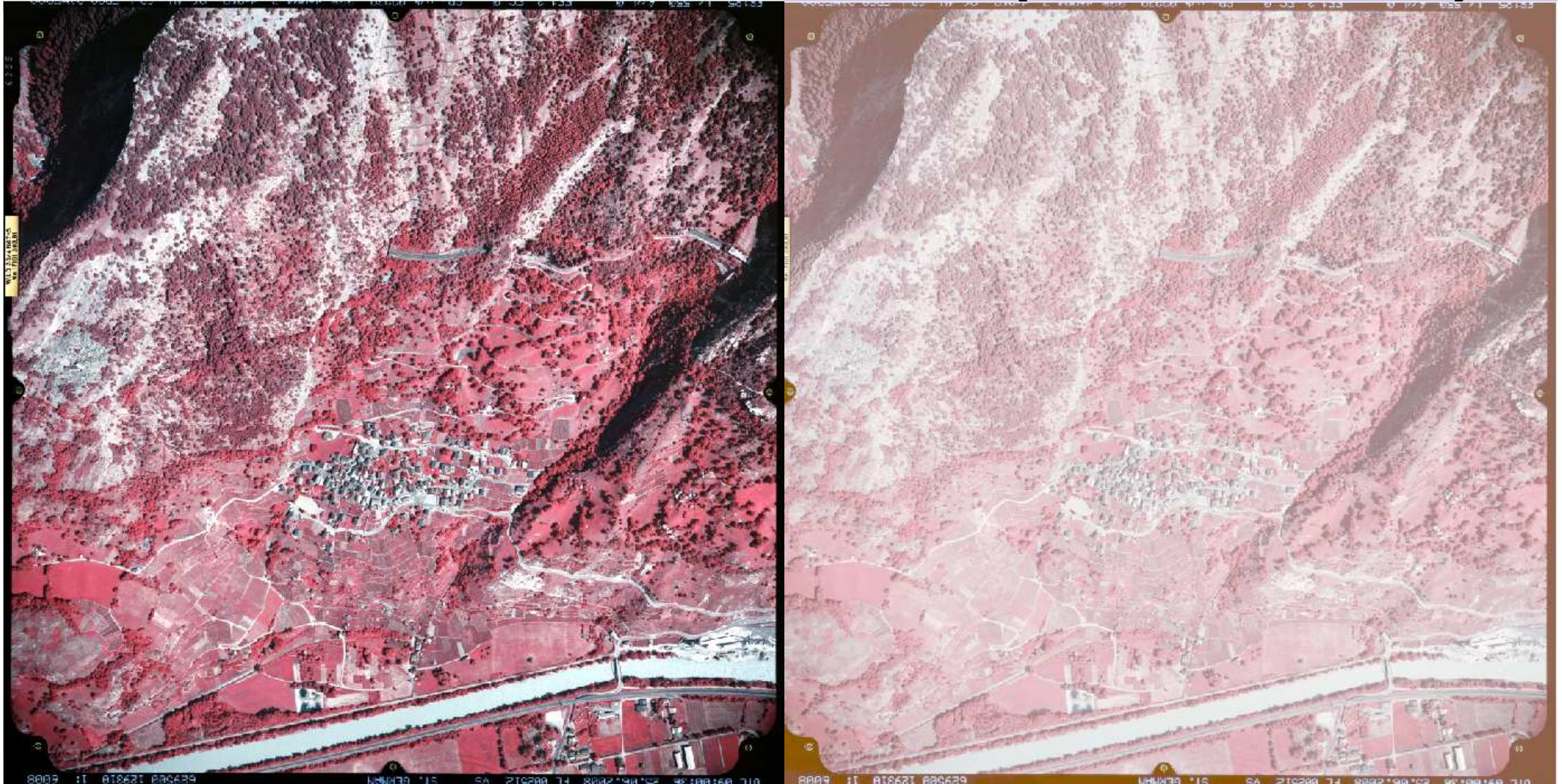


Überlegungen zum Dynamikbereich von digitalen, flächenbasierten Luftbildkmerasystemen vom Testflug Vaihingen/Enz

Prof. ém. Dr. O. Kölbl

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Switzerland

Problematik : Hoher Dynamikbereich Sonnenhang im Wallis: rechts Schattenpartien einsehbar (CIR-auf Film)



2. Juli 2010

Dynamikbereich digitaler Kameras

2

Zeiss RMK Top

Film

Z/I Imaging DMC

Analysierte Kamera- systeme :



