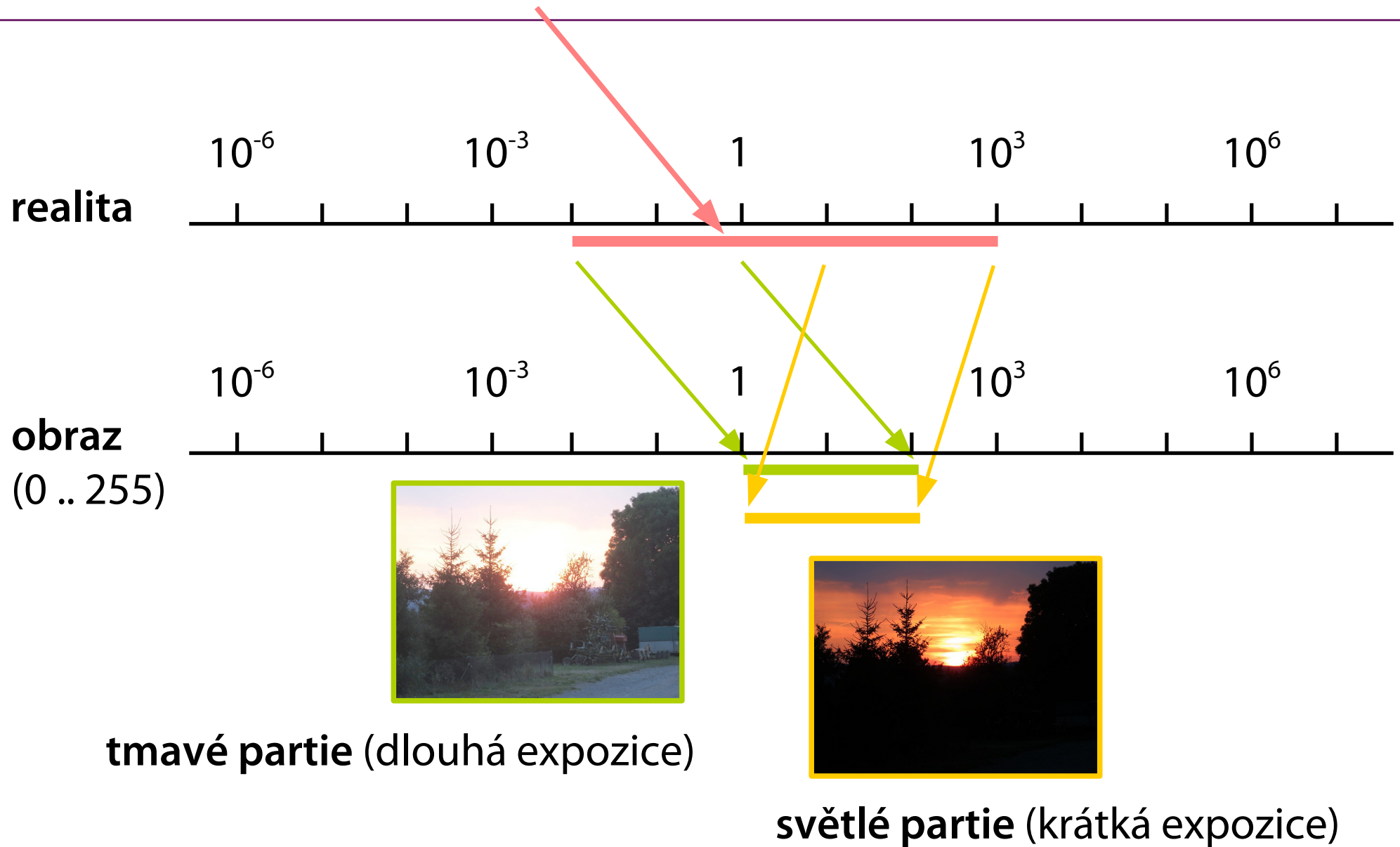
světlé partie
(krátká expozice)



tmavé partie
(dlouhá expozice)



Velká dynamika obrazu





HDR grafika

High Dynamic Range

- velký dynamický rozsah
- pixely – čísla v **plovoucí desetinné čárce**
- např. **float[3]** pro RGB (96bpp)

