

LASER  
SCAN  
HESSEN

## Fernerkundung 4

Passive Aufnahmesensorik und deren Einsatzgebiete, z.B.

- Satellitenfernerkundung
- Thermalbildkameras
- Luftbildkameras
- Georeferenzierung
- Image Matching

GEOMATIKER AUSBILDUNG

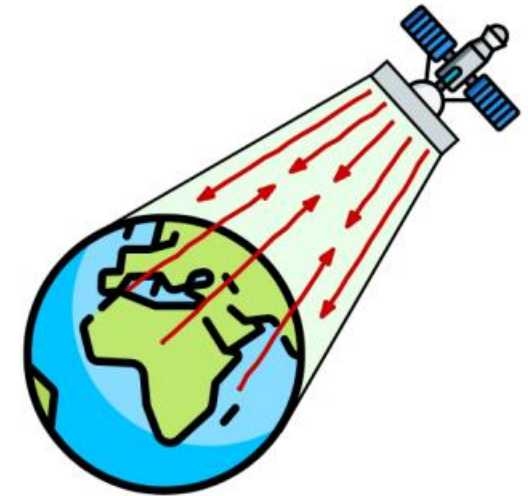
Stand: 2026

Markus Kurtenbach

# Passive und aktive Aufnahmesensoren

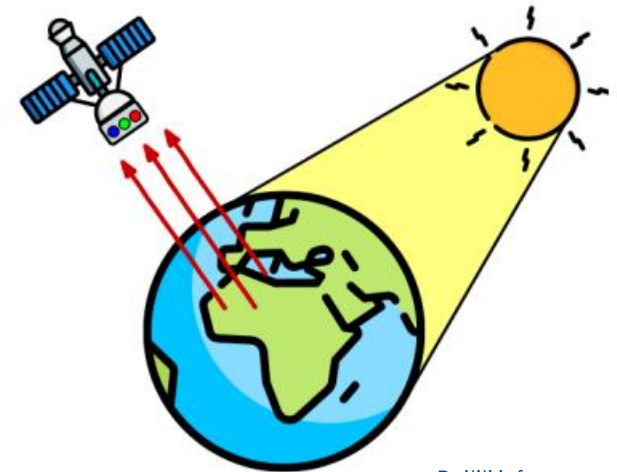
## Aktive Messverfahren:

- Eigene Signalquelle: Sendet selbst Energie (z.B. Radarwellen) aus und misst das reflektierte Signal
- Funktioniert unabhängig vom Sonnenlicht: Auch nachts und teilweise bei Bewölkung einsetzbar
- Liefert hochgenaue Werte über Oberflächenstrukturen (z.B. der Erdoberfläche)
- Beispiele: SAR, LiDAR



## Passive Messverfahren:

- Nutzt natürliche Energiequellen: Misst reflektiertes Sonnenlicht oder Eigenstrahlung (z.B. Wärmeenergie)
- Optische Verfahren nur tagsüber einsetzbar
- Neben sichtbarem Licht können weitere Spektralbereiche erfasst werden
- Beispiele: Luftbildkameras, Multispektralscanner, Infrarotsensoren



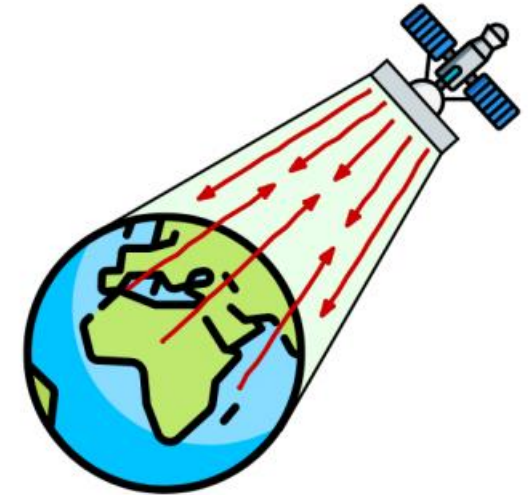
Paititi.info



# Passive und aktive Aufnahmesensoren

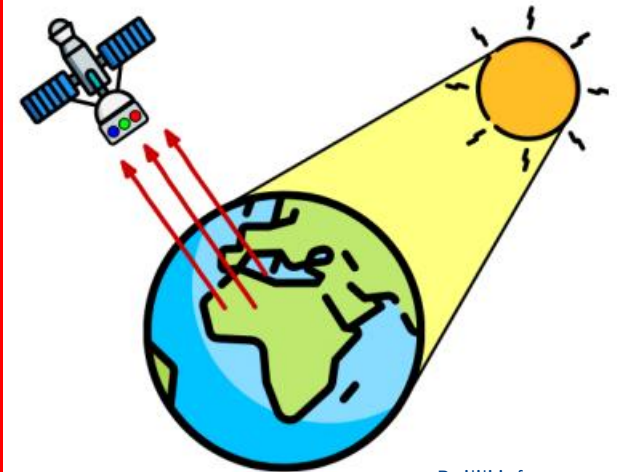
## Aktive Messverfahren:

- Eigene Signalquelle: Sendet selbst Energie (z.B. Radarwellen) aus und misst das reflektierte Signal
- Funktioniert unabhängig vom Sonnenlicht: Auch nachts und teilweise bei Bewölkung einsetzbar
- Liefert hochgenaue Werte über Oberflächenstrukturen (z.B. der Erdoberfläche)
- Beispiele: SAR, LiDAR



## Passive Messverfahren:

- Nutzt natürliche Energiequellen: Misst reflektiertes Sonnenlicht oder Eigenstrahlung (z.B. Wärmeenergie)
- Optische Verfahren nur tagsüber einsetzbar
- Neben sichtbarem Licht können weitere Spektralbereiche erfasst werden
- Beispiele: Luftbildkameras, Multispektralscanner, Infrarotsensoren