UltraCam

VEXCEL



Digicam IGI-
Systems

Definition des Dynamikbereichs einer Kamera

$$DR = 20 * \log (FW/D)$$

DR: Dynamikbereich

FW: Totale Ladungsmenge (FW)

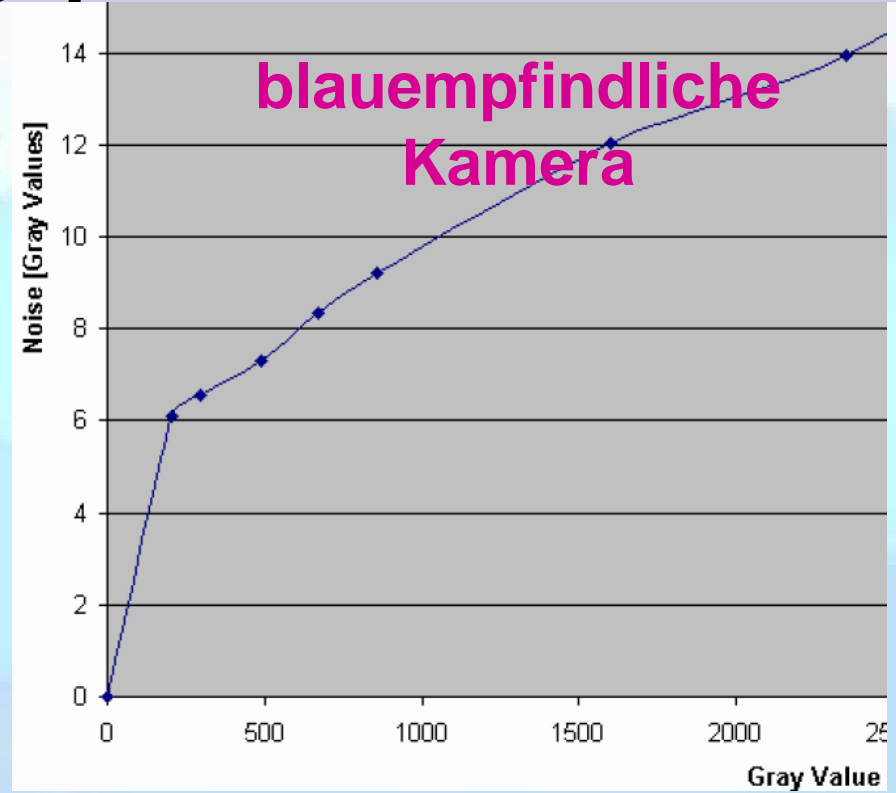
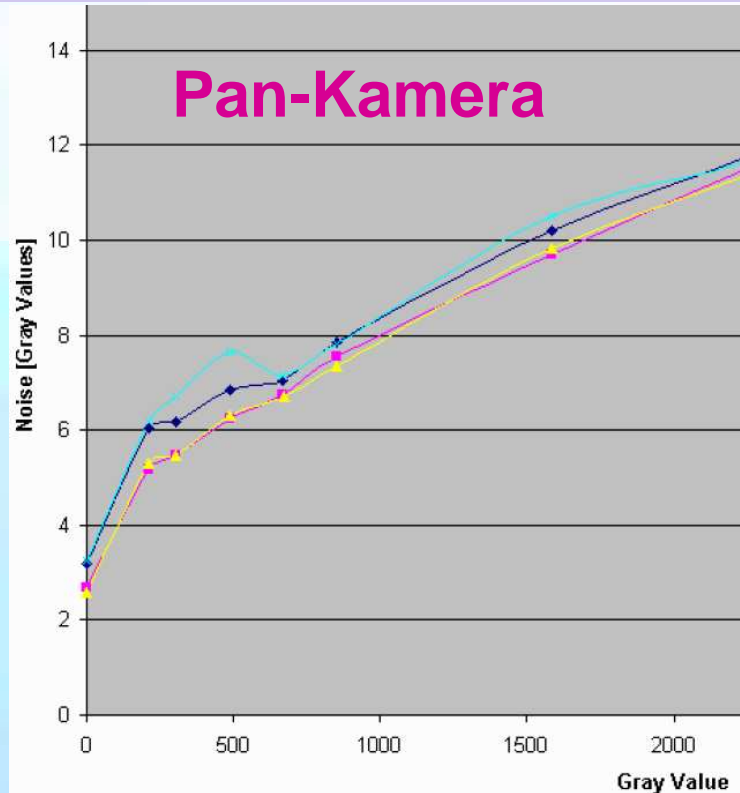
D: generierter Dunkelstrom

