

LASER  
SCAN  
HESSEN

## Fernerkundung 2

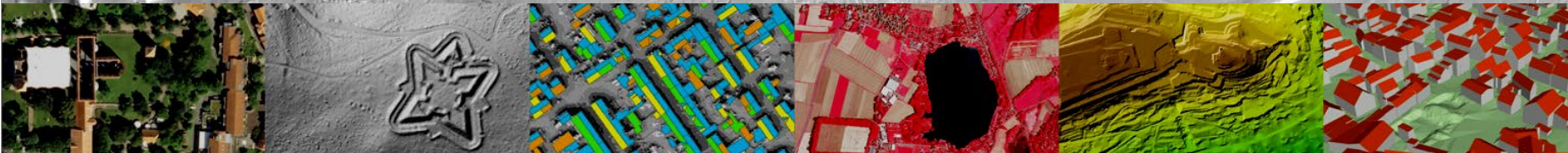
### Eigenschaften der Bild-/Fernerkundungsdaten sowie Orthophotos

- Luftbilder
- orientierte Luftbilder
- True-/Orthophotos
- Farbtiefe
- Datenformate

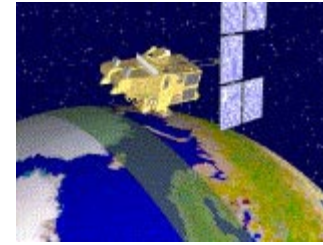
GEOMATIKER AUSBILDUNG

Stand: 2026

Thomas Lesch



# Was ist Fernerkundung?



## #ChatGPT



Fernerkundung ist die Erfassung von Informationen über Objekte oder Phänomene auf der Erdoberfläche aus der Ferne, ohne direkten physischen Kontakt. Dies wird oft mithilfe von Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen durchgeführt, um Daten über Umweltbedingungen, Landnutzung, Wetter oder andere geografische Merkmale zu sammeln.

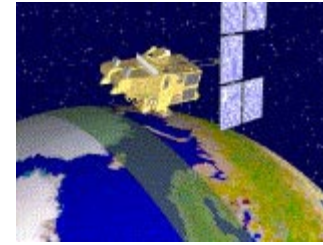
## #GDI-BMEL



Fernerkundung bezeichnet die Methode, wie insbesondere aus großer Entfernung verschiedene Parameter eines Gegenstandes oder eines Stoffes gemessen werden können. Dafür werden z. B. Satelliten, Flugzeuge und Drohnen genutzt. Sie können im All, in großer oder geringerer Höhe eingesetzt werden. Die Satelliten, Flugzeuge oder Drohnen haben speziell entwickelte Sensoren, die die Landoberfläche, die Ozeane und die Atmosphäre analysieren. Die Sensoren können auch Veränderungen der Landoberfläche und Atmosphäre erfassen.



# Was ist Fernerkundung?



*Fernerkundung* ist die Gesamtheit der Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Erdoberfläche oder anderer nicht direkt zugänglicher Objekte durch Messung und Interpretation der von ihr ausgehenden (Energie-)Felder.

Im Gegensatz zu anderen Erfassungsmethoden, die den direkten Zugang zum Objekt erfordern, versteht man unter Fernerkundung die *berührungsfreie Erkundung von Objekten bzw. der Erdoberfläche* einschließlich der Erdatmosphäre. Eine berührungsfreie Beobachtung wird zum Beispiel durch *flugzeuggetragene* oder *satellitengetragene Sensoren* ermöglicht. Es kommen aber auch *Drohnen* und *Ballons* als Plattform zum Einsatz. Auch *terrestrische* und *mobile Systeme* werden heutzutage oft angewandt.

Bei der Fernerkundung finden *passive* oder *aktive Systeme* Verwendung, wobei weite Bereiche des *elektromagnetischen Spektrums* ausgewertet werden können. Passive Systeme zeichnen die von der Erdoberfläche reflektierte Sonnenstrahlung auf (z.B. *Multispektralscanner*) sowie die von der Erdoberfläche emittierte Eigenstrahlung (zum Beispiel *Wärmebildkamera*). Im Gegensatz dazu senden aktive Systeme *Mikrowellen- oder Laserstrahlen* aus und empfangen deren reflektierte Anteile (z.B. *Radarsysteme*).

Der Fernerkundung zugeordnet sind Photogrammetrie und Satellitengeodäsie.



# Das Bildflugprogramm in Hessen

## OLB20, bDOM20 und TrueDOP20 nach AdV-Standard



**Jahrgänge gerade**  
(2024, 2026, 2028, ...)  
je ½ Landesfläche

Orientierte Luftbilder,  
bDOM20 & TrueDOP20  
nach AdV-Standard



**Jahrgänge ungerade**  
(2023, 2025, 2027, ...)  
je ½ Landesfläche

Orientierte Luftbilder,  
bDOM20 & TrueDOP20  
nach AdV-Standard

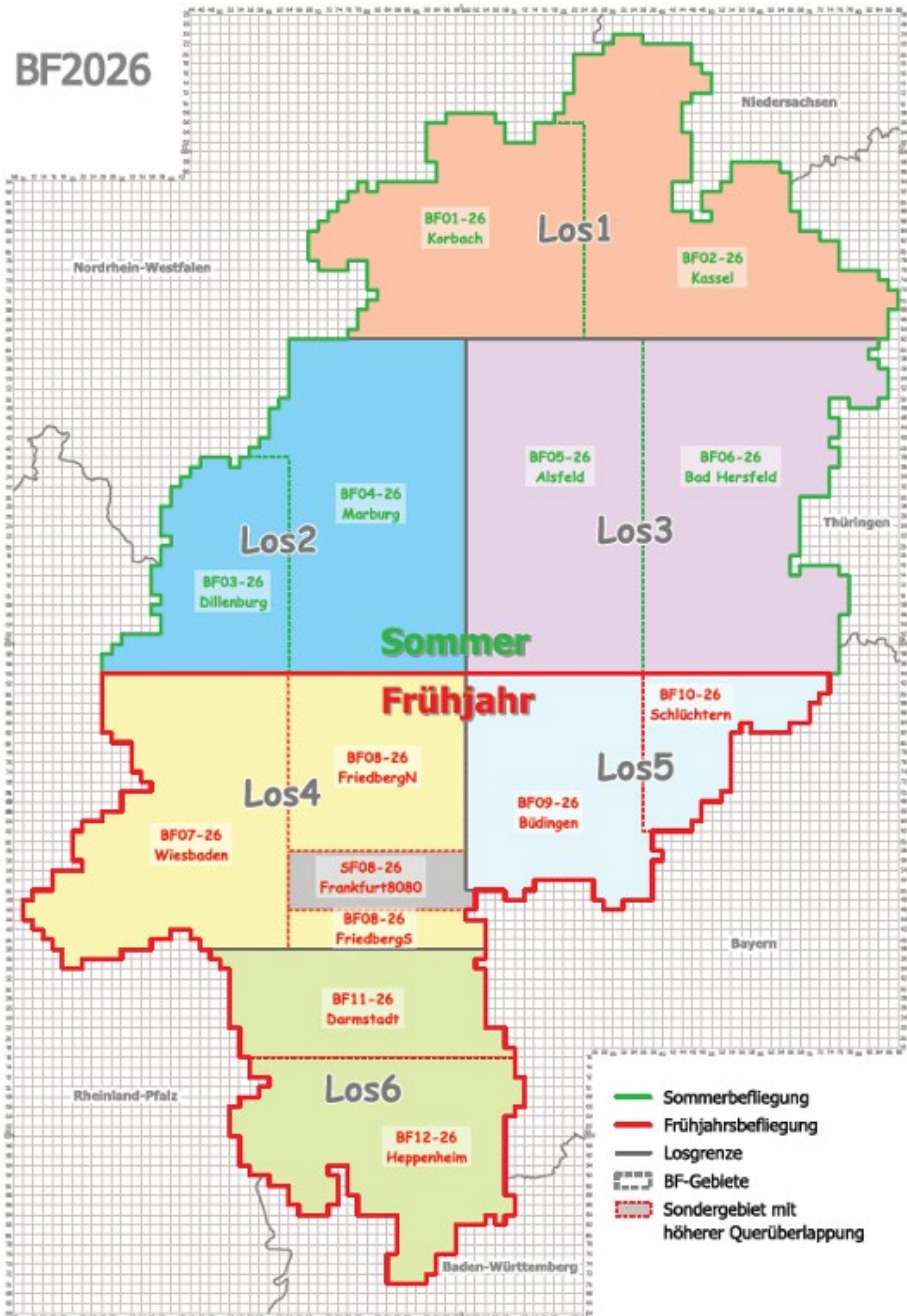
Nord – Süd  
im jährlichen Wechsel



# Das Bildflugprogramm (hier Beispiel: 2026) für OLB20, bDOM20, TrueDOP20 sowie qTrueDOP20

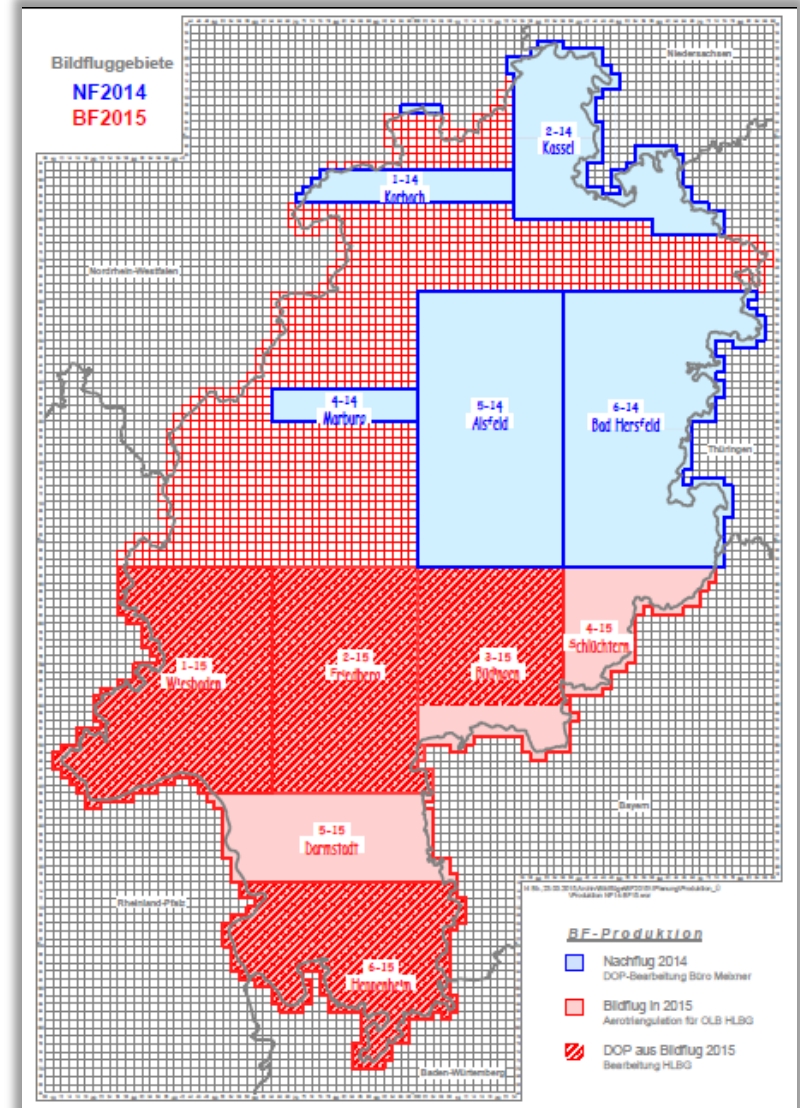
Das HLBG lässt jährlich die halbe Landesfläche als Sommerbefliegung mit 4-Kanal-Luftbildern erfassen. Daraus werden Orientierte Luftbilder (OLB) und Digitale Orthophotos (DOP) der Qualitätsstufe TrueDOP sowie bildbasierte Oberflächenmodelle (bDOM) nach AdV-Standard abgeleitet.

Im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung mit dem Hessischen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat wird, seit 2023, jährlich die jeweils andere Landeshälfte im Frühjahr befliegen, um daraus sogenannte q(quick)TrueDOP (ohne Ausgleichung durch Aerotriangulation und weiteren Qualitätssicherungsmaßnahmen gemäß AdV-Anforderungen) abzuleiten, die für Zwecke des Monitorings im Rahmen des InVeKoS genutzt werden. Diese Daten werden Inspire-konform als WMS-Dienst bereitgestellt.