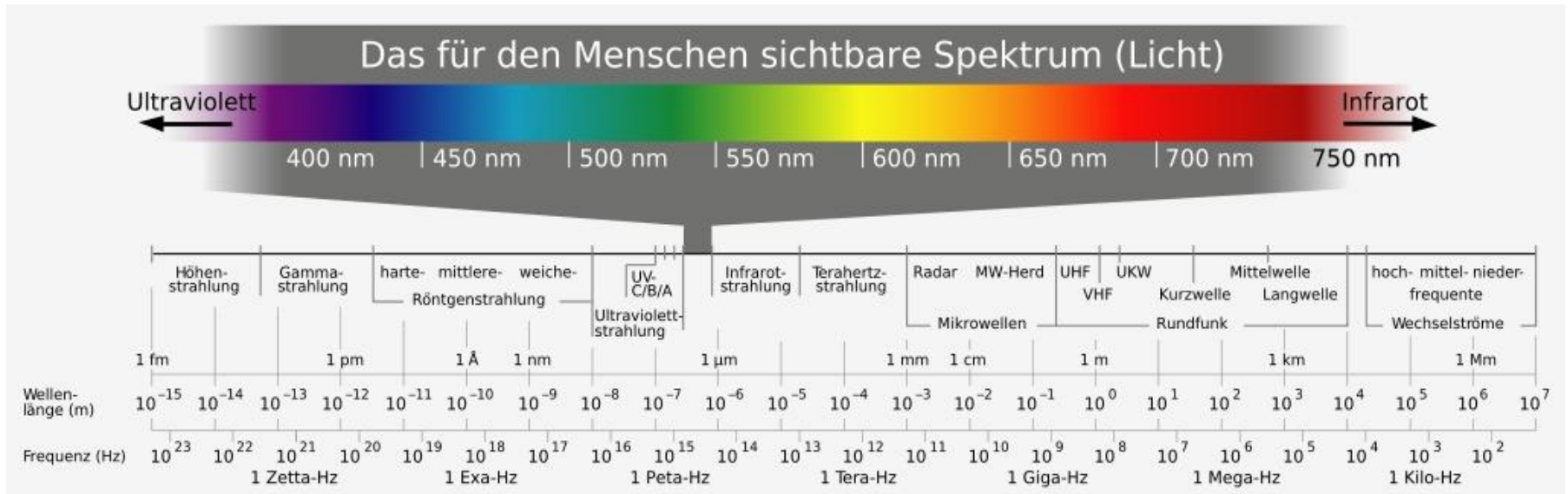
Paititi.info



# Passive Aufnahmesensoren

Zu den *passiven* Verfahren und Techniken gehören z.B. **Multispektralscanner** oder auch eine einfache **handelsübliche Kamera**.

Sie zeichnet elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Spektrum der Sonnenstrahlung auf.



# Passive Aufnahmesensoren - Thermalbildkamera

Als Beispiel für ausgesendete Strahlung kann eine *Thermalbildkamera* dienen, die mittlerweile auch in vielen Bereichen des täglichen Lebens und nicht mehr nur in wissenschaftlichen Fachgebieten Anwendung findet.



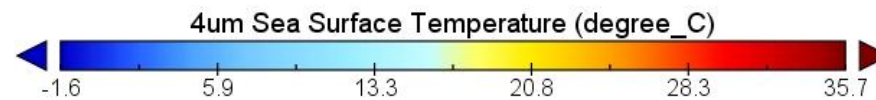
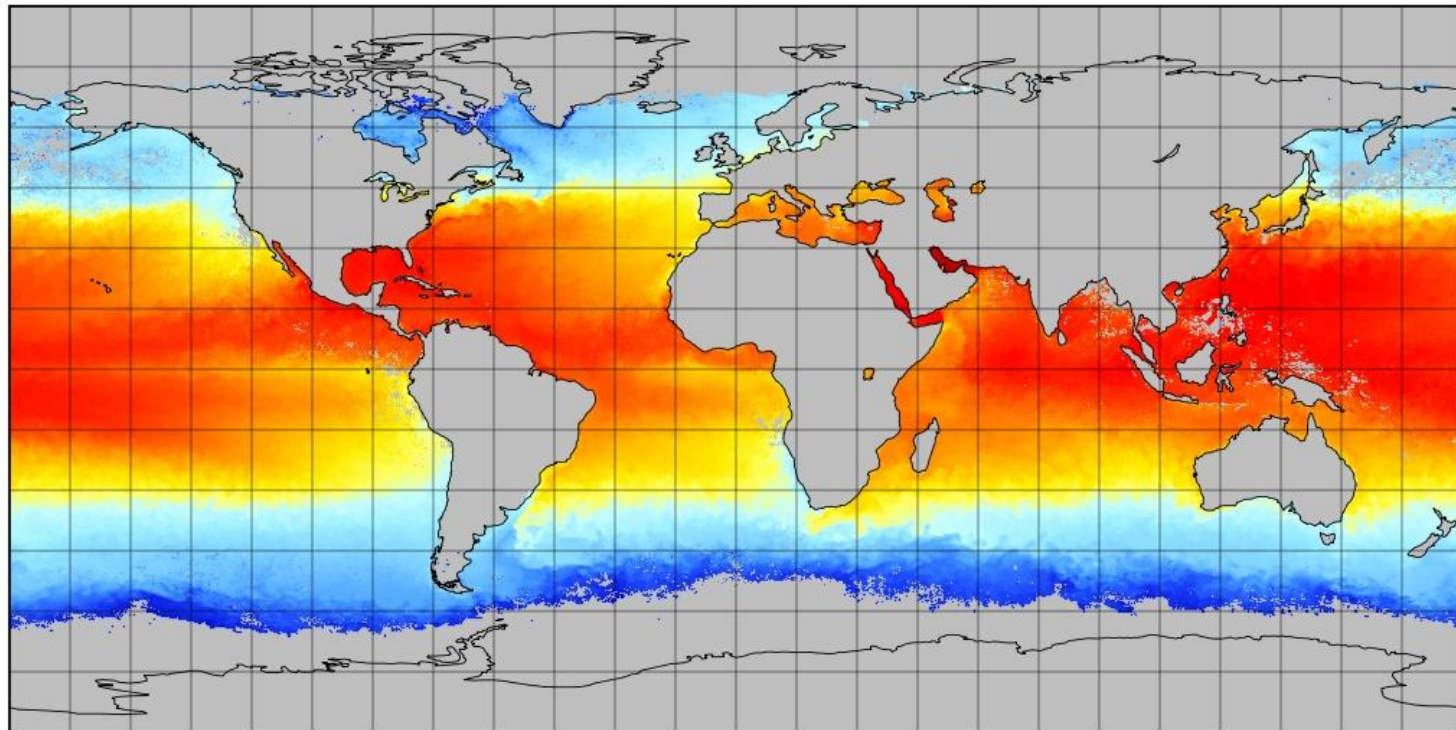
Hier Bilder einer Suche von verletzten und/oder vermissten Personen in der Dunkelheit und/oder verrauchten Räumen durch Rettungskräfte.