Vereinfachung:

$$DR' = FW/D$$

$$DR' = \frac{\text{maximale reg. Lichtmenge}}{\text{minimale reg. Lichtmenge}}$$

Herstellerangaben zum Dynamikbereich: DMC Kalibrierungsprotokoll

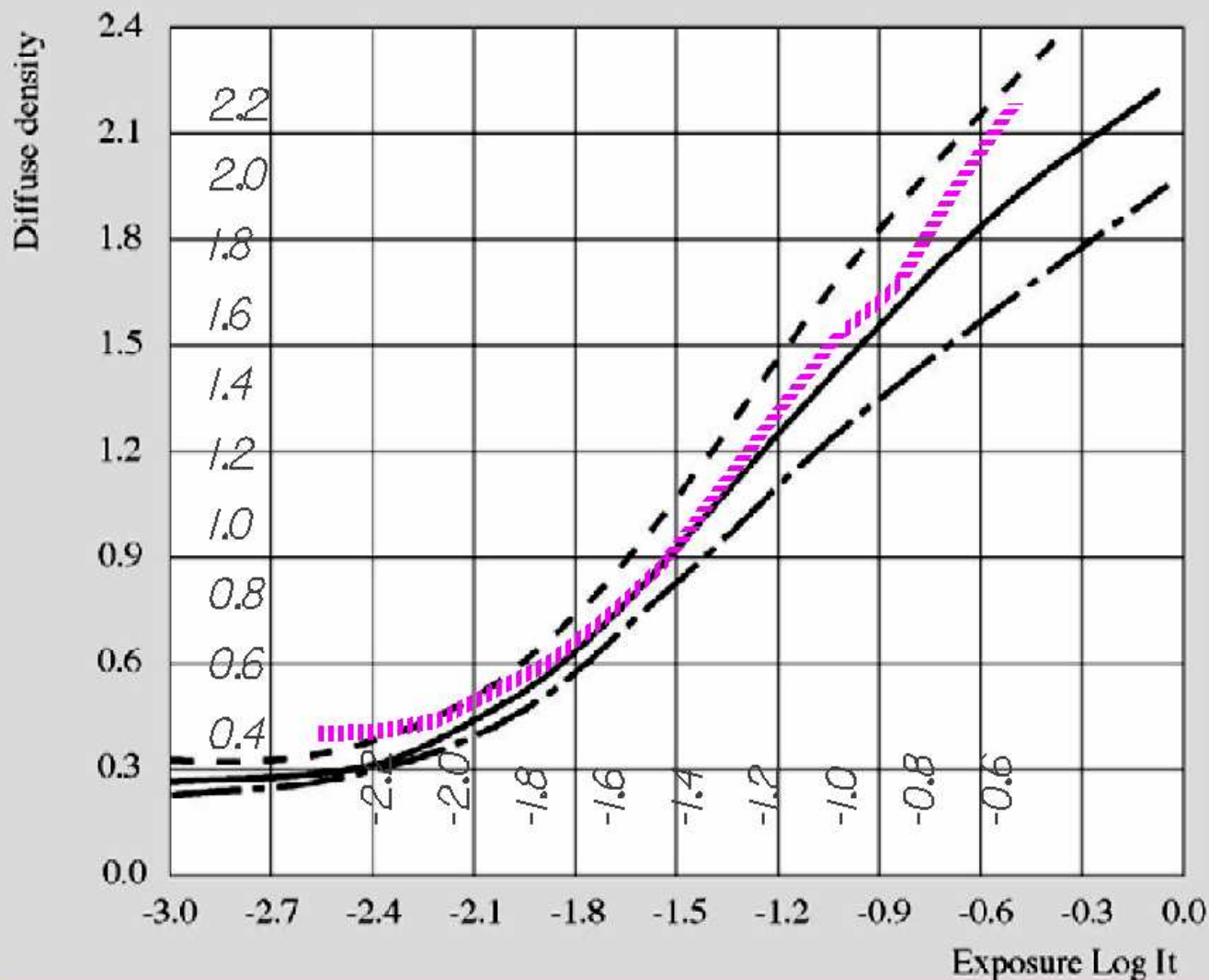


$$DR' \sim 4095/3 = 1365$$

$$DR' \sim 4095/6 = 682$$

ähnliche Werte für UltraCam: Threshold=7600

Filmkamera RMK-Top mit Agfa Negativfilm X100 PE1: Farbdichtefunktion