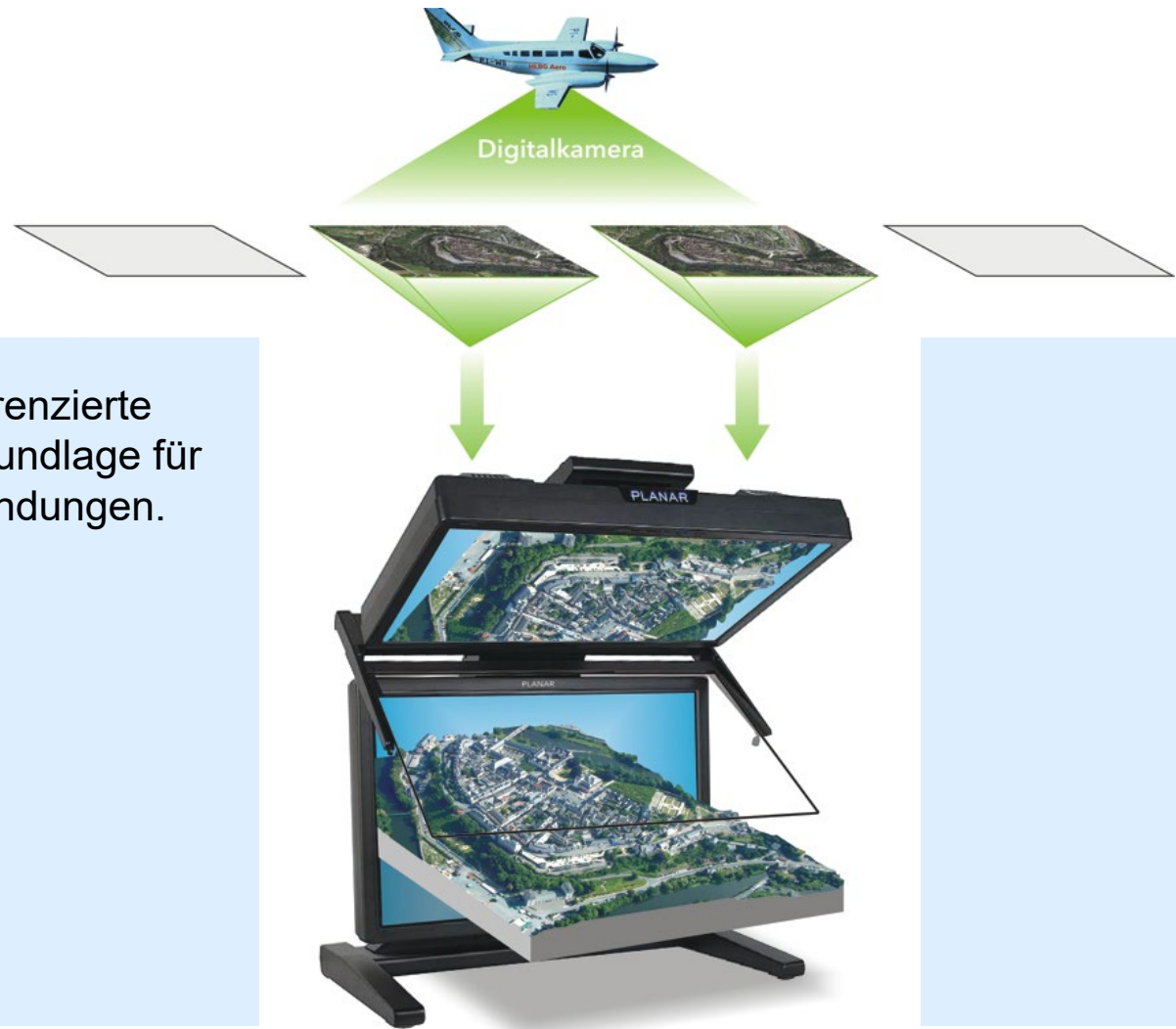


# Beispiel Befliegungen 2015

Aufgrund der mageren **Befliegung** im Jahr 2014 stand **2015** ein umfangreiches Bildflugprogramm an. Beflogen wurden die farbig (rot) hinterlegten Gebiete der südlichen Landeshälfte, sowie die **Nachbefliegung 2014** der nördlichen Landeshälfte (blau), wobei die DOP20 für die Lose Wiesbaden, Friedberg, Heppenheim und Teile von Büdingen im HLBG produziert werden.



# Orientierte Luftbilder



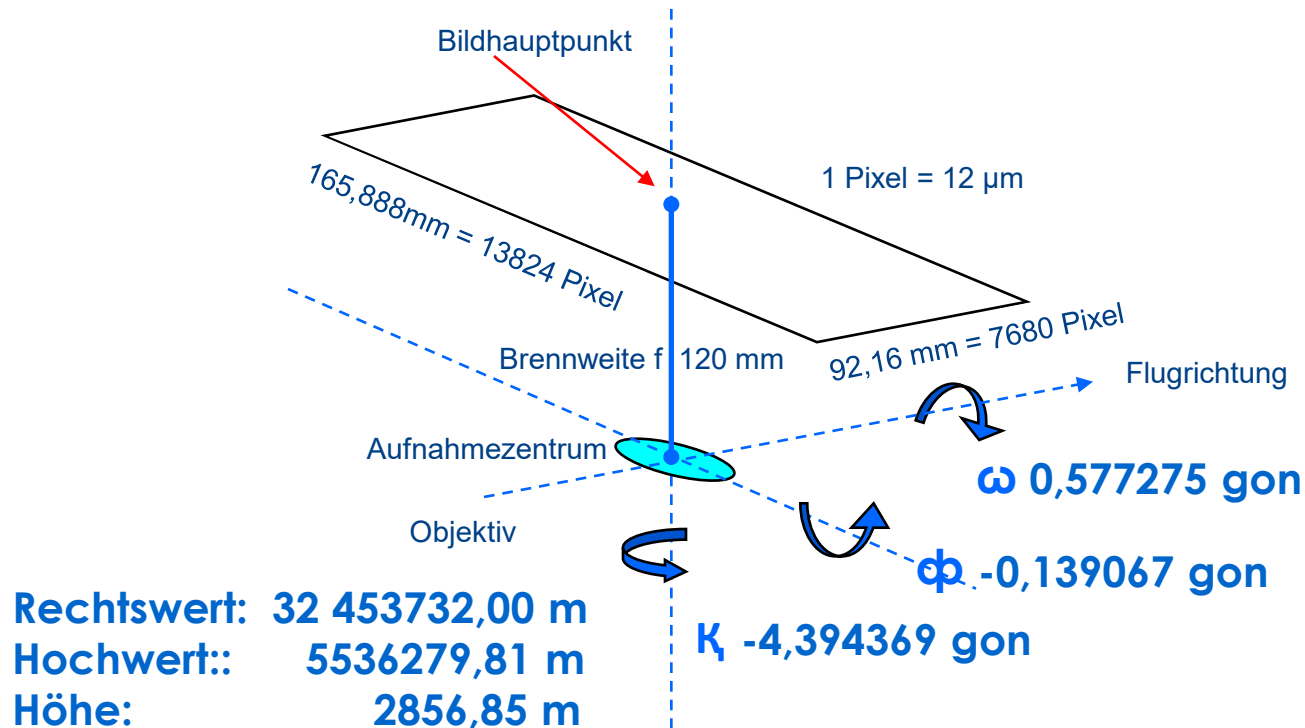
Digitale georeferenzierte  
Luftbilder als Grundlage für  
räumliche Anwendungen.



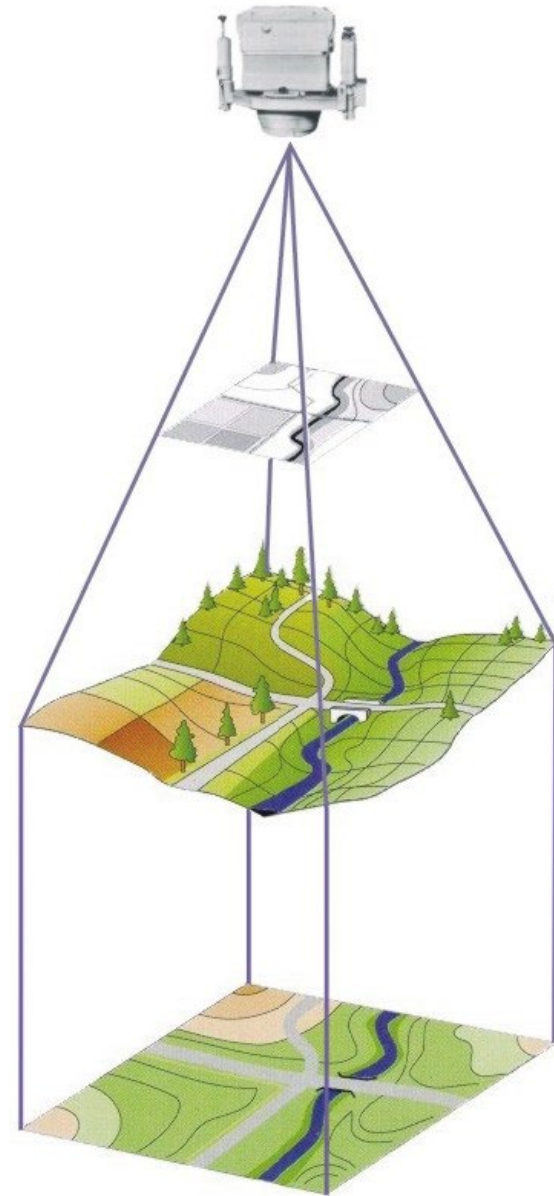
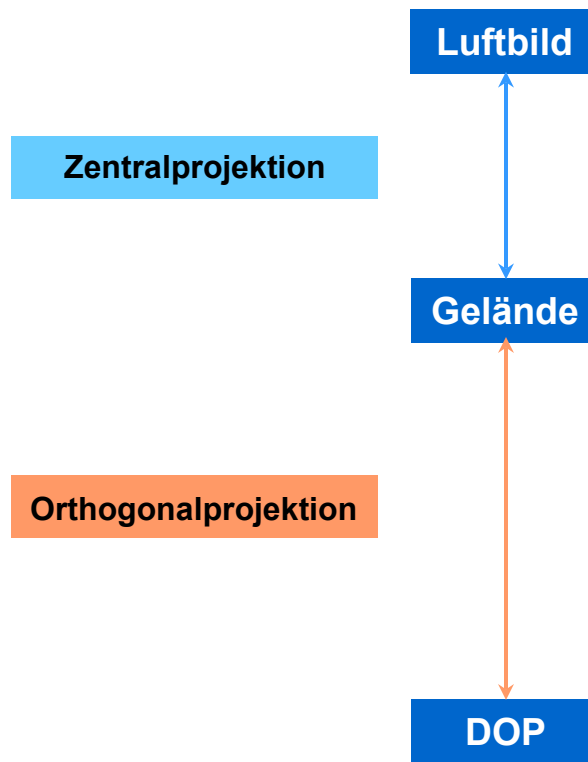
# Orientierte Luftbilder - Orientierungsparameter

## Aerotriangulation mit *DGPS*- und *IMU*-Georeferenzierung

je 6 Orientierungselemente für ca. 10.000 - 20.000 Luftbilder pro Jahr mit höchster Genauigkeit



# Orthophotos (DOP)



# Orthophotos (analog, analytisch, digital)

Die Herstellung von Orthophotos hat sich historisch entwickelt von der

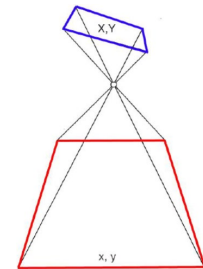
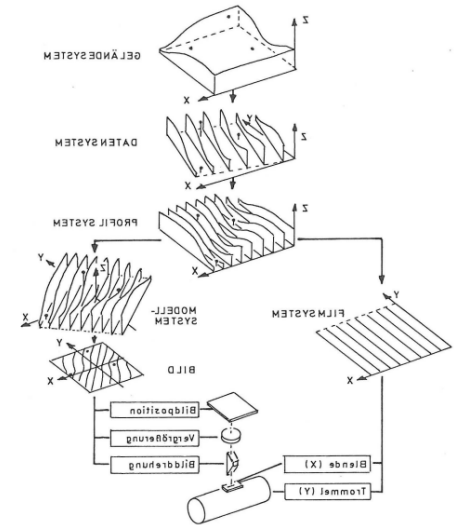
- **analogen Orthoprojektion** (einem mechanisch-optischen Verfahren)
  - Beispiel: Orthoprojektor GZ1 von Zeiss
  - Ergebnisbild = analoges Orthophoto

über die

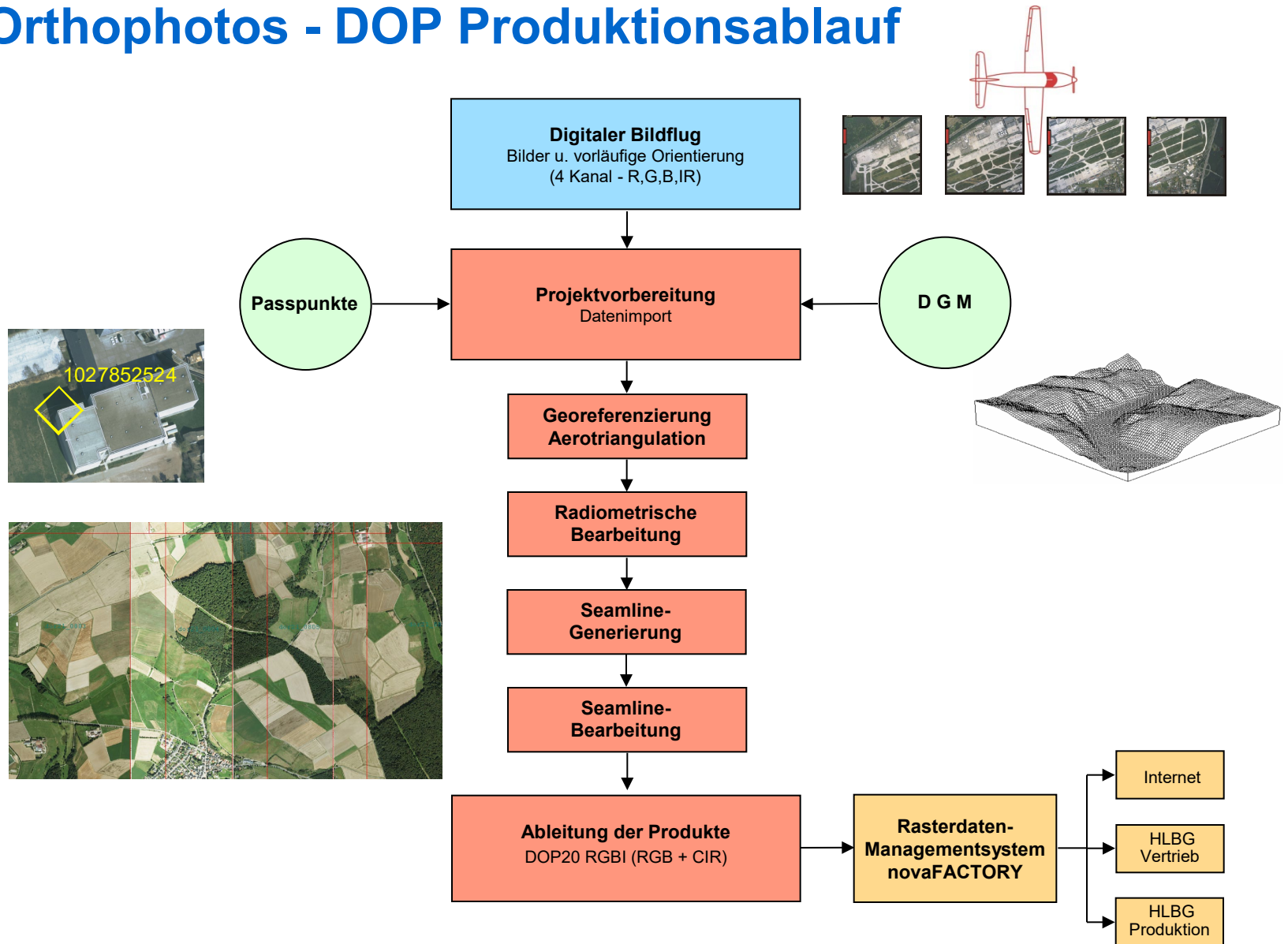
- **analytische Orthoprojektion** (einem rechnerisch-optischen Verfahren)
  - Beispiele: OR1 von Wild, Orthocomp Z2 von Zeiss
  - Ergebnisbild = analoges Orthophoto