Pořizování HDR dat

- výpočet (rendering)
- fotografování (vícenásobná expozice)

Zobrazování na LDR zařízení

- převod do normální škály („tone-mapping“)



Formát pixelu RGBE (Radiance)

Formát souboru .hdr (Radiance)

- úsporné uložení (jen 4 byty na pixel)
- individuální mantisa [RGB], společný exponent [E]

Mantisa [RGB]

- typ **float**, normalizován mezi $\frac{1}{2}$ a 1 (maximální složka)

Exponent [E]

- binární exponent v doplňkovém kódu (8-bitové číslo)

Příklad: [0.3, 0.02, 0.1]

$$= [\underline{0.6}, 0.04, 0.2] \cdot 2^{-1} \rightarrow [153, 10, 51, 127]$$



Další HDR formáty

OpenEXR (.exr)

- Industrial Light & Magic (G. Lucas 1975, Star Wars etc.)
- zcela otevřený, knihovny jsou open-source
- různé typy komprese (ZIP, wavelets), používá často typ **half** (fp16)
- uživatelsky **rošiřitelný formát pixelu**

Portable Float Map (PFM)

- analogický PPM / PGM / PBM
- pixely jsou tři čísla typu **float**
- bez komprese

```
PF
1024 768
1
<binary data>
```



Fotografování HDR

Vícenásobná expozice

- statická scéna
- konstantní clona, proměnlivý čas
- sekvence např. od 1/1000s do 2s
- vestavěný „bracketing“ (−2 EV, 0, +2 EV)
- „super-bracketing“ (5-7 rychlých expozic za sebou, ≥ EOS 80D i víc)

Zpracování sekvence obrázků do jednoho HDR

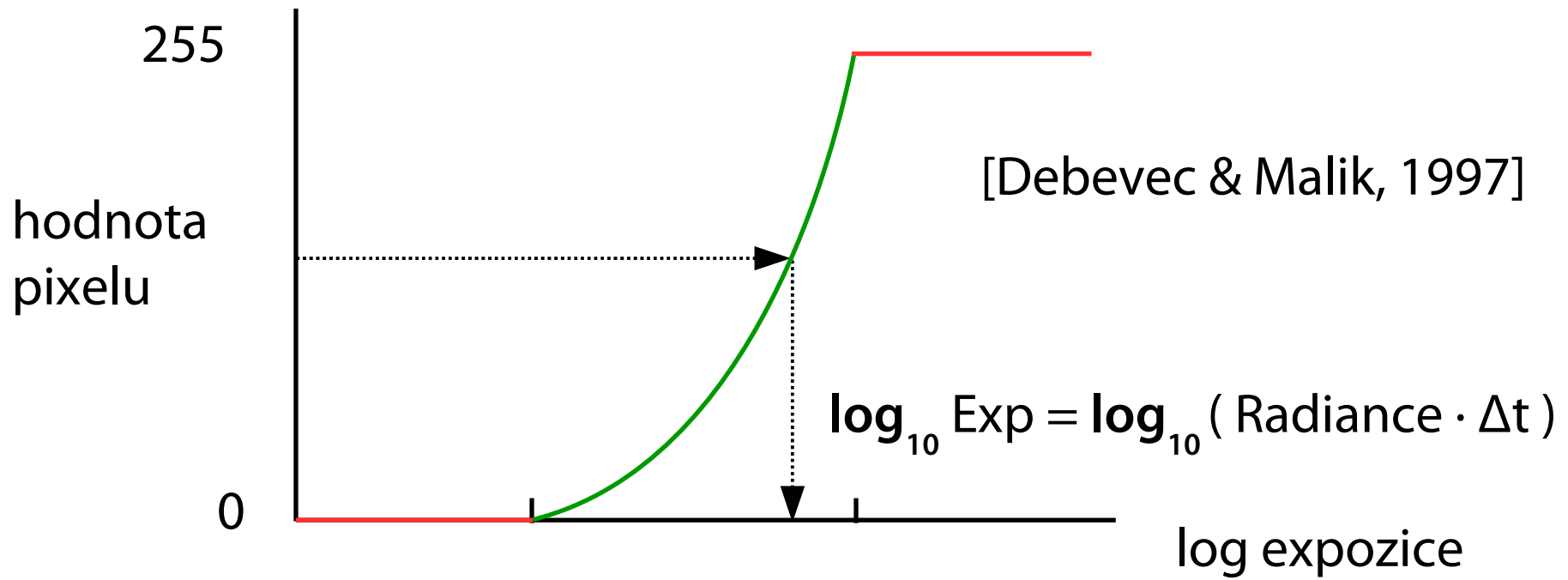
- běžné programy na zpracování foto (PhotoShop, GiMP ...)
- Picturenaut (<http://www.hdrlabs.com/picturenaut>)
- užitečné funkce: registrace snímků, auto-kalibrace