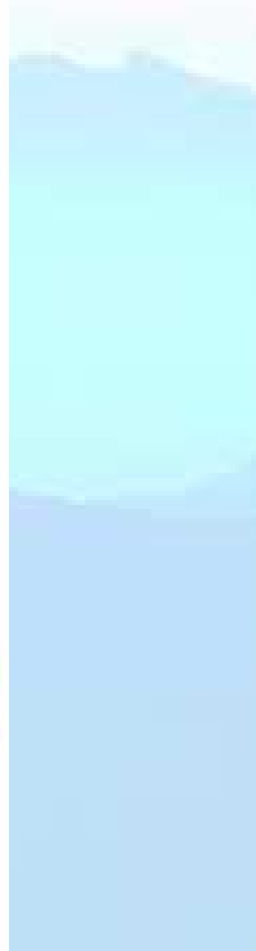


DR' ~ 100

blue - - -
green ———
red - . - .

*Densitometerkontrolle
Gruenkanal*

**Basis für
Kalibrierung**



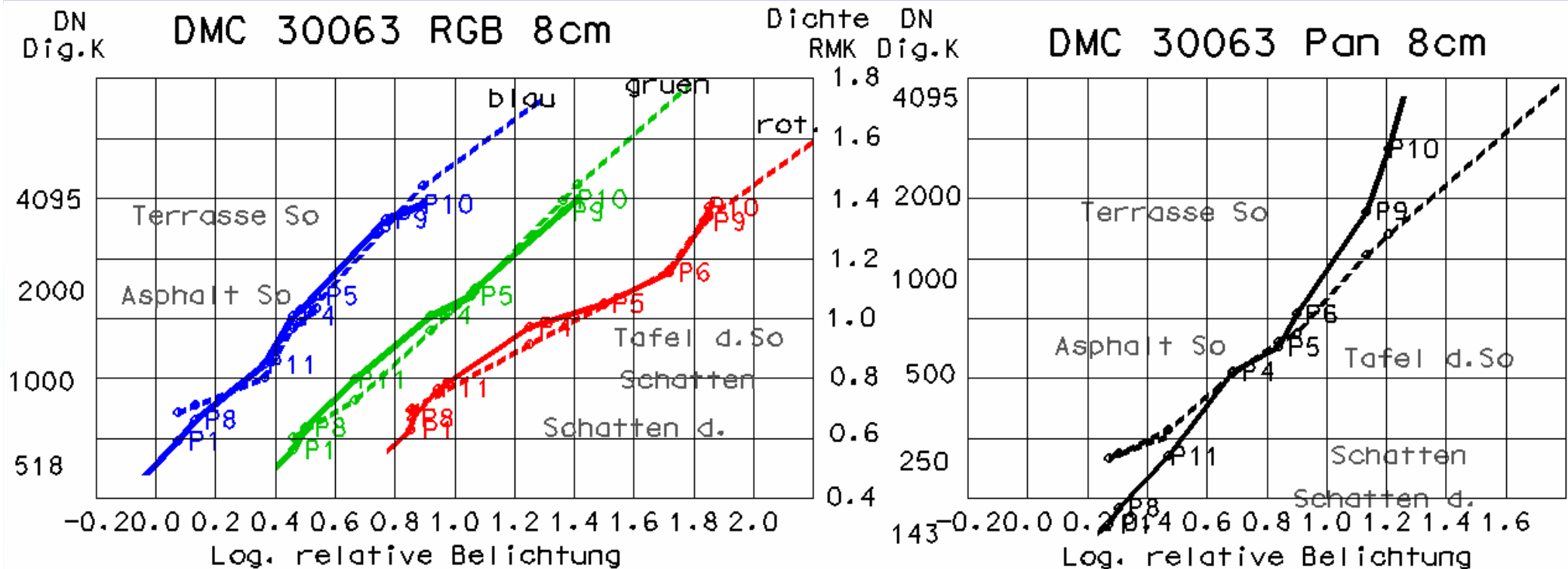
Kontrollmessung von Sensitometer-Streifen am Densitometer



Rückschluss auf die **Leuchtdichte** ausgewählter Objekte am Aufnahme- standpunkt: **RMK-Top** und **DMC**