hin zur

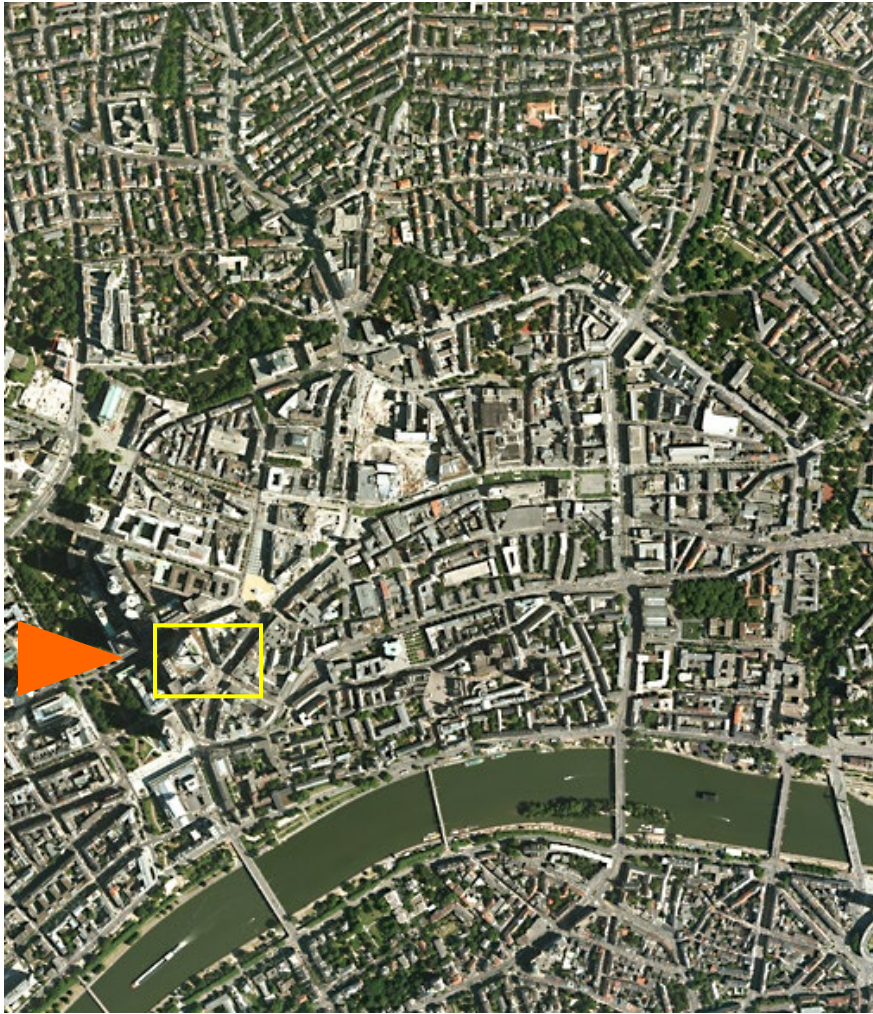
- **digitalen Orthophotoherstellung** (einem rein rechnerischen Verfahren)
  - Ergebnisbild = digitales Orthophoto



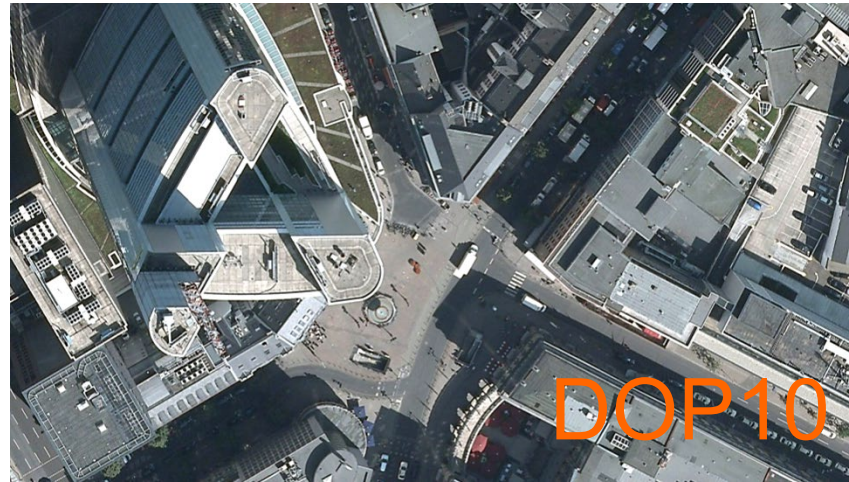
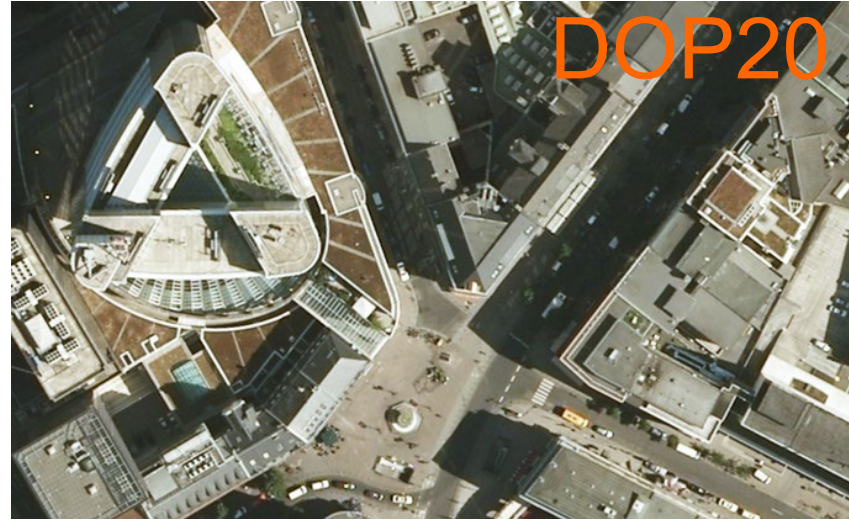
# Orthophotos - DOP Produktionsablauf



# DOP - Bildbeispiele



Frankfurt am Main

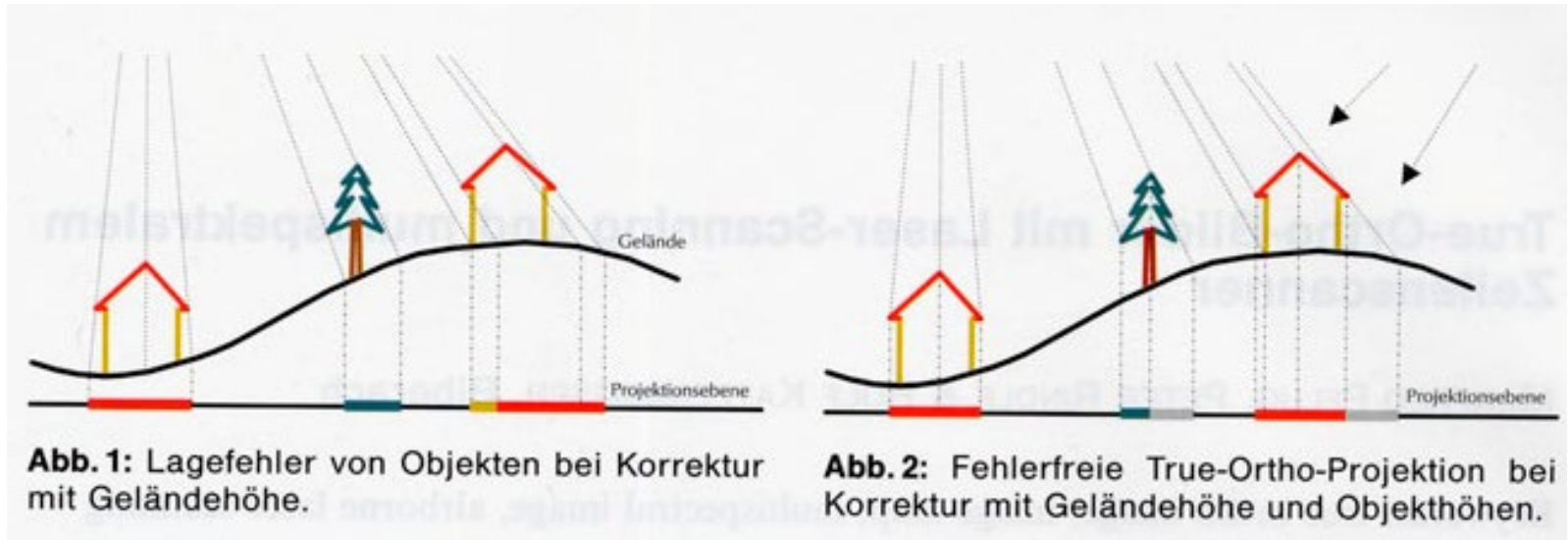


# Orthophotos – Preise vor Open Data

<b>Entgelte</b>	
<b>Landschaftsfläche</b>	<b>€ je km<sup>2</sup></b>
	<b>DOP10 / 0,1 m Bodenauflösung</b>
1 km <sup>2</sup> bis 500 km <sup>2</sup>	60,00
501 km <sup>2</sup> bis 5 000 km <sup>2</sup>	30,00
5 001 km <sup>2</sup> bis 25 000 km <sup>2</sup>	15,00
	<b>DOP20 / 0,2 m Bodenauflösung</b>
1 km <sup>2</sup> bis 500 km <sup>2</sup>	9,00 (Mindestgebühr 50€)
501 km <sup>2</sup> bis 5 000 km <sup>2</sup>	4,50
5 001 km <sup>2</sup> bis 25 000 km <sup>2</sup>	2,25
	<b>DOP40 / 0,4 m Bodenauflösung</b>
1 km <sup>2</sup> bis 500 km <sup>2</sup>	6,00 (Mindestgebühr 50€)
501 km <sup>2</sup> bis 5 000 km <sup>2</sup>	3,00
5 001 km <sup>2</sup> bis 25 000 km <sup>2</sup>	1,50



# True-Orthophoto - Prinzip

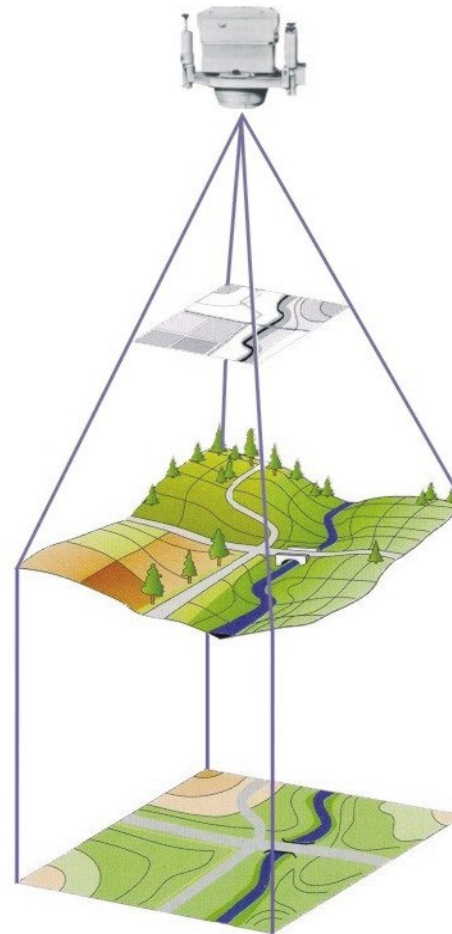
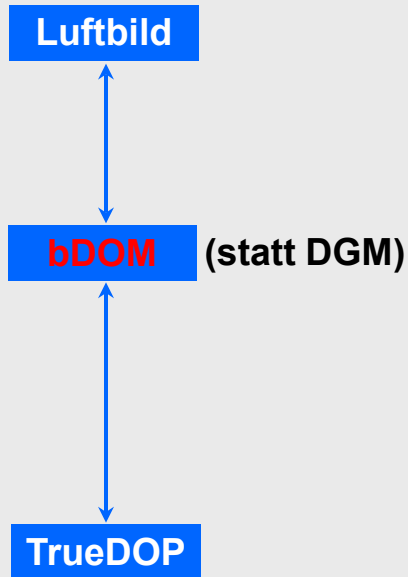


Das Prinzip der Korrektur des Lagefehlers bei einer True-Orthophoto-Herstellung



# True-Orthophoto - Herstellung

Rechnerische Entzerrung von Luftbildern mit Hilfe des DOM zu Digitalen Orthophotos (DOP)