Křivka citlivosti senzoru (CCD)

Kvalitativně známá funkce

- konkrétní konstanty je třeba nastavit (kalibrace)
- „auto-kalibrace“ při skládání (předpoklad stejné předlohy)

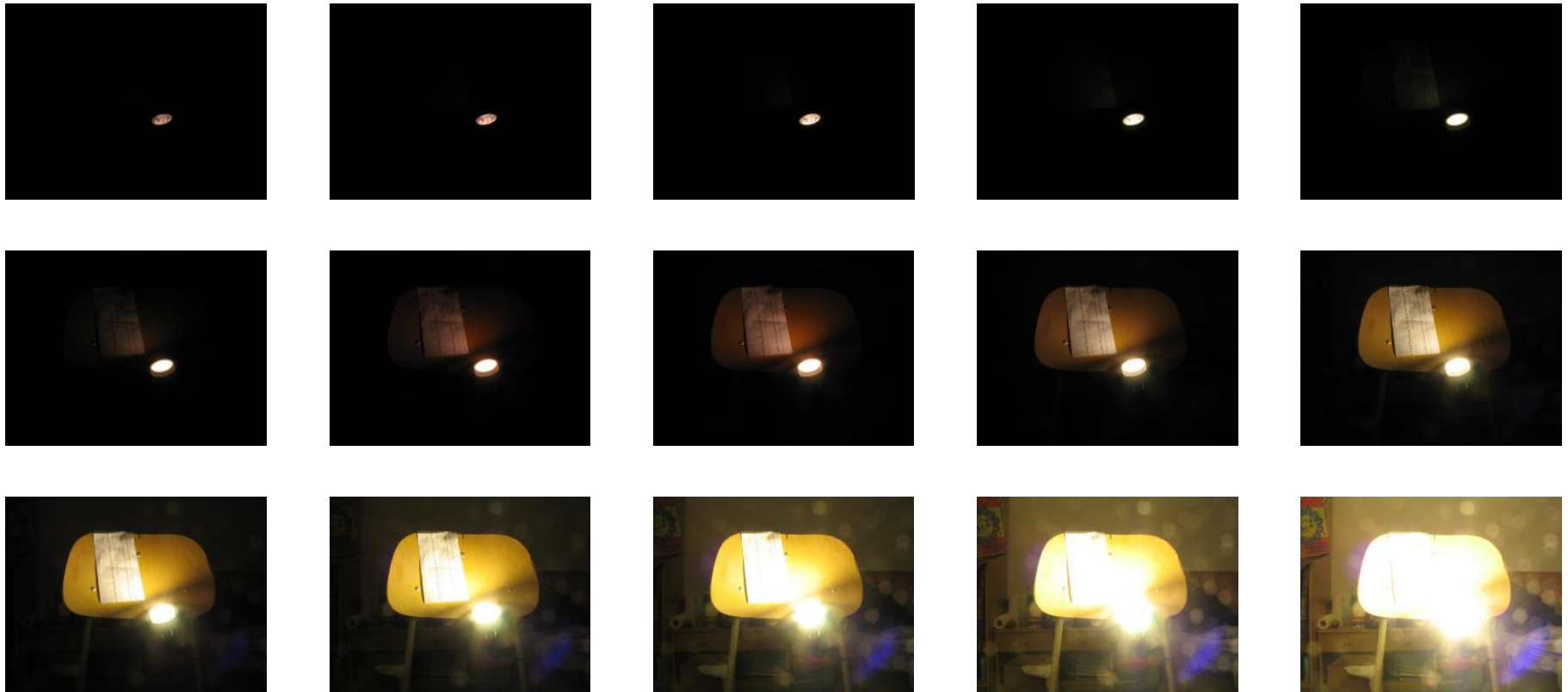


Příklad pořízení HDR



15 snímků mezi 1/2000s a 8s (rozestup 1 EV)