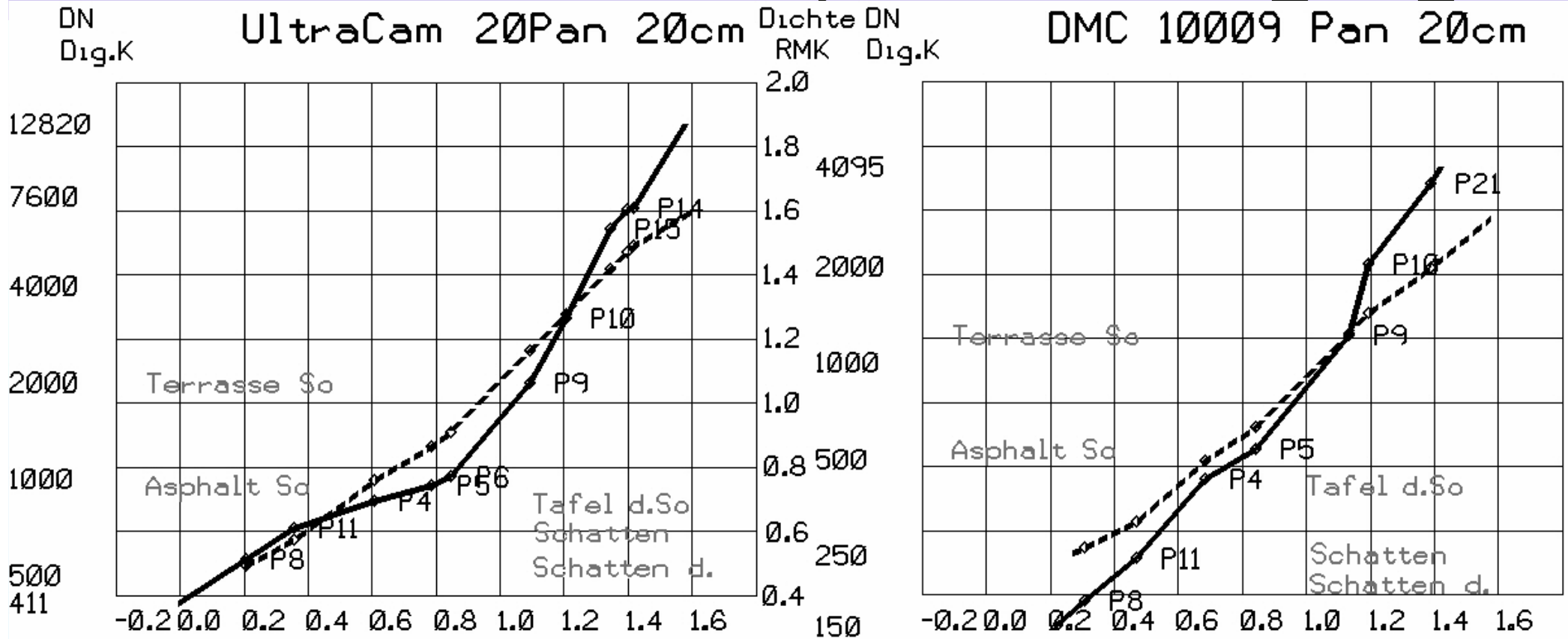
| | | RMK | RMK | Belich- | DMC | DMC |
|-----|------------------|------|--------|--------------|-----------|--------------|
| | | Neg. | Pos. | tung(rel) | Dichte | |
| Nr. | Objekt | DN | Log | Log | Log | DN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| T1 | Extrem DMC | nein | nein | 0.382 | 2.714 | 518 |
| P1 | Extrem RMK | 1729 | 0.603 | 0.460 | 2.776 | 596 |
| P8 | Hof Schatten | 1642 | 0.627 | 0.500 | 2.802 | 634 |
| P4 | Tafel dunkel | 803 | 0.959 | 0.918 | 3.136 | 1368 |
| P5 | Asphalt So | 619 | 1.080 | 1.058 | 3.295 | 1972 |
| P10 | Pflaster So | 282 | 1.445 | 1.410 | 3.601 | 3992 |
| T3 | Extrem DMC | | | 1.418 | 3.612 | 4095 |
| P20 | Hauswand | 137 | 1.781 | 1.726 | überstr. | überstr. |
| | Differenz T2-T10 | RMK: | P20-P1 | 1.266 | DMC T3-T1 | 1.012 |
| | Dynamik T2-T10 | RMK: | | 18.5 | DMC | 10.3 |