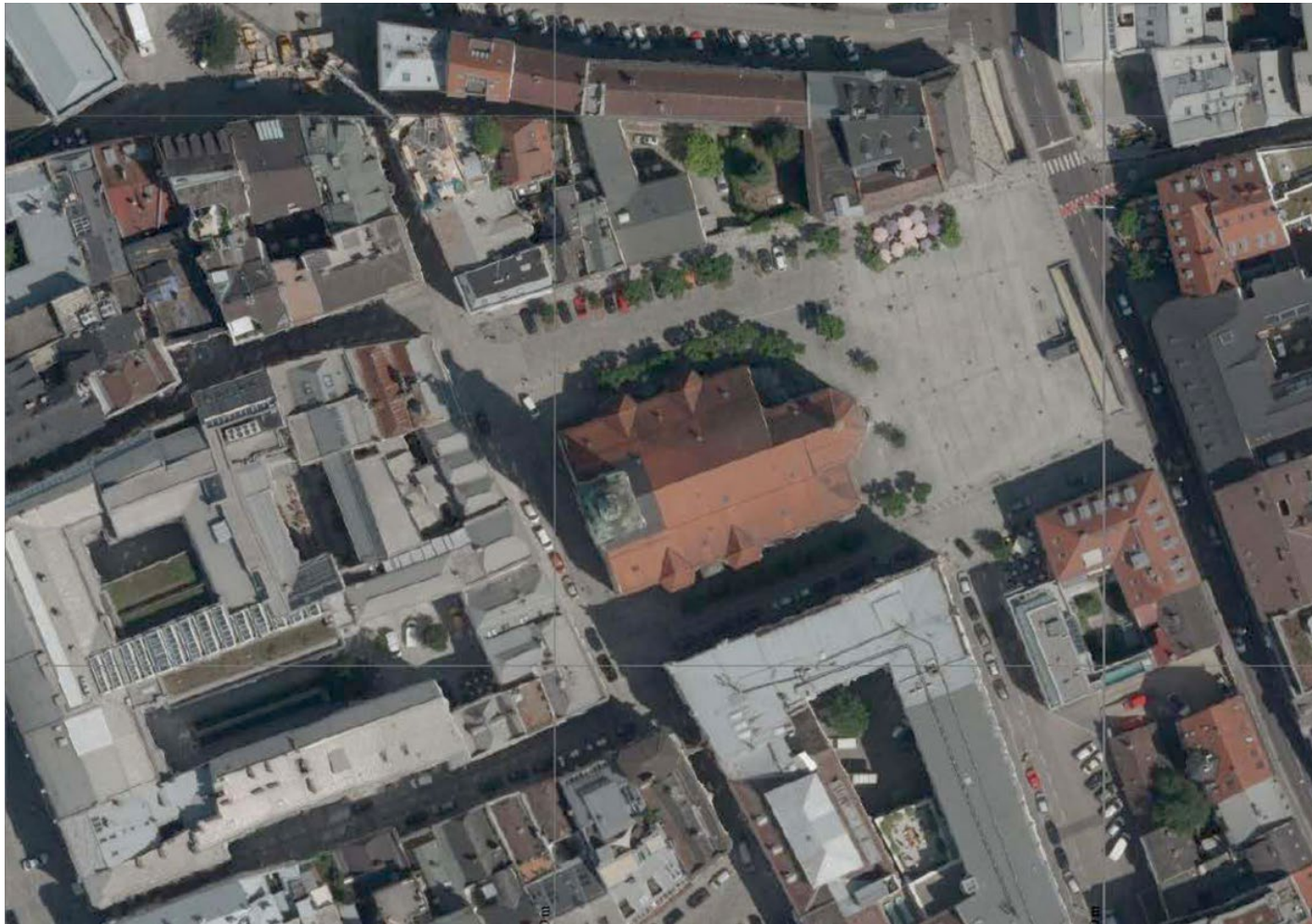
# True-Orthophoto – Beispiel



Konventionelle Orthophotodarstellung



# True-Orthophoto – Beispiel

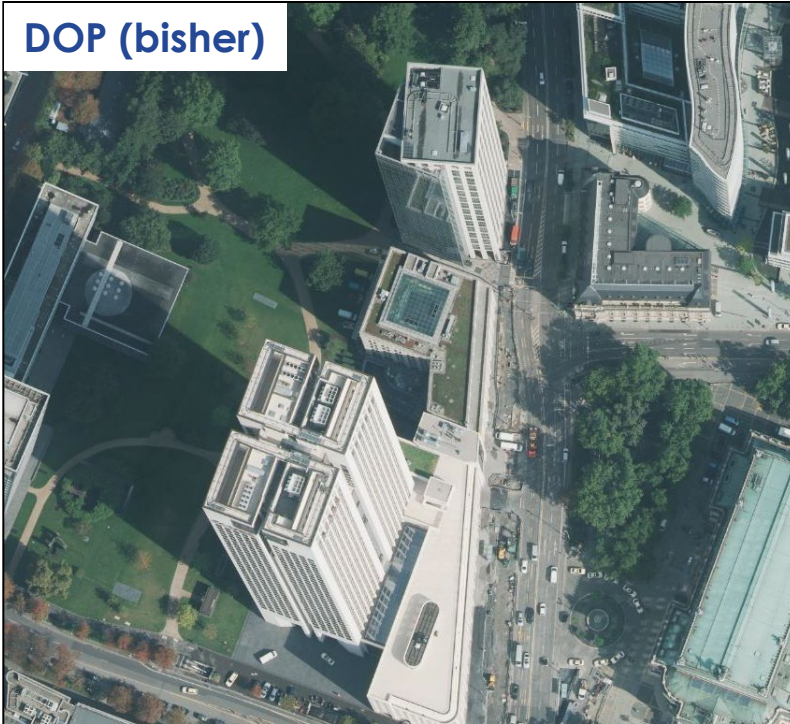


True-Orthophoto

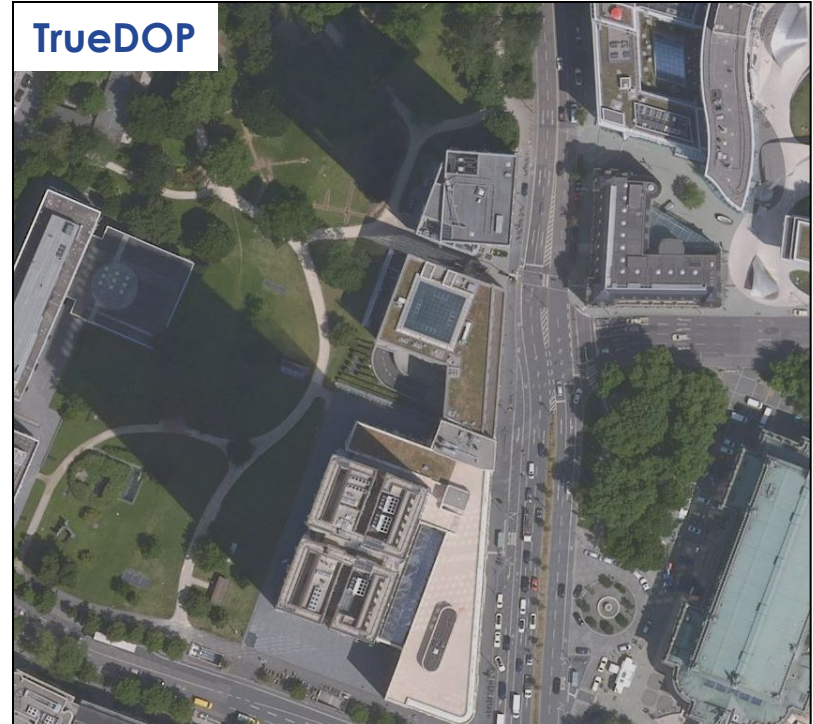


# True-Orthophoto – Beispiel Frankfurt am Main

DOP (bisher)



TrueDOP

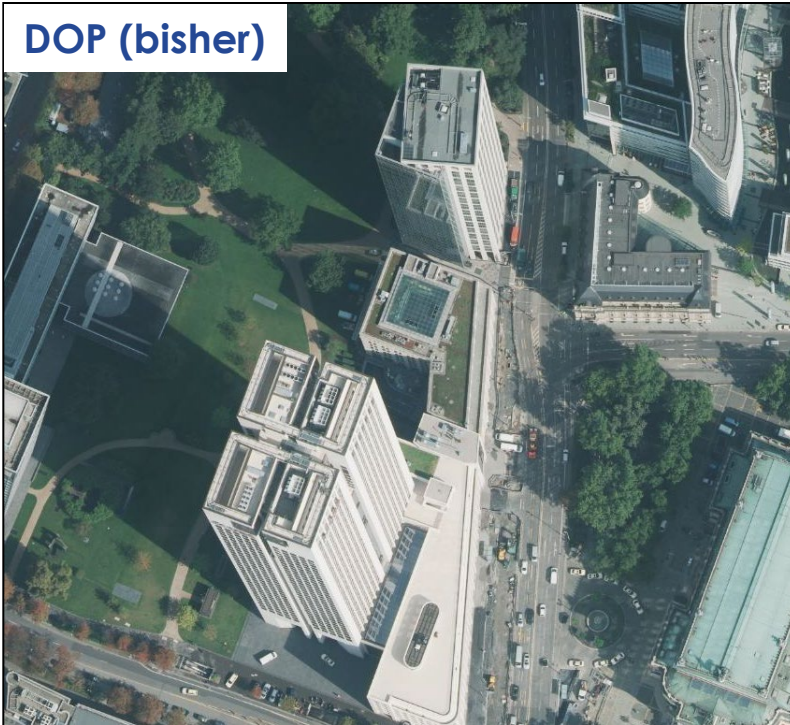


**Keine Umklappeneffekte (Verkippungen)**

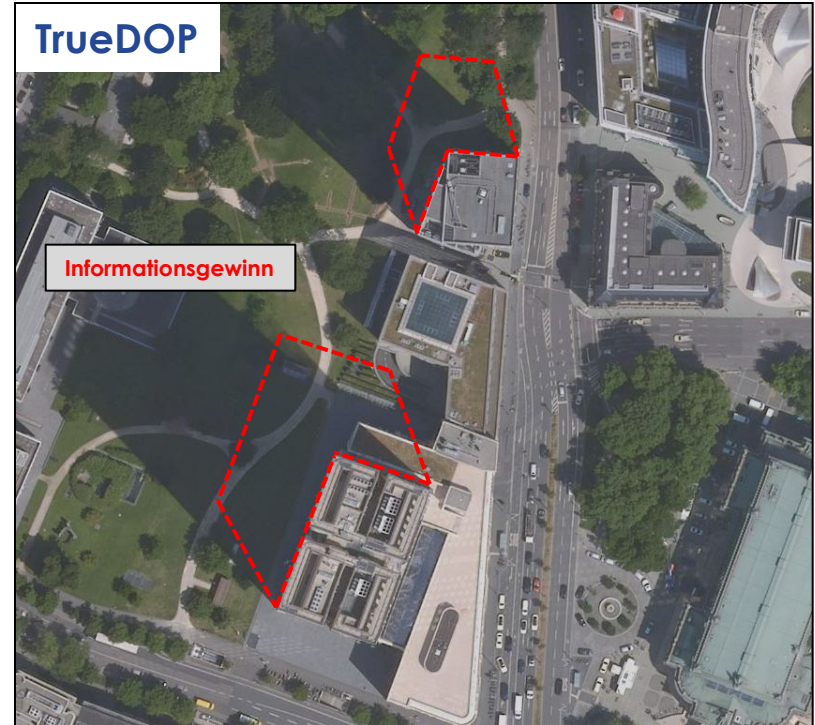


# True-Orthophoto – Beispiel Frankfurt am Main

DOP (bisher)



TrueDOP



**Keine Umklappeneffekte (Verkippungen)  
dadurch Informationsgewinn**



# True Orthophoto - Beispiel: Gebäude am Bildrand

DOP (bisher)



TrueDOP



**Keine Umklappeffekte (Verkippungen)  
am Bildrand / Bildfluggebietsgrenze**



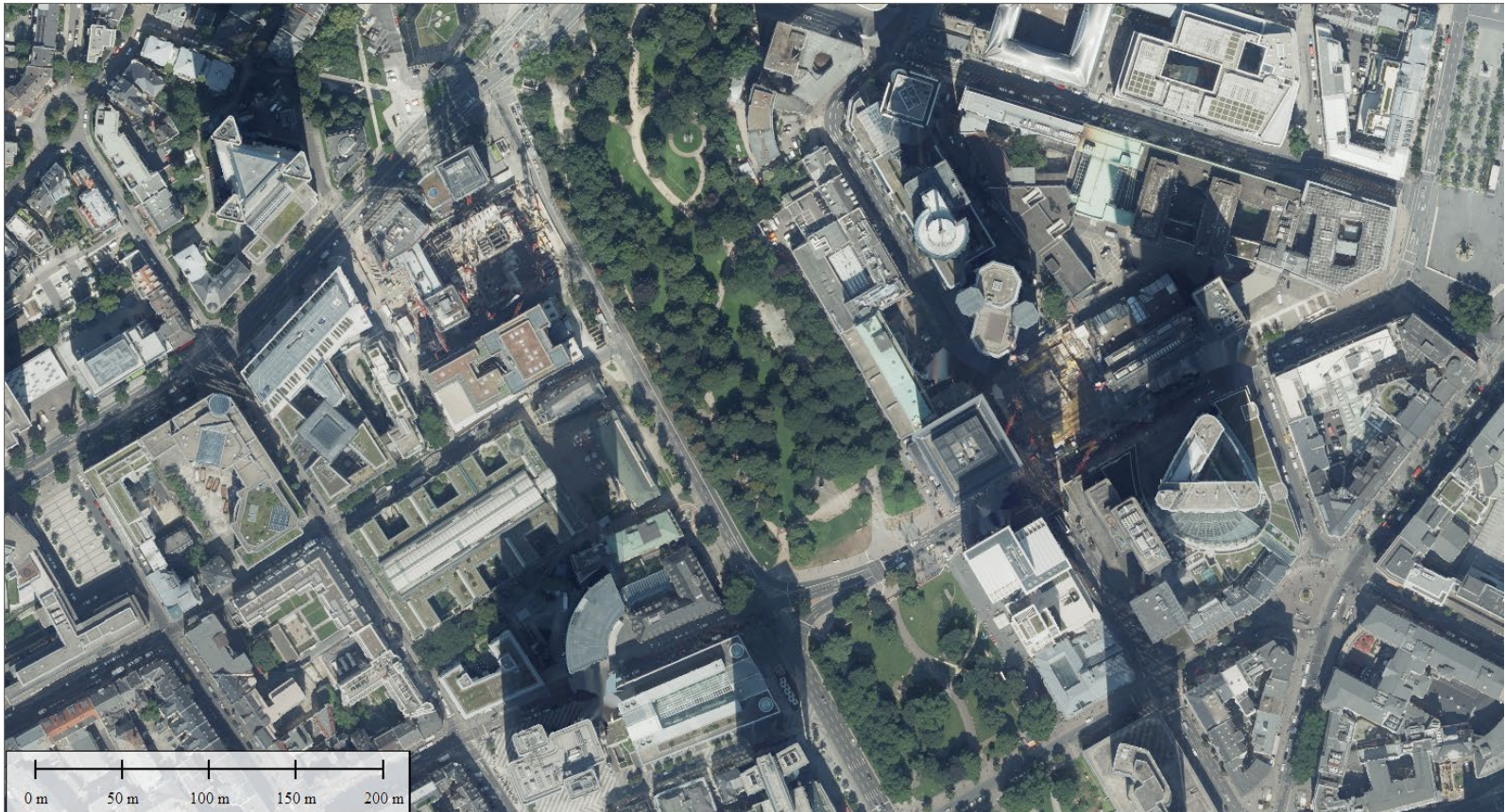
# True Orthophoto - Beispiel: Frankfurt am Main