Sestavení ... HDR Shop





Reprodukce HDR

Jednoduché oříznutí dynamiky

- přetečení → přezáření (bílá nebo nějaké „glare“ efekty)

„Tone mapping“

- obecně: transformace **celé** originální škály do LDR
- globální vs. lokální zobrazení
- lokální zachování kontrastu, apod.



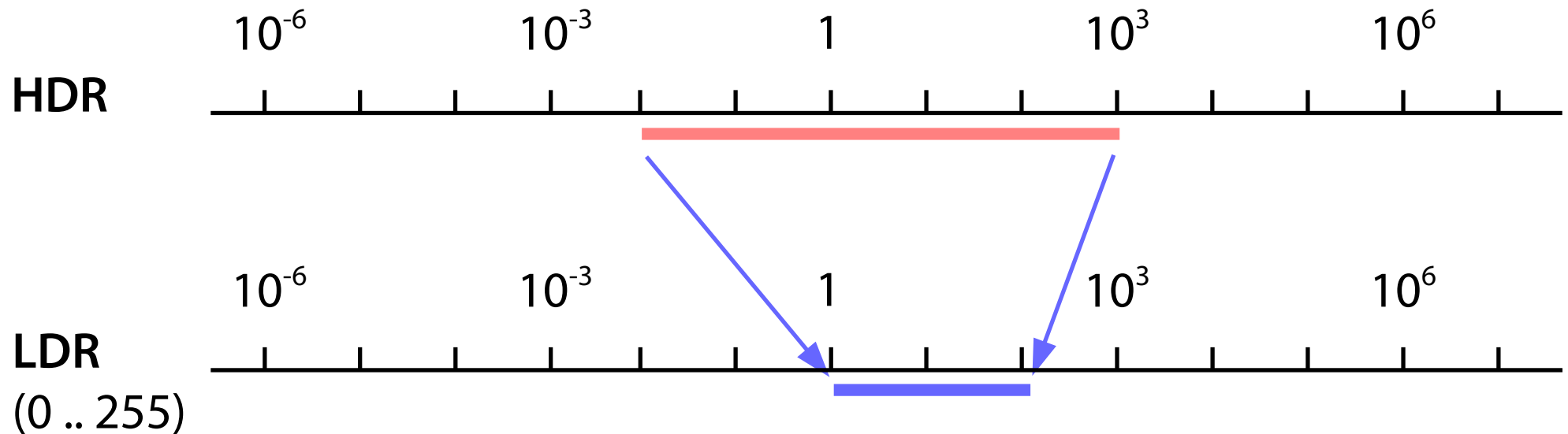
„Tone mapping“



Transformace HDR rozsahu do LDR

- zachování kresby (kontrastu) v tmavých i světlých partiích

Globální vs. lokální zobrazení

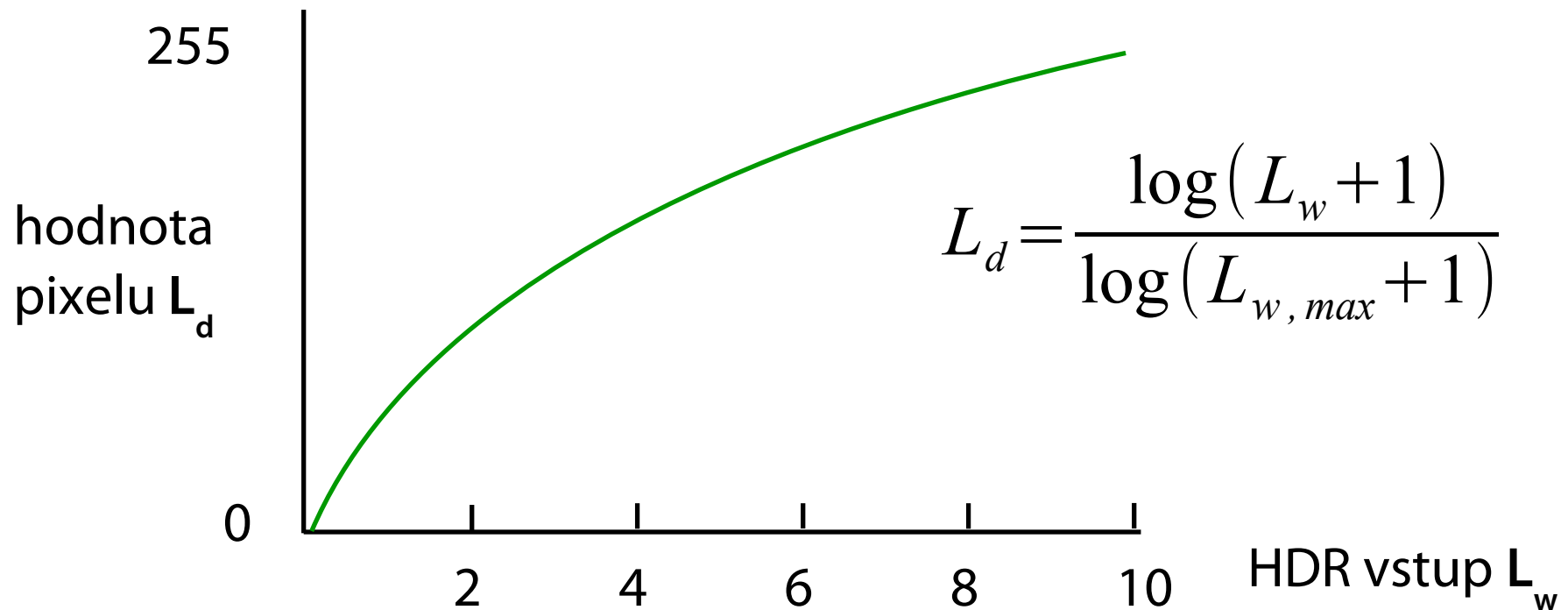




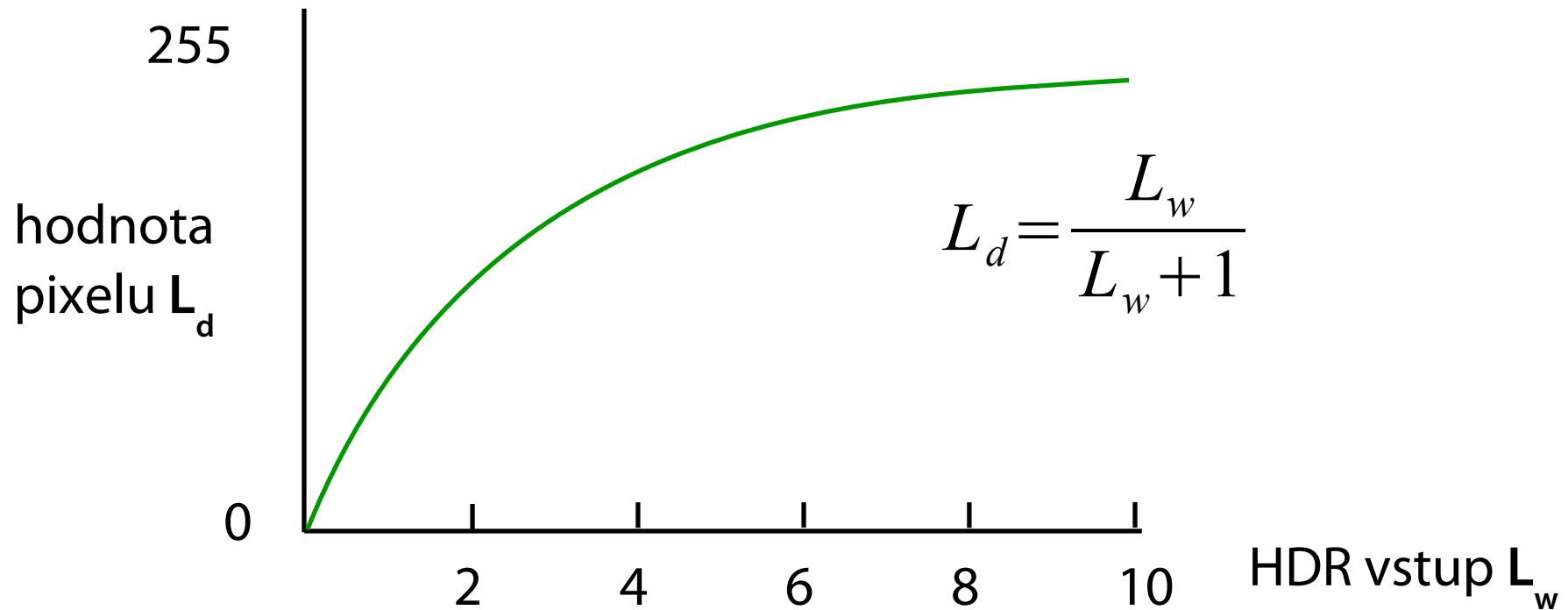
Globální operátory (Reinhard)