Unterschiedliche Gradation der DMC- RGB- und Pan-Bilder



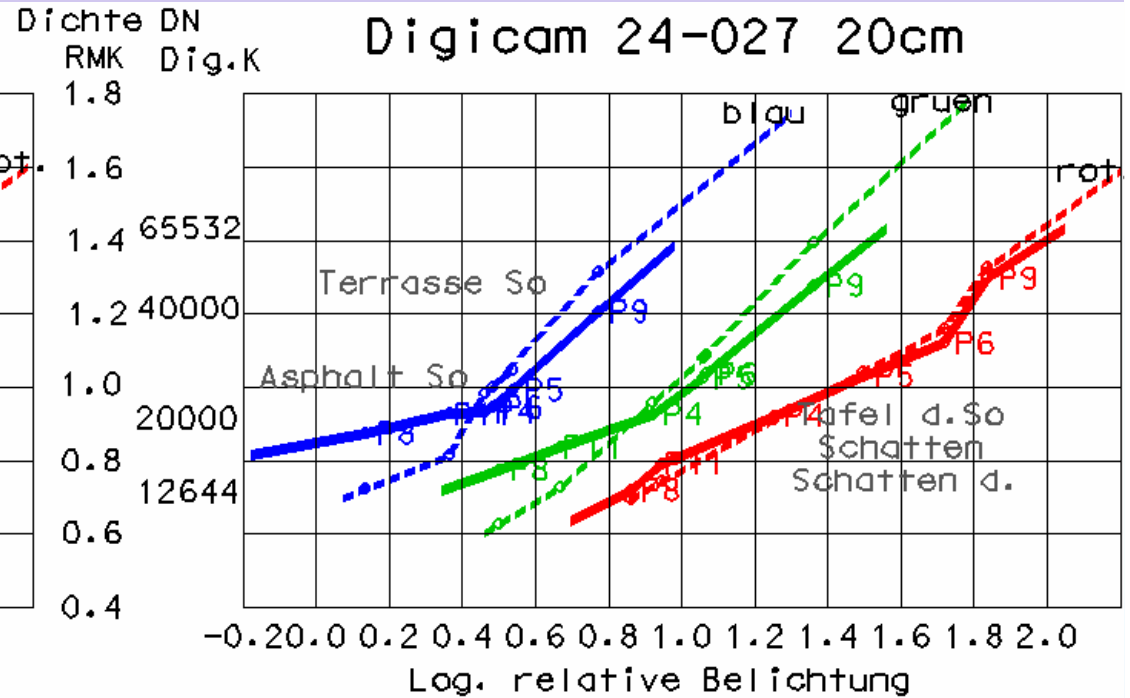
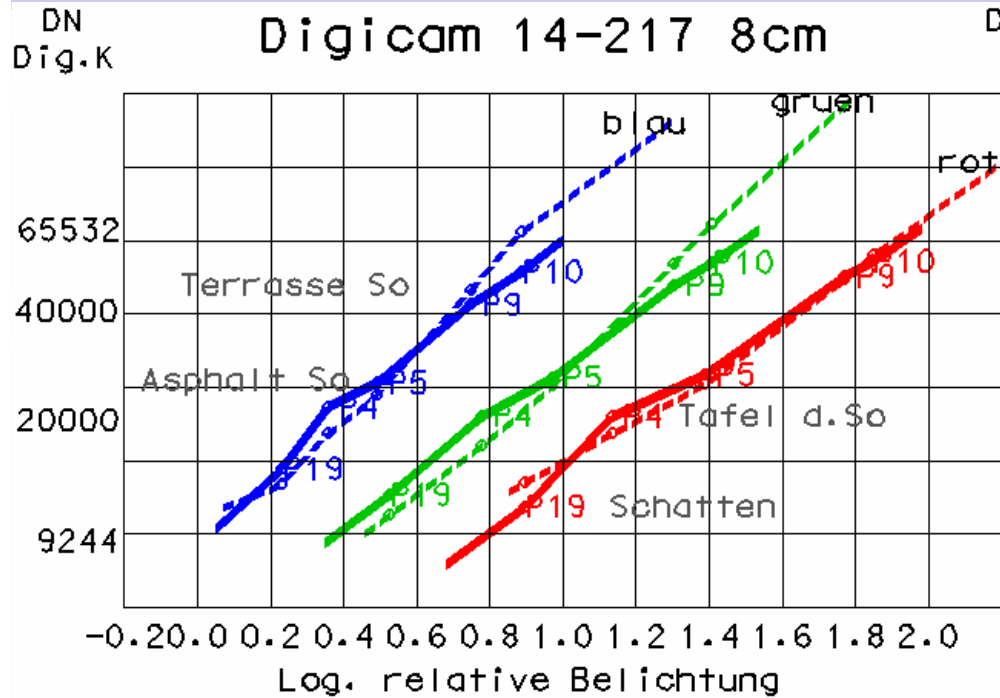
| Kamera | Dynamik Bereich nach Belichtung | | | Dynamik Bereich nach Farbwerte | | | Farbwerte | |
|------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| | rot | grün | blau | rot | grün | blau | grün min | grün max |
| RMK | 22 | 21 | 16 | 8 | 12 | 12 | 1729 | 137 |
| DMC RGB | 12 | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 518 | 4095 |
| DMC pan | | 11 | | | 28 | | 143 | 4095 |