**DOP20 nach AdV-Standard - auf das DGM entzerrt, alle Objekte oberhalb des DGM-Niveaus sind nicht entzerrt und beinhalten perspektivische Abweichungen (Verkippungen), sind somit nicht langerichtig.**



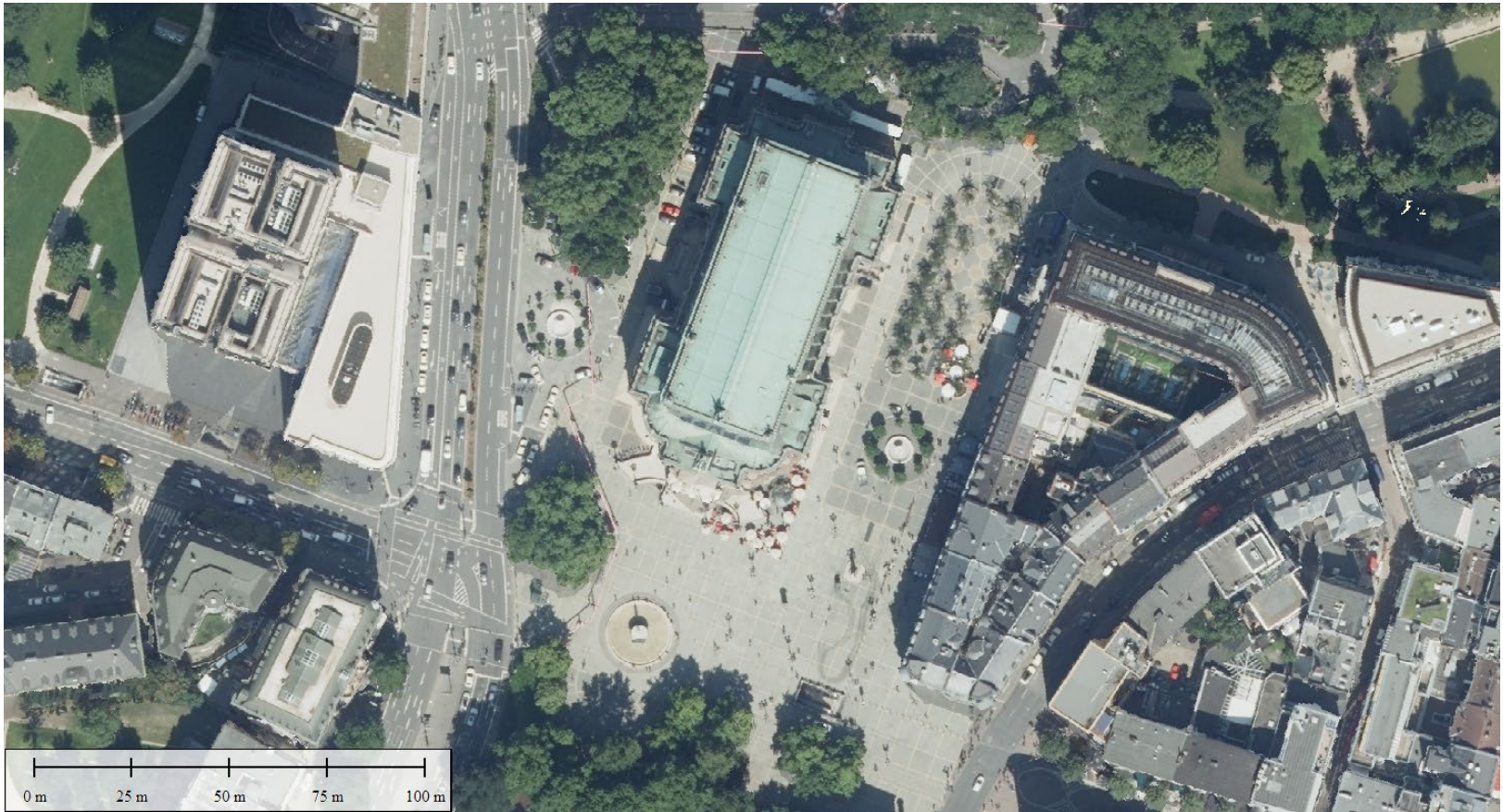
# True Orthophoto - Beispiel: Frankfurt am Main



TrueDOP20 nach AdV-Standard werden mit Hilfe eines bildbasierten DOM (bDOM) entzerrt. Alle Objekte (auch oberhalb der Geländeoberfläche) können somit lagerichtig dargestellt werden. Die perspektivischen Abweichungen werden nahezu vollständig ausgeglichen, damit entstehen fast keine sichttoten Räume mehr.



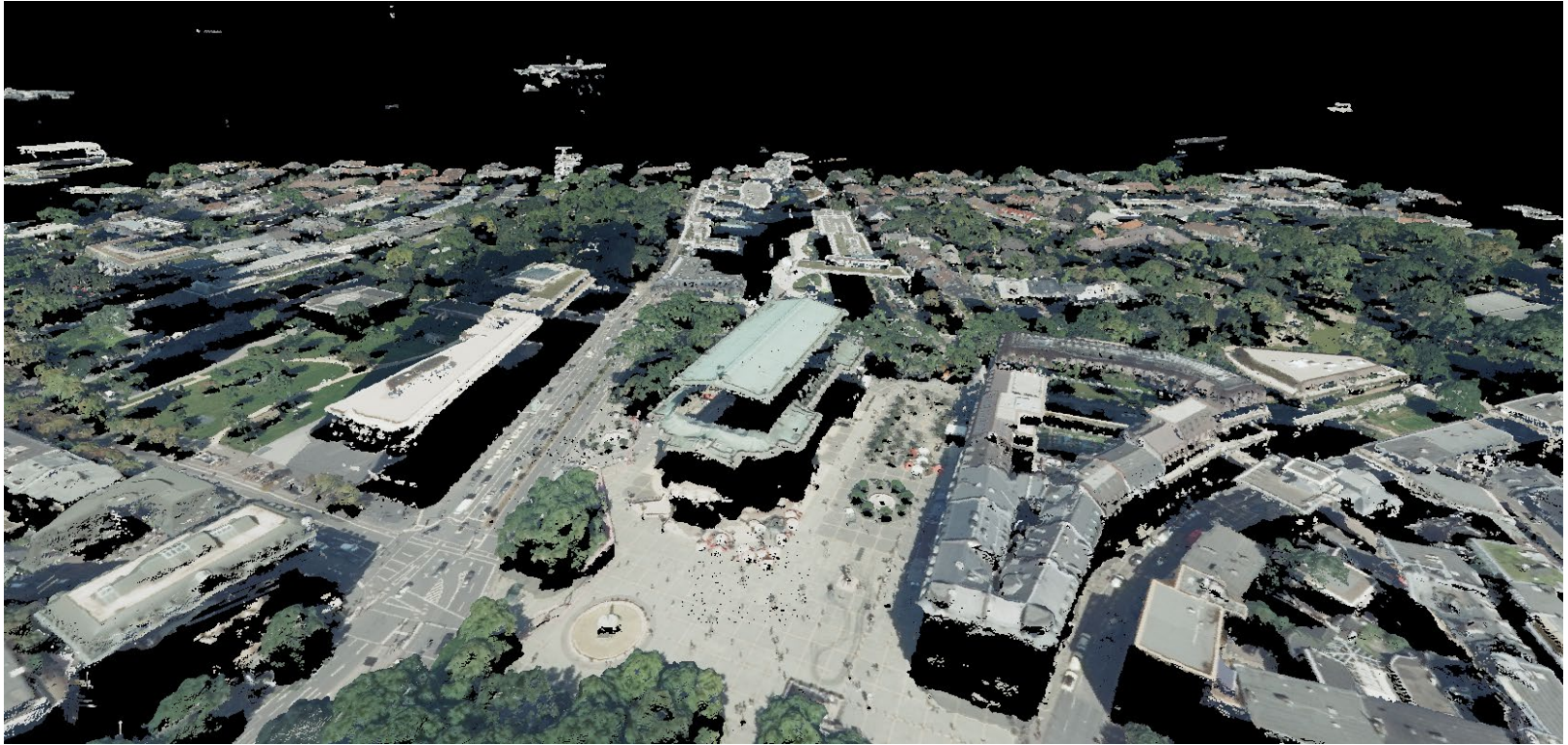
# Bildbasierte 2,5D-Punktwolken - bDOM



Für die Ableitung eines „TrueDOP“ werden für jedes Bildpixel 3D-Koordinaten (XYZ) benötigt, so wird aus den Stereoluftbildern der Landesbefliegung ein 20cm-Gitter abgeleitet, ein sogenanntes bildbasiertes Oberflächenmodell (bDOM), das zugleich mit der dazugehörigen Farbinformation visualisiert werden kann.