Logaritmický, sigmoida ...

- implementace tabulkou, GPU shaderem



Sigmoida





Gamma komprese

Již existující mechanismus

- nevýhoda: útlum barev

$$L_d = L_w^\gamma$$

Gamma komprese intenzity

- barevná informace zůstává
- intenzita se komprimuje jako výše



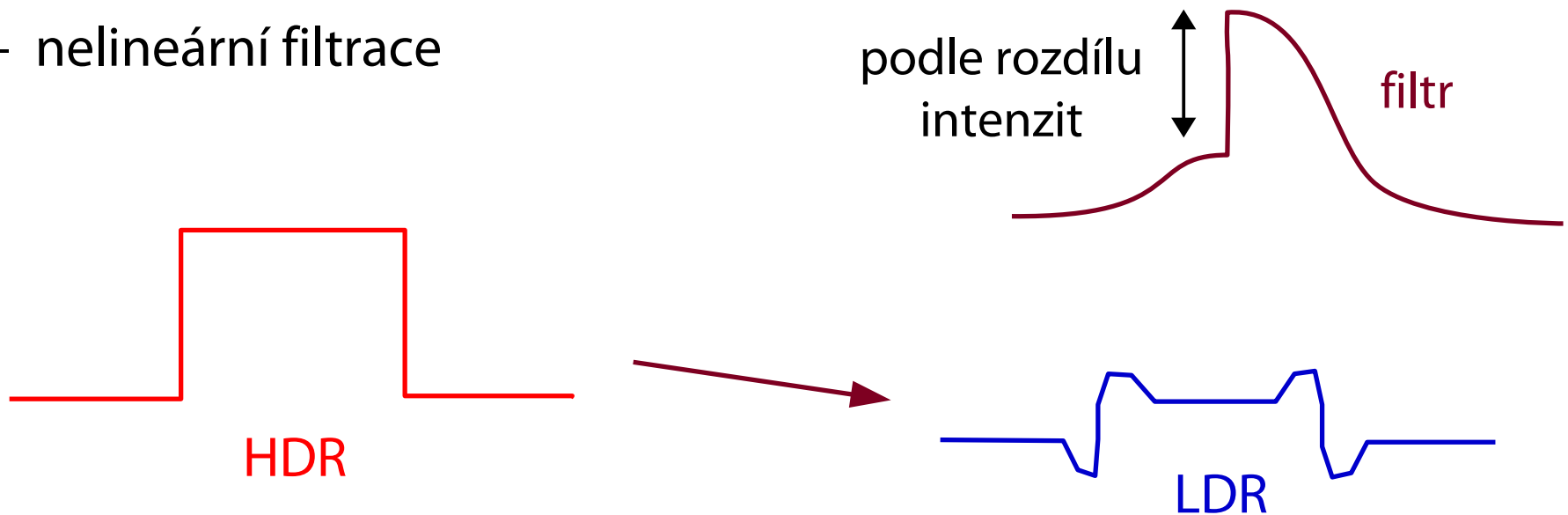
Lokální operátory

Lokálně zachovávají kontrast

- detekce hran
- lokální analýza jasu (průměr jasu, lokální histogram ...)