# Passive Aufnahmesensoren - Thermalbildkamera

## MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)

4um Sea Surface Temperature



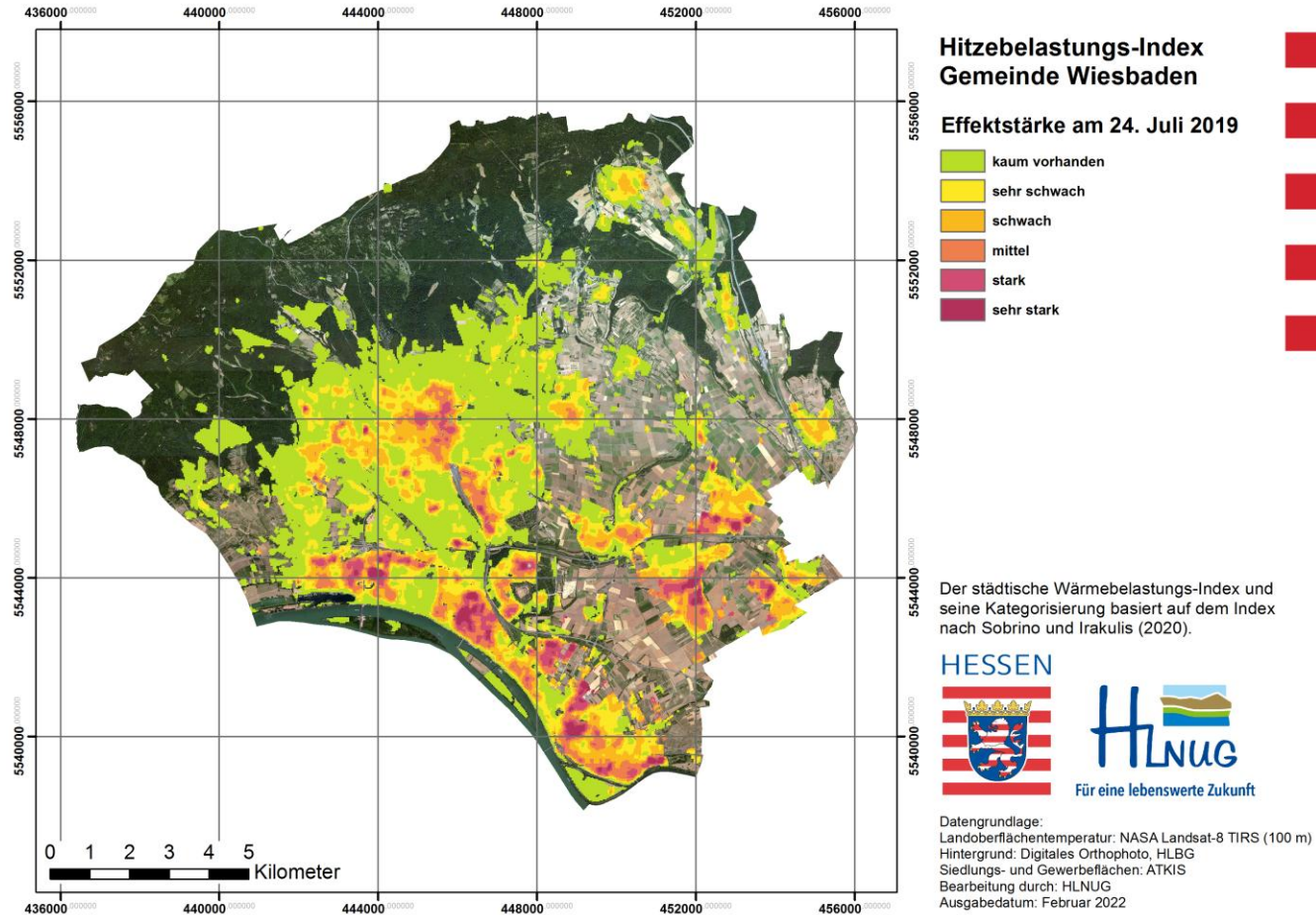
Data Min = -1.6, Max = 35.7, Mean = 20.6