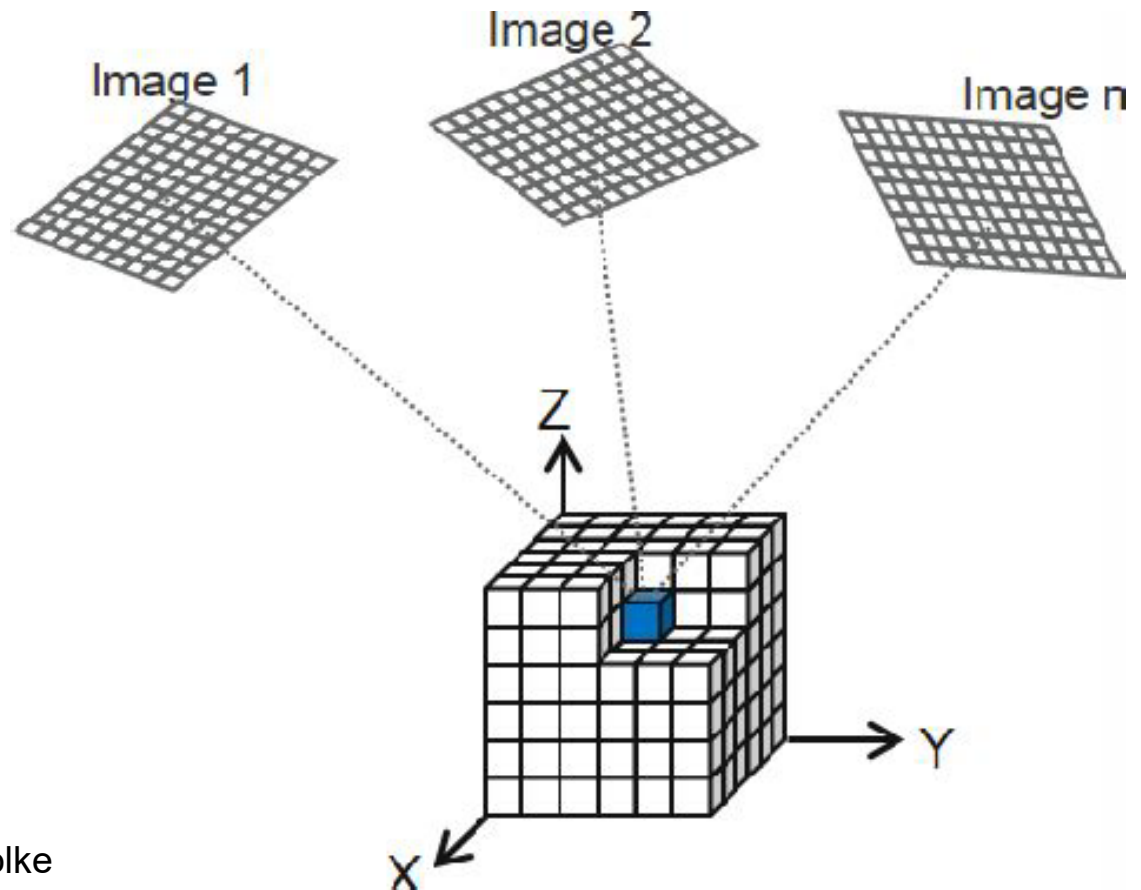
# Bildbasierte 2,5D-Punktwolken - bDOM



Colorierte bDOM20-Punktwolke, Alte Oper, Frankfurt am Main



# Fortführung der 3D-Daten mit „Dense Image Matching“ (DIM)?



## 3D-Daten Fortführung

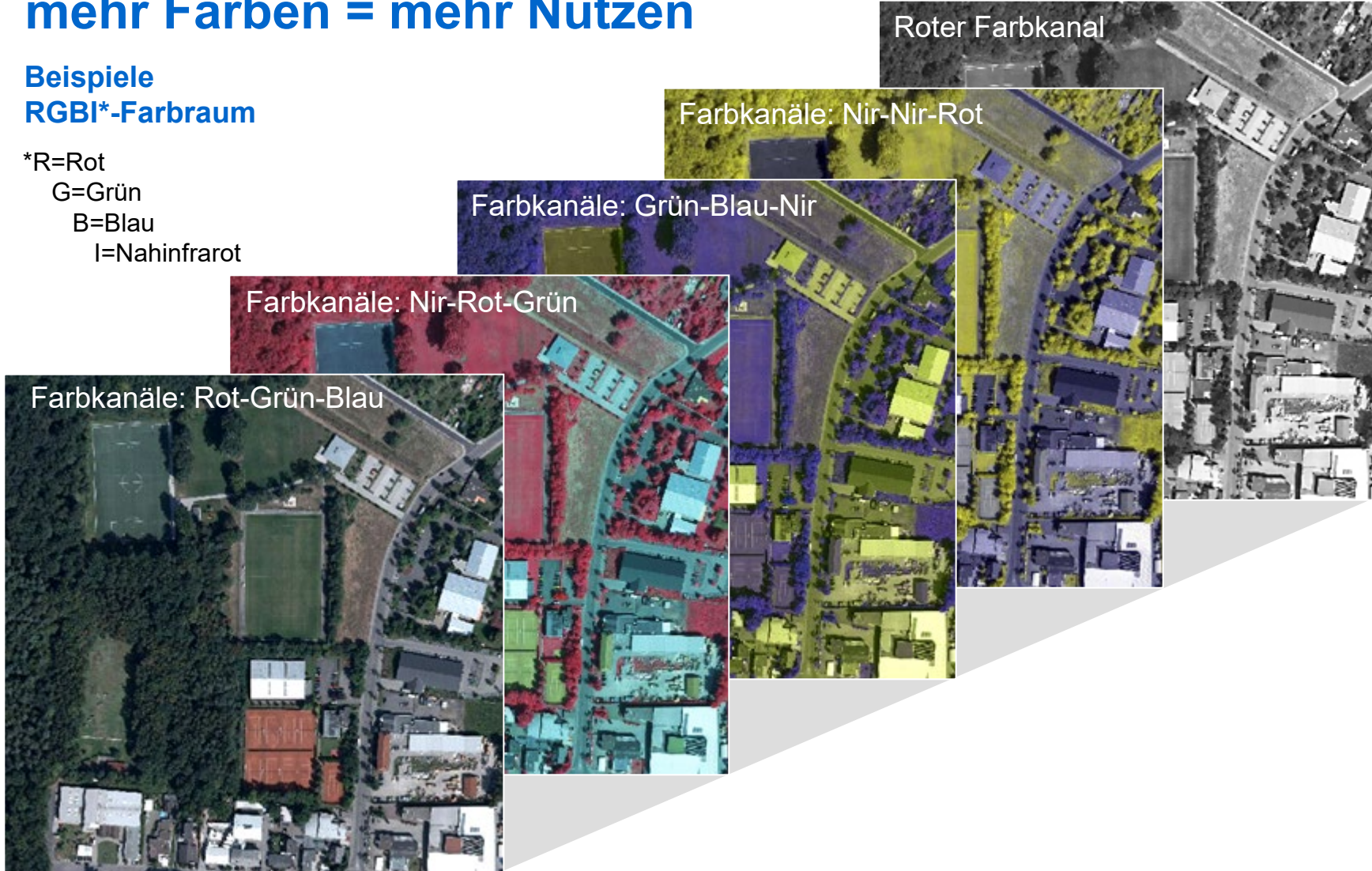
- Dreidimensionale Punktwolke
- Jedes Pixel im Bild erhält zusätzlich eine Z-Koordinate (3D-Informationen)
- „Dense Image Matching“ / „Multi Ray Matching“



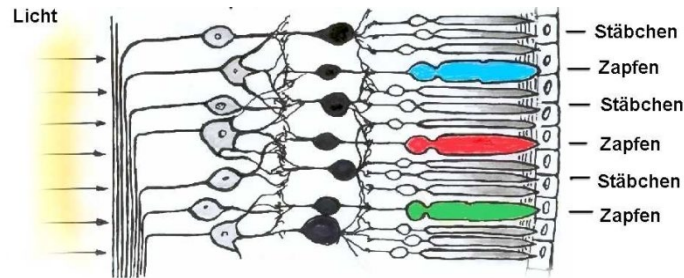
# 4-Kanal-Bilder als Luftbilder und Orthophotos mehr Farben = mehr Nutzen

## Beispiele RGBI\*-Farbraum

\*R=Rot  
G=Grün  
B=Blau  
I=Nahinfrarot

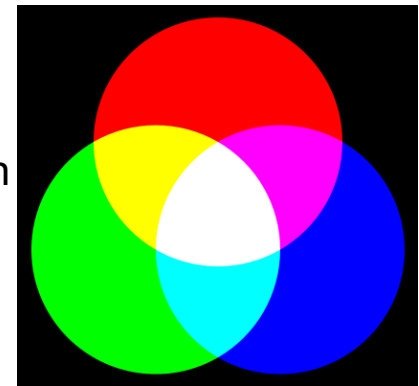


# Farben sind Informationen - Farbsehen beim Menschen



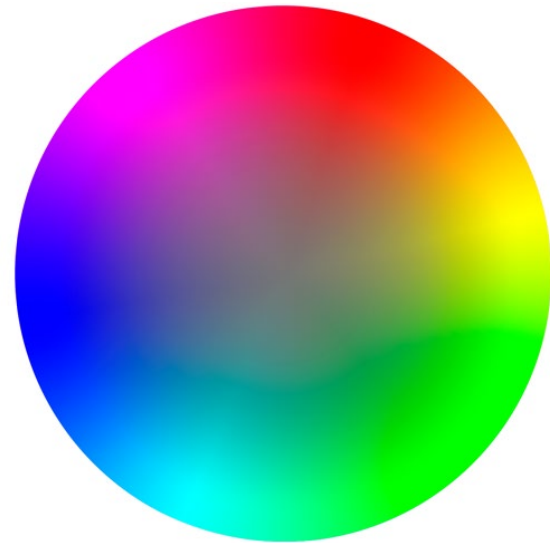
**Farben sehen  
findet im Kopf statt**

- Durch die Abbildung der Augenlinse entsteht auf der Netzhaut ein Bild.
- Die Netzhaut ist mit lichtempfindlichen Sinneszellen besetzt, die sehr lichtempfindlichen Stäbchen und die für das Farbsehen nötigen Zäpfchen.
- Es gibt rotempfindliche, grünempfindliche und blauempfindliche Zäpfchen, die die Grundfarben wahrnehmen.
- Die Sinneszellen leiten die die Wahrnehmung an das Gehirn weiter, wo durch die Mischung das Farbbild entsteht.



# Farbwahrnehmung, additive Farbmischung

Das Farbsehen entsteht durch die Mischung der durch die Zäpfchen übermittelte Helligkeit der Farben rot, grün und blau.



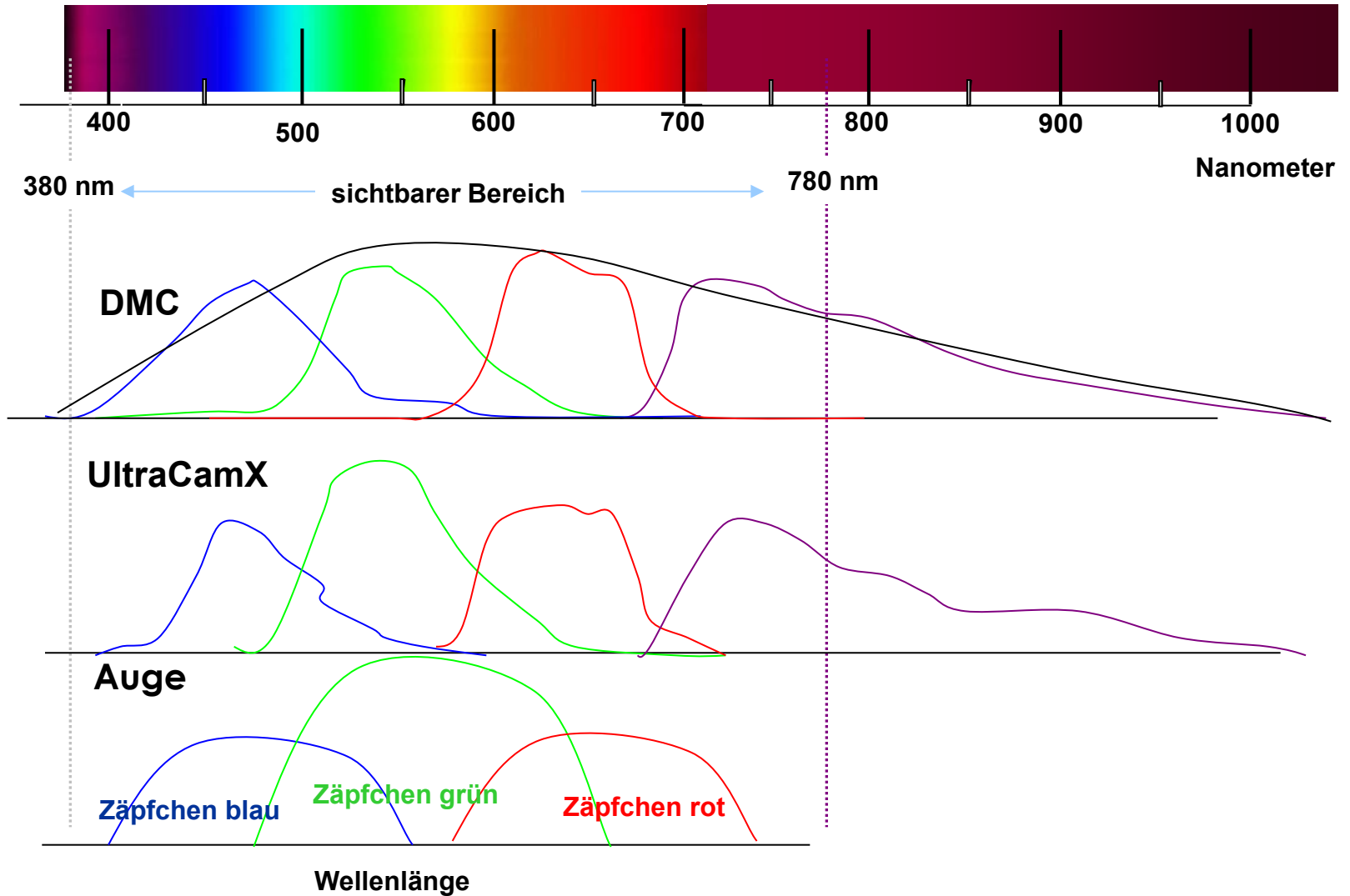
Das menschliche Auge kann in etwa 400.000 verschiedene Farben unterscheiden.

Demonstration der additiven Farbmischung mithilfe von CD-Hüllendeckeln: Durch Überlagerung der drei von den Hüllendeckeln reflektierten monochromen Bilder ergibt sich ein farbiges Bild.



# 4-Kanal-Technologie

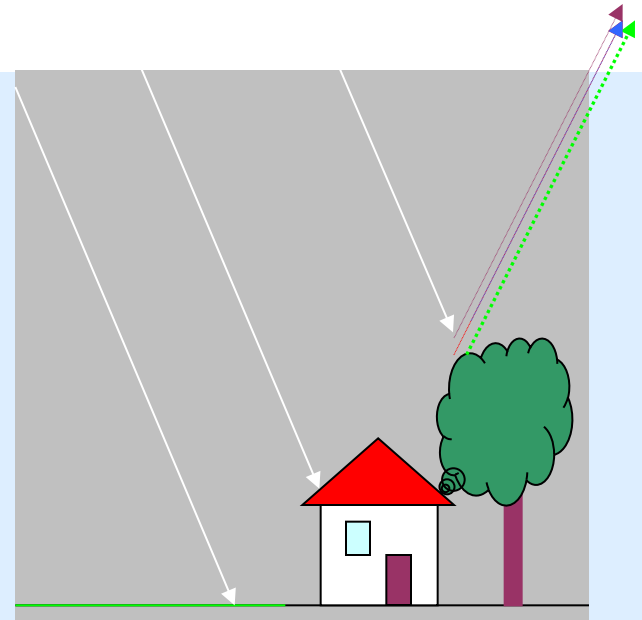
## Spektralbereiche und Sensorempfindlichkeit



# 4-Kanal-Technologie

1. Weißes, nur durch die Atmosphäre beeinflusstes Sonnenlicht, wird von den Gegenständen reflektiert.
2. Bei der Reflexion werden einzelne Wellenlängen unterschiedlich stark reflektiert, gestreut und absorbiert, die Grundlage der Farbwahrnehmung.
3. In den Kameraköpfen des Luftbildsensors wird ein panchromatisches Bild und je eines im roten, grünen, blauen und nahinfraroten Bereich aufgenommen.
4. Aus dem panchromatischen Bild und den 4 getrennt aufgenommen Farbbilder können SW- oder Farbbilder in freier Farbkombination generiert werden.

Standardmäßig wird ein Bild, aus allen 4 Farbkanälen auf der Basis des schwarzweißen zusammengesetzt.