Bilateral filtering (1998+)

- nelineární filtrace





Fotografie

- lepší reprodukce přirozené dynamiky scény
- citlivý „tone mapping“, výsledek nepůsobí nepřirozeně
- HDR panoramata (slunce v záběru, obloha vs. terén)

CGI (počítačem generovaná grafika)

- dobře použitelná data pro „**environment mapping**“ (světelná mapa okolí)
- všechny interní výpočty a mezivýsledky jsou „HDR“
- realisticky vypadající lesklé odrazy, rozmazání pohybem ...

Příklady – „tone mapping“

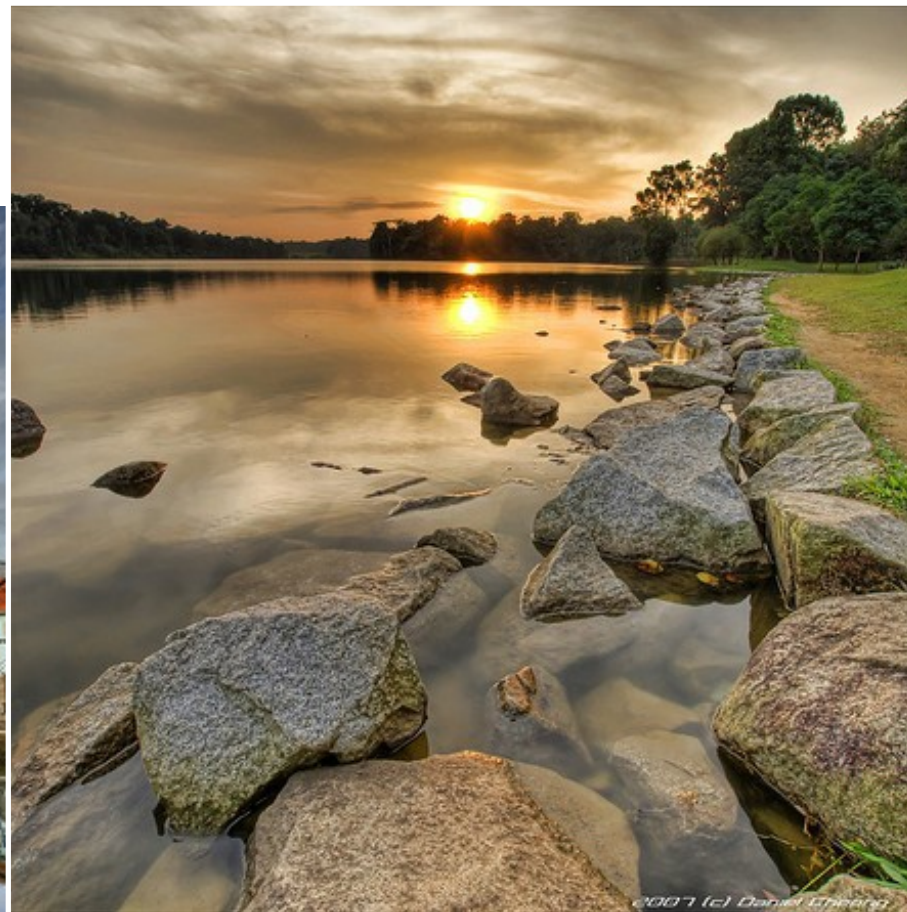


LDR



Tone-mapped HDR

Příklady – „tone mapping“



Příklady – „tone mapping“



Lokální „tone mapping“



Příklad s odrazem světla



Environment-map (360/180° latitude/longitude mapping)

Příklad s odrazem světla



Environment map („cube-map“)





Reference

Další informace:

Erik Reinhard: *Tone Reproduction* (slides, Bristol)

<http://www.pauldebevec.com/>

<https://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/hdr/>

<http://www.hdrlabs.com/>

<https://www.openexr.com/>

<http://www.mpi-inf.mpg.de/resources/hdr/>

<http://www.hdrshop.com/>