Nasa.gov



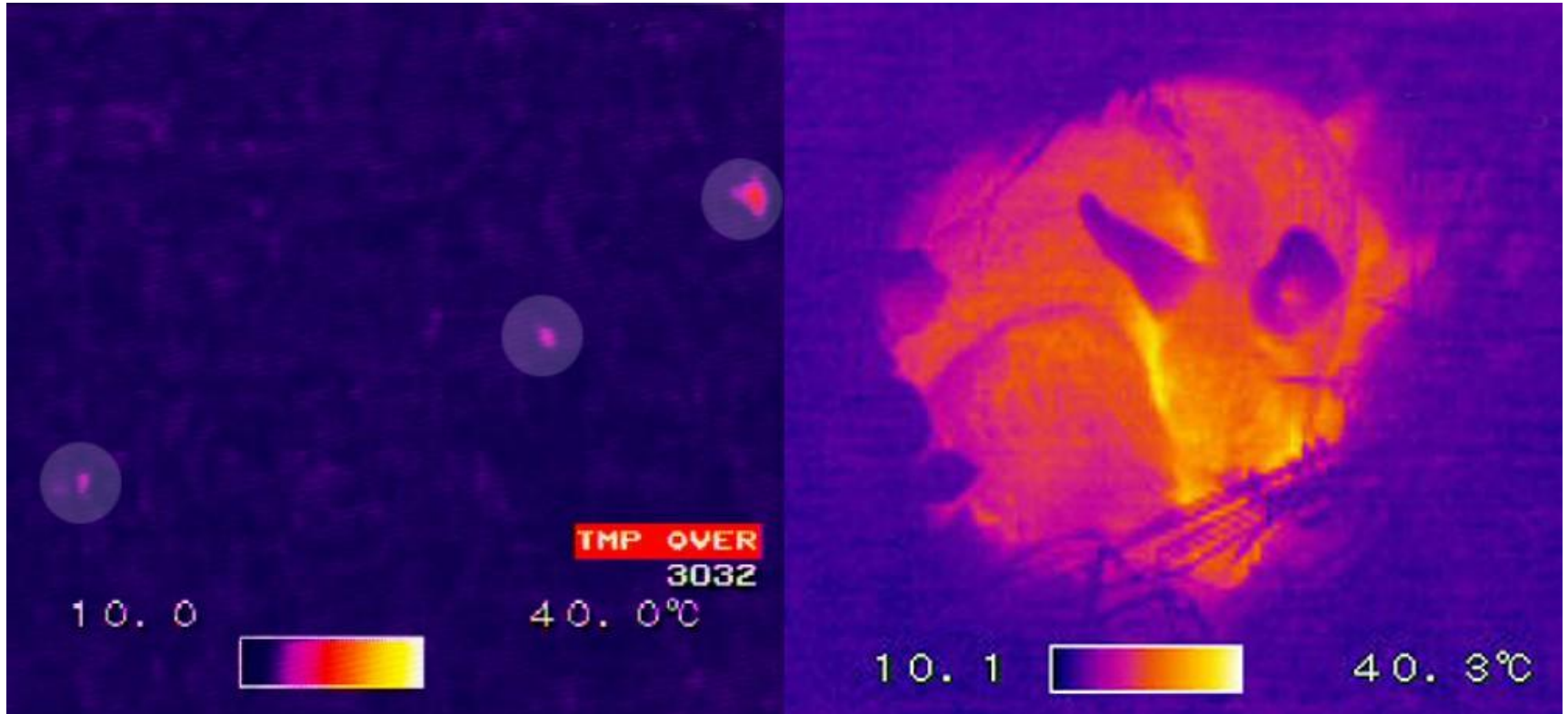
# Passive Aufnahmesensoren - Thermalbildkamera

## Landsat-8 TIRS (100m)



# Passive Aufnahmesensoren - Thermalbildkamera

## Drohnen-gestützte Thermalsensoren



<https://dronesaplenty.com/>



# Passive Aufnahmesensoren - Photogrammetrie

- Ein Teilgebiet der Fernerkundung ist die *Photogrammetrie*.
- Heißt im übertragenen Sinne „*Bildmessung*“.
- Stark vereinfacht: Ein Verfahren, um aus 2D-Daten (Fotos) bspw. 3D-Modelle (Koordinaten in X,Y,Z) zu rekonstruieren und Messungen darin enthaltener Objekte zu ermöglichen.
- Kann unterteilt werden in

die *Luftbildphotogrammetrie*

und

die *Nahbereichsphotogrammetrie*





# Was ist Nahbereichsphotogrammetrie?

- Mit den modernen digitalen 3D Auswertetechniken sind Genauigkeiten in Bereichen von wenigen mm möglich
- Beispiel: Film- und Videospielindustrie



# Was ist Nahbereichsphotogrammetrie?

- Bei der klassischen Gebäudeaufnahme werden die relevanten Gebäudeteile von **zwei oder mehreren Standpunkten** mit speziellen Kameras so fotografiert, dass durch eine möglichst große Überlappung ein ausreichend großer Stereoraum für Messungen entsteht.

Hier das Ergebnis einer Auswertung als Fassadenplan

Zeiss SMK 120



# Was ist Nahbereichsphotogrammetrie?

- Eine simple Technik ist die **Entzerrung von Einzelbildern** mittels bekannter Strecken
- Was muss gemacht werden?
  - Fotoaufnahme
  - Referenzstrecken gemessen (z.B. Fenster)
  - Bild mithilfe der Referenzstrecken und einer CAD-Software für 2D Messungen entzerren