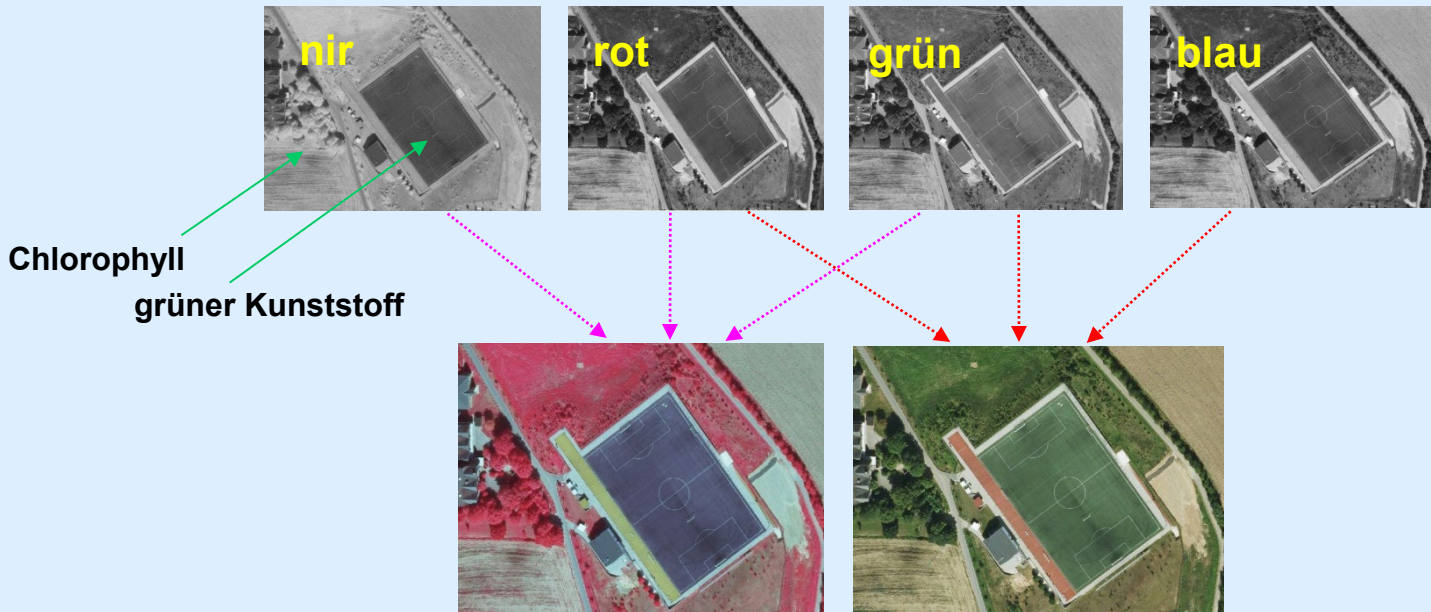


# Das Nahinfrarot

## Ist es grüne Farbe oder sind es Pflanzen.

Der nahinfraroten Wellenlängenbereich wird besonders intensiv vom Blattgrün reflektiert. In der Forst- und Landwirtschaft zum Beispiel wird dieser physikalische Effekt genutzt, um Untersuchungen an Pflanzen durchzuführen (Waldschadenserhebung, Ernteprognosen, ...)

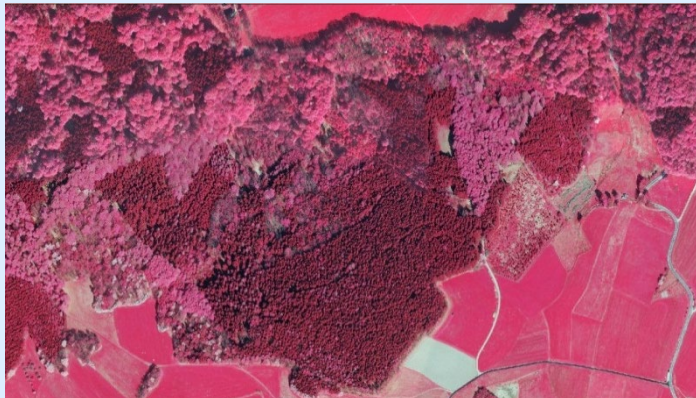
**Beispiel: es handelt sich um einen Kunstrasenplatz. Das Grün der Wiese wird wesentlich stärker reflektiert als das Grün des Kunstrasens.**



# Mehr Farben - mehr Informationen - mehr Wissen

Aufnahme und Analyse von Landschaftselementen und Biotopen.

Wasserflächen darstellen



Forstwirtschaft

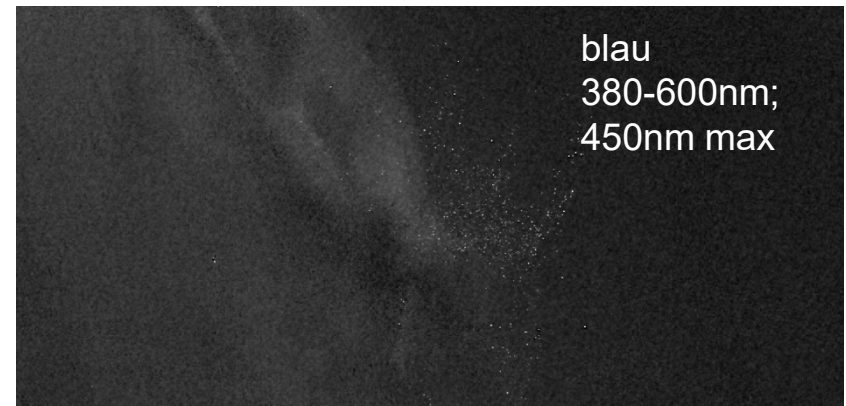
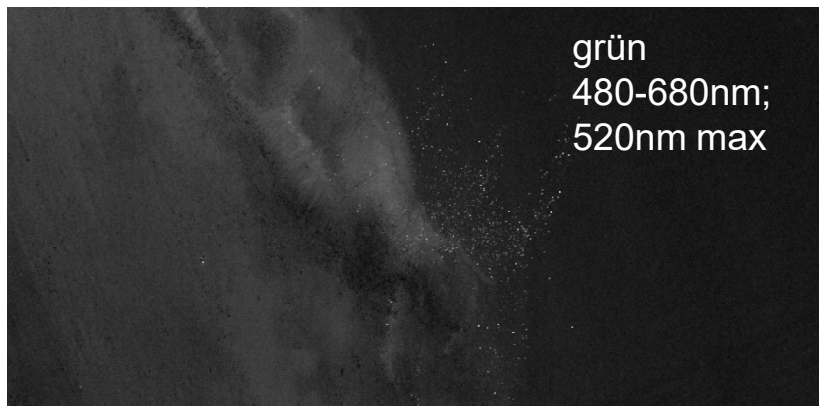
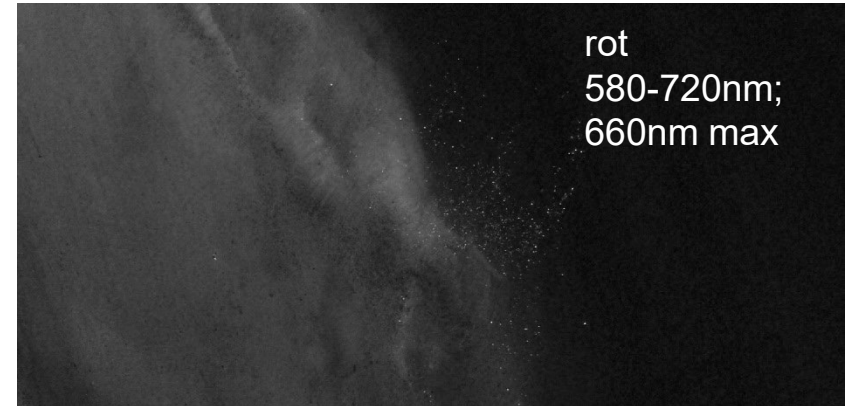
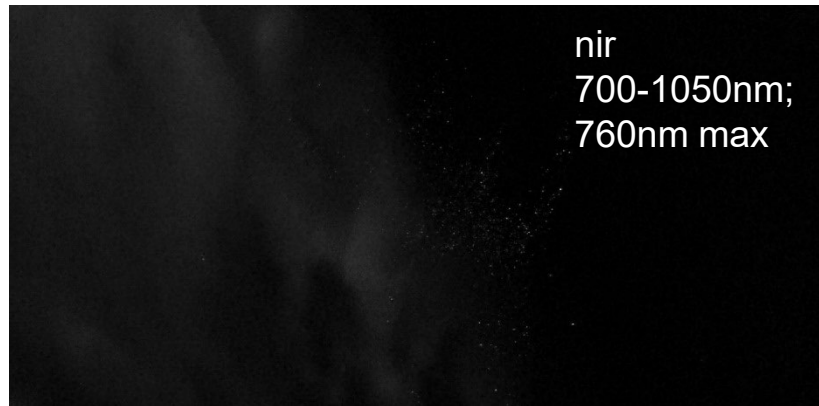


# Informationsgehalt von Mehrkanalbildern am Beispiel Rhein

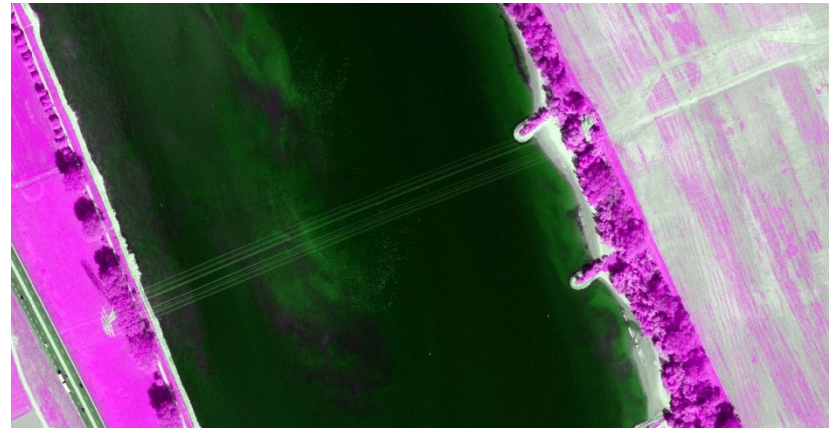
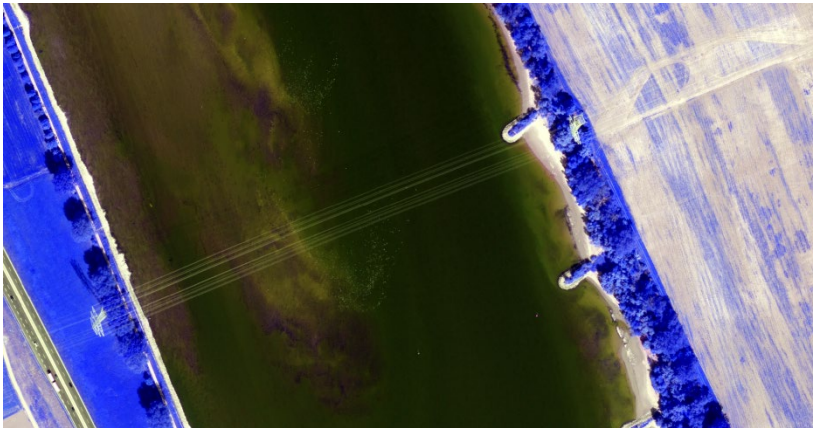
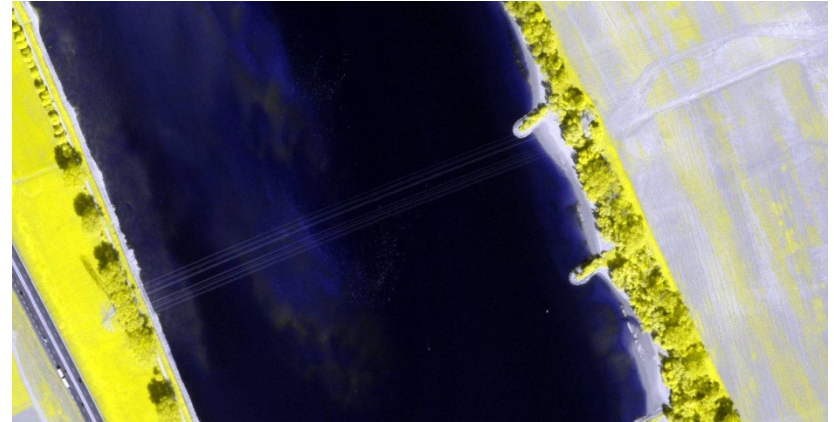


# Informationsgehalt von Mehrkanalbildern am Beispiel Rhein

Zunahme der Eindringtiefe in das Wasser bei abnehmender Wellenlänge, aber auch der Reflexionen an der Wasseroberfläche



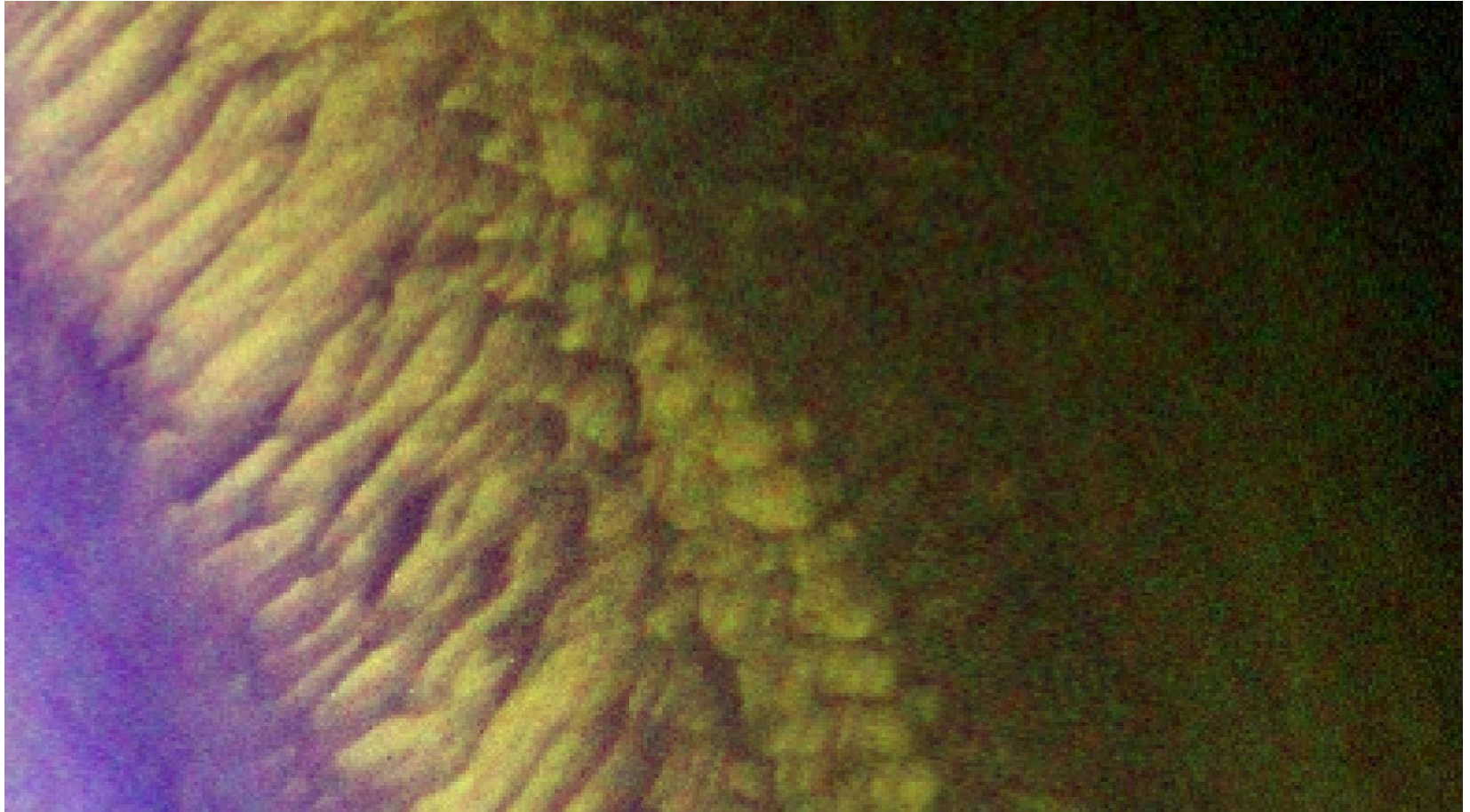
# Falschfarbenbilder Kombination verschiedener Farbkanäle