Vergleich Dynamikbereich Ultracam und DMC Pan-Bild, Hochbefliegung



| Kamera | Dynamik Bereich nach Belichtung | | | Dynamik Bereich nach Farbwerte | | | Farbwerte | |
|------------|---------------------------------|---------|------|--------------------------------|------|------|-----------|----------|
| | rot | grün | blau | rot | grün | blau | grün min | grün max |
| RMK "8" | 22 | 21 | 16 | 8 | 12 | 12 | 1729 | 137 |
| DMC pan 20 | | 11(16) | | | 27 | | 150 | 4095 |
| UC pan 20 | | 18 (27) | | | 18 | | 411 | 7600 |

Dynamikbereich der Digicam - Tief- und Hochbefliegung -



| Kamera | Dynamik Bereich nach Belichtung | | | Dynamik Bereich nach Farbwerte | | | Farbwerte | |
|----------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| | rot | grün | blau | rot | grün | blau | grün min | grün max |
| RMK "8" | 22 | 21 | 16 | 8 | 12 | 12 | 1729 | 137 |
| Digicam 8 | 20 | 15 | 9 | 8 | 7 | 6 | 9244 | 65532 |
| Digicam 20 | (22) | (16) | (14) | 6 | 5 | 4 | 12644 | 65532 |

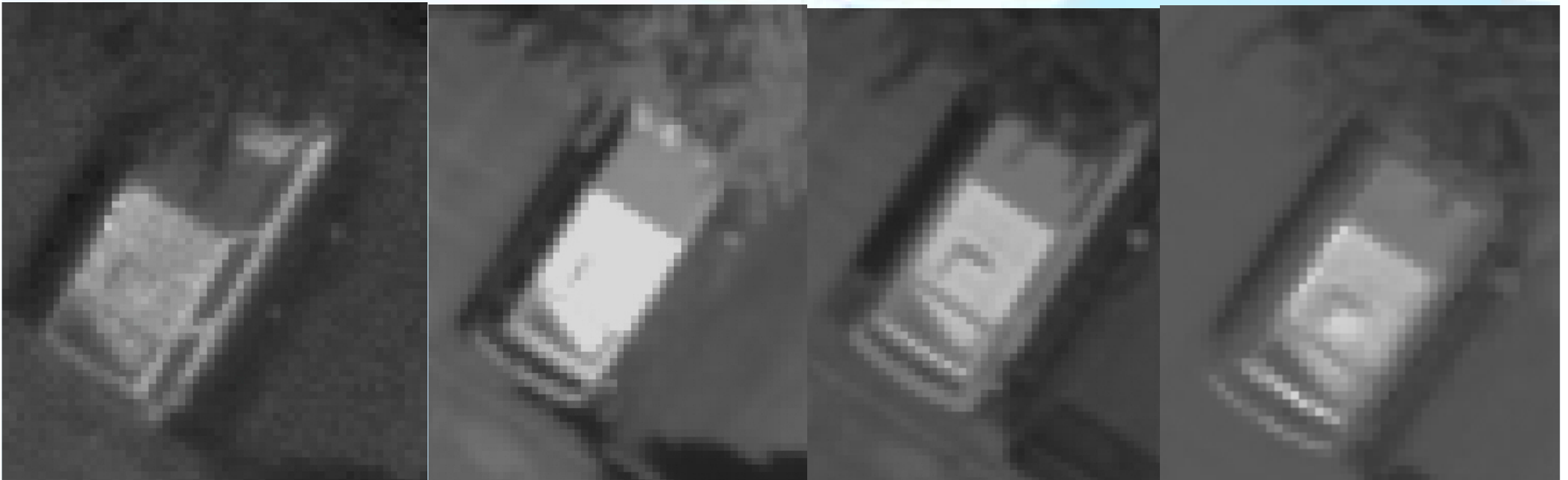
Zusammenfassung des ermittelten Dynamikbereichs

| Kamera | GSD | Dynamik Bereich | | | Dynamik Bereich | | | Farbwerte | |
|----------------|------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| | | nach Belichtung | | | nach Farbwerte | | | grün | grün |
| | | rot | grün | blau | rot | grün | blau | min | max |
| RMK | "8" | 22 | 21 | 16 | 8 | 12 | 12 | 1729 | 137 |
| DMC RGB | 8 | 12 | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 518 | 4095 |
| DMC pan | 8 | | 11 | | | 28 | | 143 | 4095 |
| DMC RGB | 20 | 19 | 11 | 9 | 8 | 9 | 10 | 473 | 4095 |
| DMC pan | 20 | | 16 | | | 27 | | 150 | 4095 |
| UC pan | 20 | | 18 (27) | | | 18 | | 411 | 7600 |
| Digicam | 8 | 20 | 15 | 9 | 8 | 7 | 6 | 9244 | 65532 |
| Digicam | 20 | (22) | (16) | (14) | 6 | 5 | 4 | 12644 | 65532 |

Ist der geringe Dynamikbereich der digitalen Aufnahmesystem logisch?