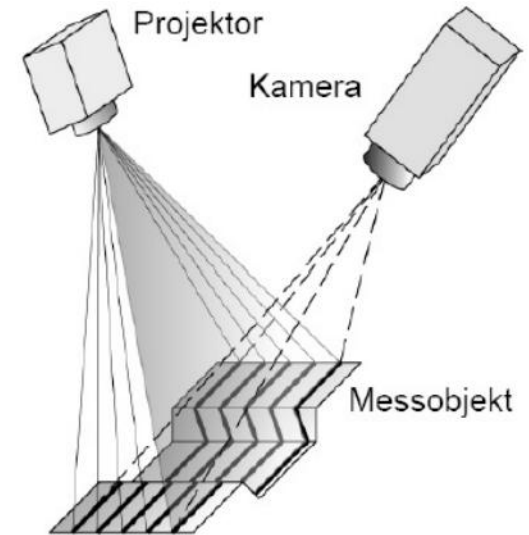


Photocad.de

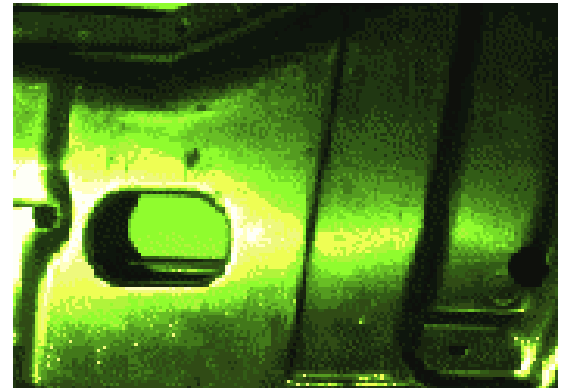


# Was ist Nahbereichsphotogrammetrie?

- **Streifenprojektionsverfahren**
- Einsatzgebiete: Industrievermessung/Qualitätskontrolle
- Funktionsweise:
  - Projektor wirft Streifenmuster auf zu erfassendes Objekt
  - Kamera detektiert Verzerrungen des Musters (Streifenkrümmungen)
  - Mithilfe Triangulationsverfahren werden räumliche 3D-Koordinaten berechnet



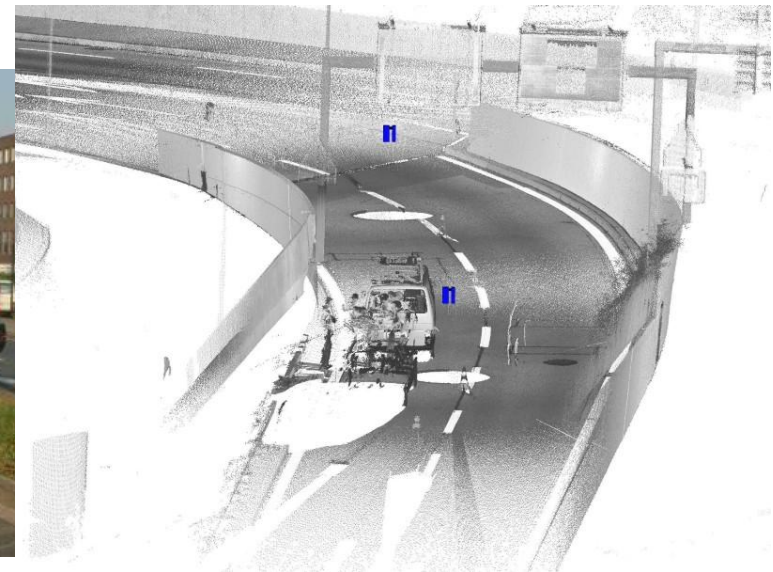
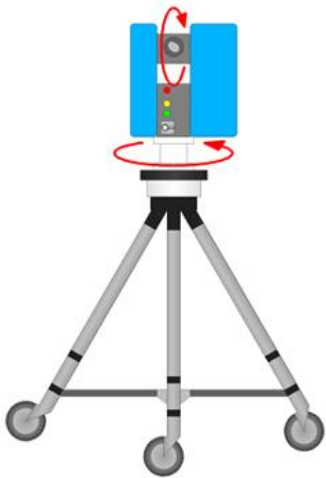
**Zu vermessendes Werkstück**



# Was ist Nahbereichsphotogrammetrie?

- Neben passiven Systemen auch aktive Systeme in der Nahbereichsphotogrammetrie vertreten
- Beispiel: **Terrestrische Laserscannersysteme**
- Anwendung:
  - Dokumentation von Gebäuden, industrielle Qualitätskontrolle oder Unfallaufnahme

Hier eine Unfallaufnahme mit einer Darstellung der Messergebnisse als Graustufenintensitätsbild



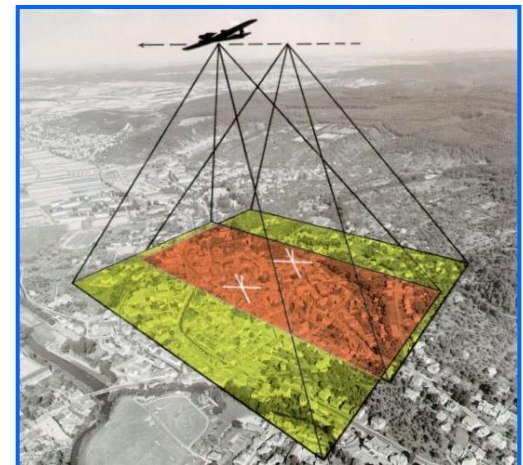
# Was ist Nahbereichsphotogrammetrie?

- **Kombination von Laserscanner und optischer Kamera** ebenfalls möglich
- 3D-Erfassung mittels Laser, Farbgebung durch Fotos
- Hochgenaues, naturgetreues virtuelles Abbild der Wirklichkeit

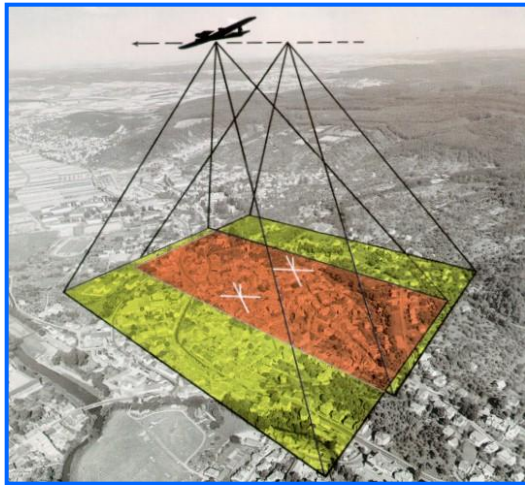


# Was ist Luftbildphotogrammetrie?

- In Landesvermessung (HLBG) wird mit speziellen **Luftbildkameras** die Landesfläche systematisch seit dem Jahr 1953 in regelmäßigem **Jahreszyklus (z.B. 5 Jahre)** in der Zentralperspektive erfasst
- Bis 2005: **Analoge Kameratypen** (inkl. händischer Fotoentwicklung)
- Seit 2006: **Digitalkameras**
- Mit Digitalkameras können in einer Befliegung mehrere Spektralkanäle erfasst werden
  - Analog wären hierfür mehrere Flüge mit spezifischen Filmmaterial notwendig
- Seit 2008 verfolgt das HLBG einen **2-jährigen Befliegungszyklus**, um somit je eine Hälfte der hessischen Landesfläche (Nord oder Süd) pro Jahr zu erfassen.