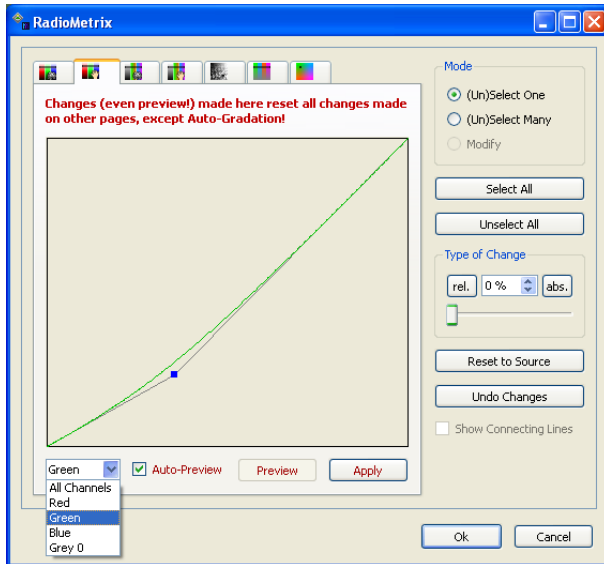
# Informationsgehalt von Mehrkanalbildern am Beispiel Rhein



# Unterwasserdünen am Rande der Fahrrinne.



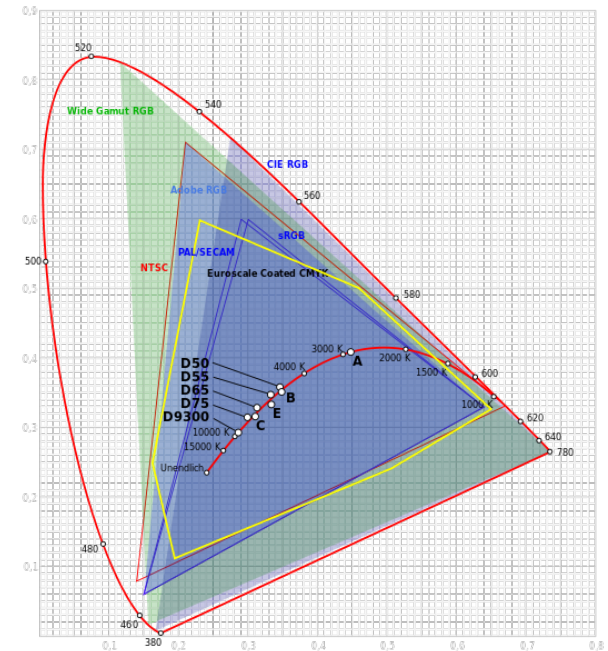
# Farben bei der DOP-Herstellung



- Die einzelnen Orthophotos werden **radiometrisch** korrigiert
  - **Kontrast / Helligkeit** für alle Farbkanäle mit dem Ziel die Helligkeitswerte im Lichtwert zwischen 20-250 für alle DOP nicht zu überschreiten.
  - **Farbkorrektur** nur für rot, grün, blau. Der **NIR-Kanal bleibt** unverändert.
  - **Grauwertabgleich** (Farbstichkorrektur).
- Berechnung des **radiometrischen Ausgleiches** (Adaptive Feathering) im **Überlappungsbereich** der Orthophotos und generieren der **Seamlines**.
- Kontrollieren und ggf. verbessern der **Seamlines**.
- Berechnung der **4-Kanal-DOP20**

# Farbtiefe

Die **Farbtiefe** (Bit-Auflösung) bestimmt eine wesentliche Eigenschaft von Raster- und Vektorgrafiken: die **Differenzierung aller Helligkeits- und Farbwerte**. Sie liegt zur Zeit meist zwischen 8 und 16 bit (d. h. im RGB-Farbraum mit 8 Bit pro Kanal =  $(2^8)^3$  bit, können ca. 16,7 Millionen Farben beschrieben werden).



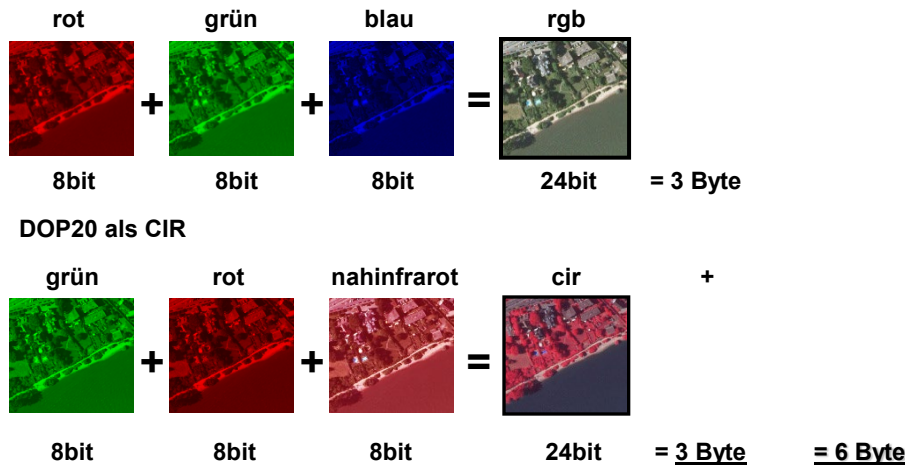
Der **Farbmodus**, kennzeichnet das in Bildverarbeitungs- oder Graphikprogrammen z.B. für die Kartenherstellung ausgewählte Farbmodell für die Darstellung und Ausgabe der Daten. Die gebräuchlichsten Farbmodi sind **RGB**-, **CMYK**-, CIE Lab-, HSB-, indizierter Farb-, Duplex-, **Graustufen**- und Bit-Map-Modus.



# Farben bei der DOP-Archivierung

Orthophotos werden im HLBG seit 2008 nur noch in **4-Kanal**-Technologie archiviert. Dies vermeidet Doppelarbeiten und reduziert den Platzbedarf um 1/3 gegenüber der herkömmlichen Datenspeicherung, bei der pro DOP je zwei Dateien (rgb und cir) vorgehalten wurden.

## Speicherung der 3-Kanal-DOP



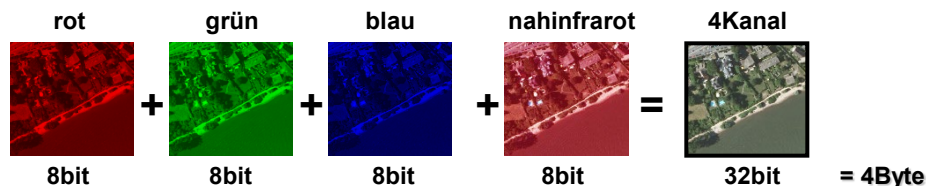
Bei der 3 x 8 bit-Farbtiefe werden pro Pixel 3 Byte gespeichert.

Da pro Bildflug immer rgb- und cir-DOP produziert werden, müssen die Farbkanäle rot und grün zweimal gespeichert werden.

Es ergibt sich pro Bodenpunkt ein Platzbedarf von  $2 \times 3 \times 8 \text{ bit} = 48 \text{ bit}$ .

Daraus ergibt sich eine Einsparung von ca. 1/3 der Datenmenge.

## Speicherung der 4-Kanal-DOP



# Datenformate in der Fernerkundung

**TIFF** (.tif), *Tagged Image File Format*, ist ein Dateiformat zur Speicherung von Bilddaten. Größter Nachteil von TIFF ist seine Komplexität sowie die vergleichbar hohe Dateigröße.

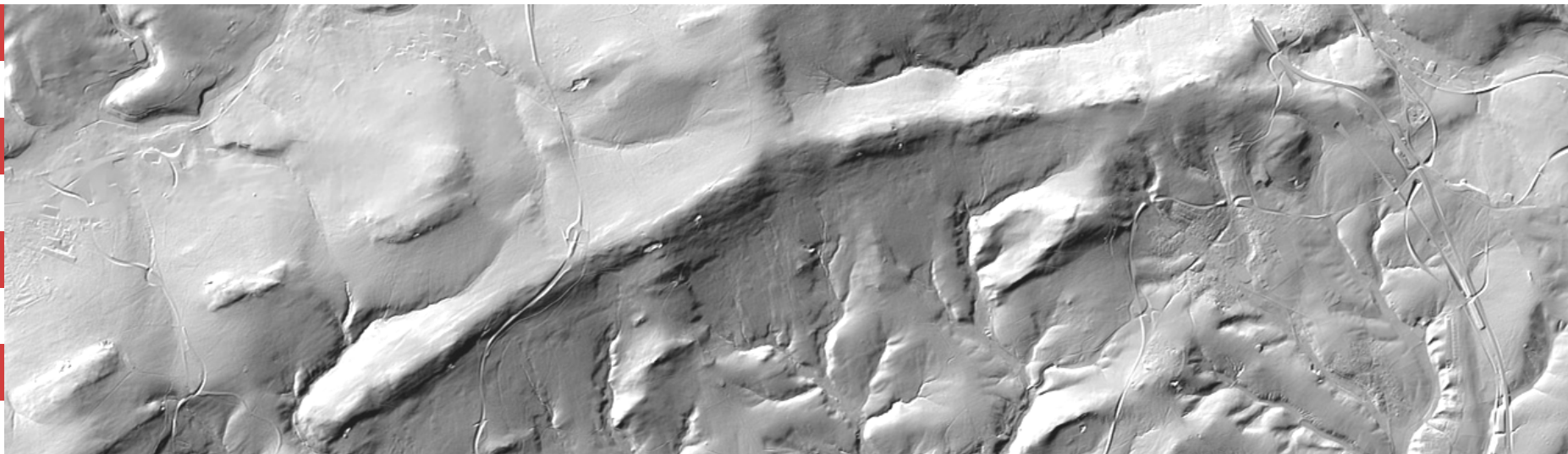
**JPEG2000** (.jp2), ist ein Grafikformat für Rastergrafiken mit Bildkompression, es beherrscht sowohl verlustfreie als auch verlustbehaftete Kompression.

**ECW** (.ecw), *Enhanced Compressed Wavelet*, ist ein Dateiformat zur verlustbehafteten Speicherung sehr großer Rastergrafiken. ECW ist dem Format JPEG2000 ähnlich. Es besitzt den Vorteil, dass Anwendungen zur Darstellung nicht die gesamte Rastergrafik im Arbeitsspeicher vorhalten müssen, sondern nur den Bereich, der aktuell angezeigt wird. Dadurch können sehr große Bildmengen, wie sie z.B. bei astronomischen Abbildungen, der Satelliten- oder Luftbilderstellung entstehen, bei guter Bildqualität stark komprimiert und auch auf handelsüblichen PCs genutzt werden.

**XYZ** (.xyz), das xyz-Format wird verwendet um kartesische Koordinaten in drei Dimensionen zu speichern. Beschreibung der Positionen einzelner (Gelände-) Punkte.

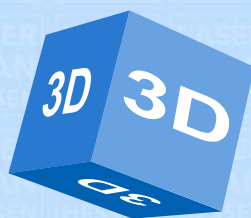
**LAS** (.las), ist ein binäres Dateiformat zur Speicherung von Laserscan-Punktwolken-Dateien.





LANDESWEITES LASERSCANNING HESSEN

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Hessisches Landesamt für  
Bodenmanagement und Geoinformation  
Schaperstraße 16, 65195 Wiesbaden  
[www.hvbg.hessen.de](http://www.hvbg.hessen.de)

Thomas Lesch  
Fernerkundung, 3D-Geoinformation  
Tel.: 0611-535 -5565  
[thomas.lesch@hvbg.hessen.de](mailto:thomas.lesch@hvbg.hessen.de)

# Literaturverzeichnis und Links

Karl Kraus: Photogrammetrie I + II, DeGruyter bzw. Dümmler Verlag

Jörg Albertz: Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern.

[www.hvbg.hessen.de](http://www.hvbg.hessen.de)

[www.aerokart.ch](http://www.aerokart.ch)

[www.milan-flug.de](http://www.milan-flug.de)

[www.avt.at](http://www.avt.at)

[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

[www.vexcel-imaging.com](http://www.vexcel-imaging.com)

[www.zeiss.de](http://www.zeiss.de)

[www.meditec.zeiss.de](http://www.meditec.zeiss.de)

[www.jena-optronik.com](http://www.jena-optronik.com)

[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

[www.zf-laser.com](http://www.zf-laser.com)

[www.riegl.com](http://www.riegl.com)

[www.inpho.de](http://www.inpho.de)

[www.intergraph.com](http://www.intergraph.com)

[www.phocad.de](http://www.phocad.de)

[www.bullardextrem.com](http://www.bullardextrem.com)

[www.socetset.com](http://www.socetset.com)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.fe-lexikon.info](http://www.fe-lexikon.info)

[www.uni-stuttgart.de](http://www.uni-stuttgart.de)

[www.google.com](http://www.google.com)