Ursachen für die Begrenzung des Dynamikbereichs:

1. Sättigung des Sensors im hellen Bereich:



RMK D~1.6;DMC DN=3445, UC DN ~9500;Digi DN ~62'000

Wiedergabe des Aufbaus eines Wohnwagen

Grenzen im Dunkelbereich:

2. Luftlicht im Schattenbereich

**Abhilfe: Hazefilter (Gelb- oder
Orangefilter)**

**d.h. der Pan-Kanal müsste mit einem
Filter ausgestattet werden**

Farbwerte der dunkelsten Bildelemente

| Kamera | GSD | Dynamik Bereich nach Belichtung | | | Dynamik Bereich nach Farbwerte | | | Farbwerte | |
|----------------|------------|------------------------------------|----------------|-------------|-----------------------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| | | rot | grün | blau | rot | grün | blau | grün min | grün max |
| | | | | | | | | | |
| RMK | "8" | 22 | 21 | 16 | 8 | 12 | 12 | 1729 | 137 |
| DMC RGB | 8 | 12 | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 518 | 4095 |
| DMC pan | 8 | | 11 | | | 28 | | 143 | 4095 |
| DMC RGB | 20 | 19 | 11 | 9 | 8 | 9 | 10 | 473 | 4095 |
| DMC pan | 20 | | 16 | | | 27 | | 150 | 4095 |
| UC pan | 20 | | 18 (27) | | | 18 | | 411 | 7600 |
| Digicam | 8 | 20 | 15 | 9 | 8 | 7 | 6 | 9244 | 65532 |
| Digicam | 20 | (22) | (16) | (14) | 6 | 5 | 4 | 12644 | 65532 |

Wurden die digitalen Aufnahmen nicht stark überbelichtet?

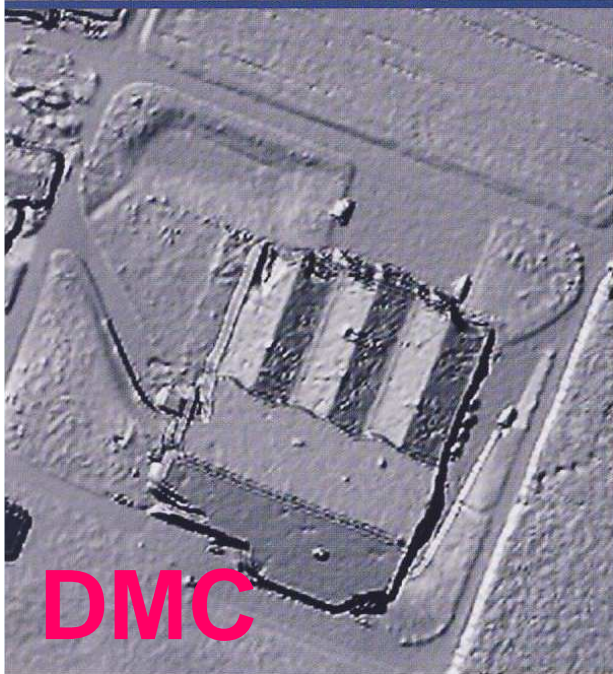
Eindeutiger Vorteil der dig. Aufnahmen: geringes Rauschen + hohe Bildschärfe



Links DMC

rechts RMK-Top

„schwarzes Auto im Schatten“



Höhenmodelle aus digitalen Aufnahmen

DFG

ALS-LiDAR

DMC

RMK

**Verminderte
DTM Qualität bei
RMK wegen
größerem
Rauschen**

Schlussfolgerungen

**Der Dynamikbereich dig. Aufnahmen am Beispiel
Vaihingen/Enz ist eher kleiner als bei
Filmaufnahmen**

Wohl aber ist das Rauschen wesentlich geringer

- **Warum wurde das Hazefilter vergessen?**
- **Mögliche Empfehlung für eine bessere
Ausnutzung des verfügbaren Dynamikbereichs:
„Unterbelichten“**