# Was ist Luftbildphotogrammetrie?

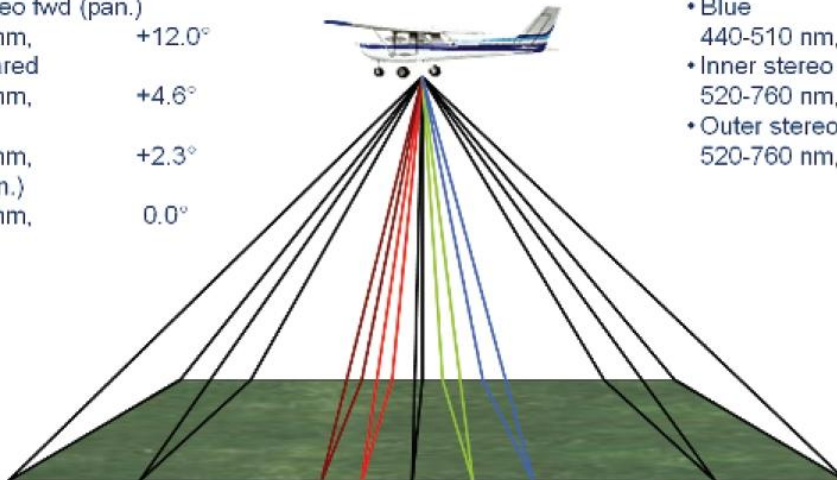


Links ist die Aufnahmesystematik von analogen Luftbildkameras und digitalen **Flächensensoren** dargestellt.

In Flugrichtung erfolgt eine mind. **60%ige Bildüberlappung** und in und in Querrichtung eine mind. **30%ige** (Flugstreifenüberlappung).

Unten die Aufnahmesystematik von digitalen **Zeilensensoren** (das Fluggebiet wird zeilenweise erfasst).

- Outer stereo fwd (pan.)  
520-760 nm, +20.5°
- Inner stereo fwd (pan.)  
520-760 nm, +12.0°
- Near infrared  
780-850 nm, +4.6°
- Red  
620-680 nm, +2.3°
- Nadir (pan.)  
520-760 nm, 0.0°



- Green  
520-590 nm, -2.3°
- Blue  
440-510 nm, -4.6°
- Inner stereo aft (pan.)  
520-760 nm, -12.0°
- Outer stereo aft (pan.)  
520-760 nm, -20.5°

## JAS in a Cessna 207



# Was ist Luftbildphotogrammetrie?

## Beispiele der Luftbildkameras



Zeiss Reihenmeßkammern  
RMK A 8,5/23 und RMK A 15/23  
im Flugzeug eingebaut.

**Zeiss Analogkameras**



**Zeiss/Intergraph DMC**



**Vexcel UltraCam**



**Leica ADS40**



**Jena-Optronik JAS150**



# Digitale Luftbildsensoren

	  <p><b>DMC</b> Digital Modular Camera</p>	  <p><b>UltraCamD</b> Large Format Digital Aerial Camera</p>	  <p><b>ADS40</b> Airborne Digital Sensor</p>	  <p><b>JAS150</b> Jena Airborne Scanner</p>
Hersteller	Z/I Imaging	Vexcel	Leica	Jenoptik
Detektortyp	CCD-Matrix	CCD-Matrix	CCD-Zeile	CCD-Zeile
Sensor Panchromatisch Bildformat	7680 x 13824 Pixel	7500 x 11500 Pixel	12000 Pixel	12000 Pixel
Sensor Multispektral Bildformat	2048 x 3072 Pixel	2400 x 3680 Pixel	12000 Pixel	12000 Pixel
Bildgröße	92.2 x 165.9 mm	67.5 x 103.5 mm	78,0 x .. mm	78,0 x .. mm
Pixelgröße Panchromatisch	12 x 12 µm	9 x 9 µm	6,5 µm	6,5 µm
Brennweite PAN / RGB	120 mm / 25 mm	101.4 mm / 28 mm	62.5 mm / 62,5 mm	150 mm
Radiometrische Auflösung	16 Bit/Pixel	16 Bit/Pixel	16 Bit/Pixel	16 Bit/Pixel
Spektralbereiche	1 PAN, 3 RGB, 1 NIR	1 PAN, 3 RGB, 1 NIR	1 PAN, 3 RGB, 1 NIR	1 PAN, 3 RGB, 1 NIR



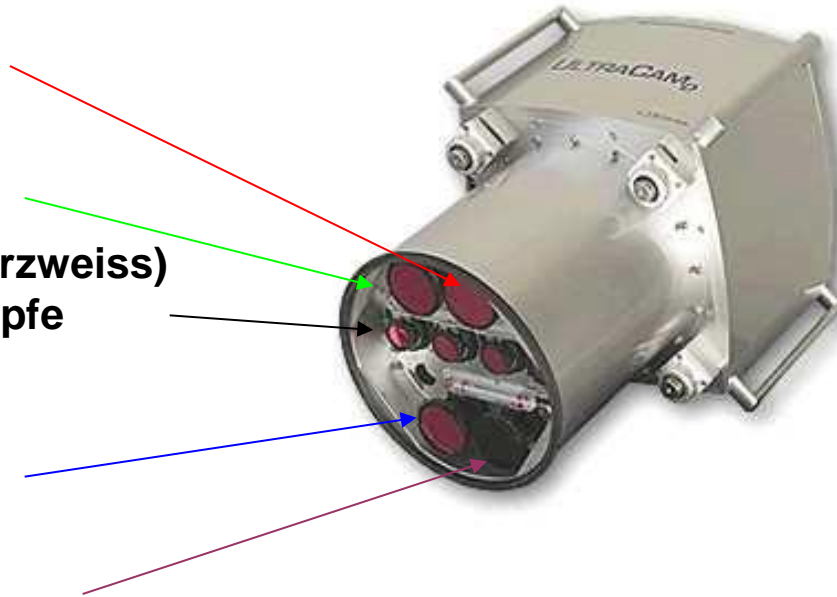
Rot

Grün

Pan (Schwarzweiss)  
4 Kameraköpfe

Blau

Nahinfrarot

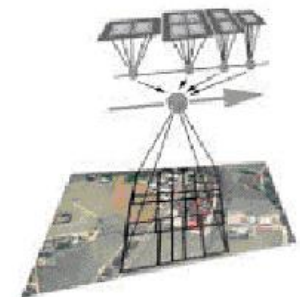


4 Panchromatische Objektive sind in einer Zeile in Flugrichtung angeordnet - werden nicht synchron belichtet.

Farbe und Infrarot - PAN-Sharpening in hoher Auflösung

„panchromatisch“

Bezeichnung für die breitbandige spektrale Empfindlichkeit eines Sensors oder Filmmaterials. Panchromatisch heißt dabei, dass der Sensor über den gesamten Bereich des menschlichen Auges von etwa 400 nm (blau-violett) bis 780 nm (tiefrot) empfindlich ist. Die Abstufung der Grauwerte panchromatischer Daten ist so mit typischen schwarz/weiß Bildern vergleichbar.



# Qualitätsanforderungen an die aus den Bildflügen abgeleiteten Fernerkundungsdaten

## Orientierte Luftbilder

Verwendung:

- Geobasisdaten
- Erstellung, Kontrolle und Fortführung der Produktpalette DGM
- Gebäudeeinmessung nicht grenzbezogener Bauwerke für das Liegenschaftskataster

Qualität:

<b>Bodenauflösung</b>	<b>20 cm</b>
<b>Bildflug</b>	<b>Ost - West / West - Ost</b>
<b>Datentyp</b>	<b>Tiff Tiled</b>
<b>Farbtiefe</b>	<b>16 Bit</b>
<b>Farbraum</b>	<b>rgbi</b>
<b>Längsüberdeckung</b>	<b>60% - 80%</b>
<b>Querüberdeckung</b>	<b>30% - 80%</b>
<b>Standardabweichung der ext. Orientierung X, Y</b>	<b><math>dx, dy \leq \pm 15\text{cm}</math></b>
<b>Standardabweichung der ext. Orientierung der Höhe</b>	<b><math>dz \leq \pm 10\text{cm}</math></b>
<b>Standardabweichung der ext. Orientierung <math>\psi, \varphi</math></b>	<b><math>d\psi, d\varphi \leq \pm 0.002 \text{ gon}</math></b>
<b>Standardabweichung der ext. Orientierung <math>\alpha</math></b>	<b><math>d\alpha \leq \pm 0.02 \text{ gon}</math></b>



# Unterschied DOP - analoge / digitale Luftbildkamera

Analog\_SW\_1:13000\_40 cm



Analog\_RGB\_1:13000\_40 cm



Digital\_RGB\_40 cm



Analog



Digital



# Wie entstehen Luftbilder?



Kamera



# Einbau im Bildflugzeug

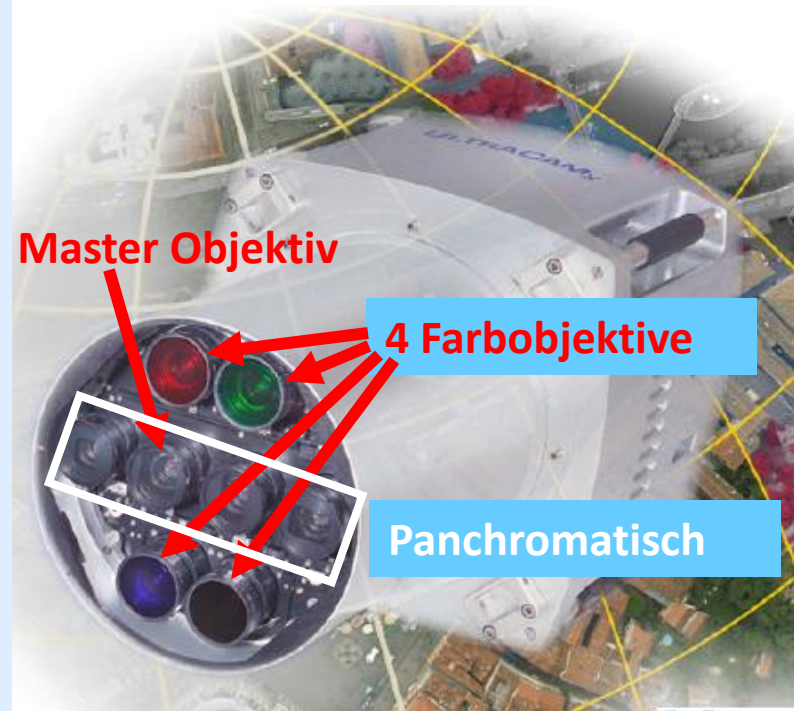


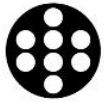
# Kamerasensoren

Die zum Einsatz kommenden Fernerkundungssensoren bestehen aus mehreren Kameraköpfen, aus deren Einzelaufnahmen die Luftbilder zusammengesetzt werden.

Ein Luftbild hat - kann - ist:

- bis zu 4 GB groß
- sieht mehr als das menschliche Auge (4 Farbbänder von 380nm – 1100 nm)
- sehr detailreich (>20cm Pixelgröße am Boden aus 4500m Flughöhe).
- sehr genaues auswerten möglich





## Vexcel Luftbildkamas

- Nadir
- Oblique
- Wide Area Mapping



# Luftbildkameras



VEXCEL  
IMAGING

2003

2006

2008

2011

2014

2017



UltraCam D

UltraCam X

UltraCam Xp  
Falcon Mk2

Eagle

Eagle Mk 2

Eagle Mk 3

90

136

196

260

349

449 MPixel

Vexcel Imaging GmbH

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



Fernerkundung, 3D-Geoinformation

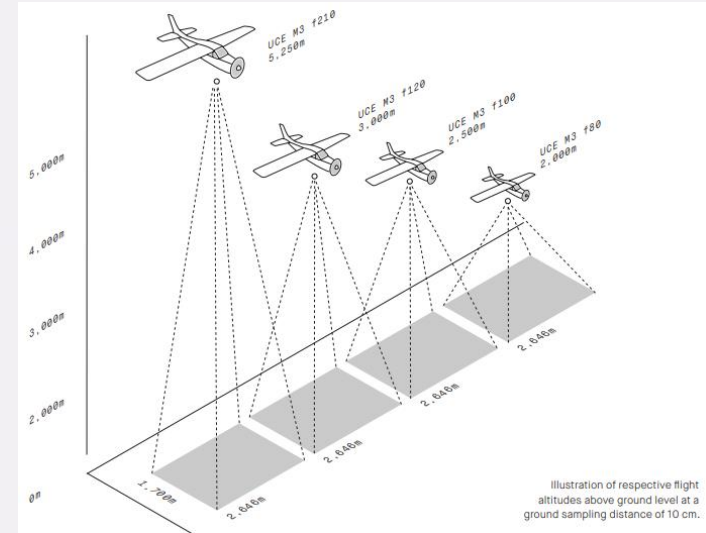
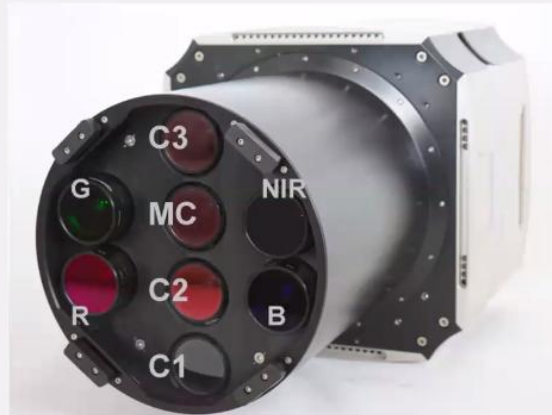


Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation Wiesbaden



## UltraCam Eagle Mark 3

VEXCEL  
IMAGING



- 26460 x 17,004 pixel
- Größter Footprint
- Weniger Gewicht, weniger Stromaufnahme
- Vier austauschbare Linsensystem

Vexcel Imaging GmbH

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





## UltraCam Osprey 4.1 Eine neue Generation von Bildflugkameras

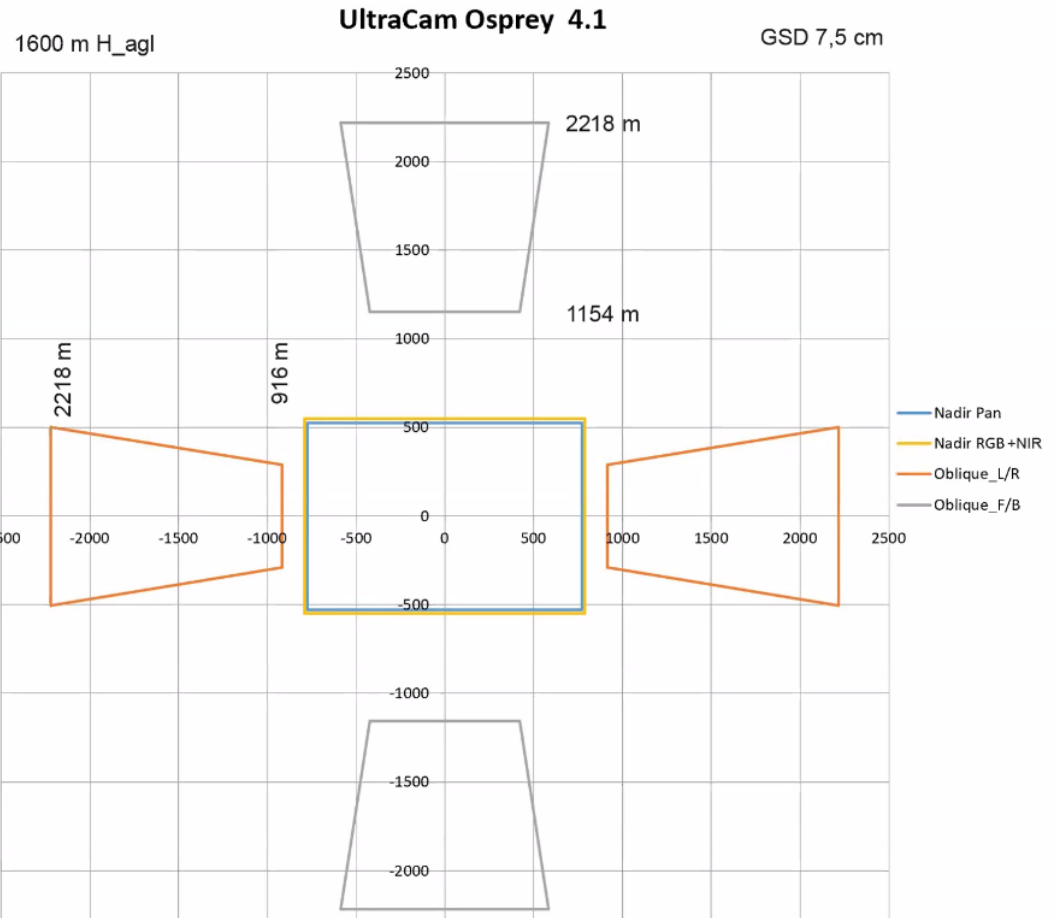


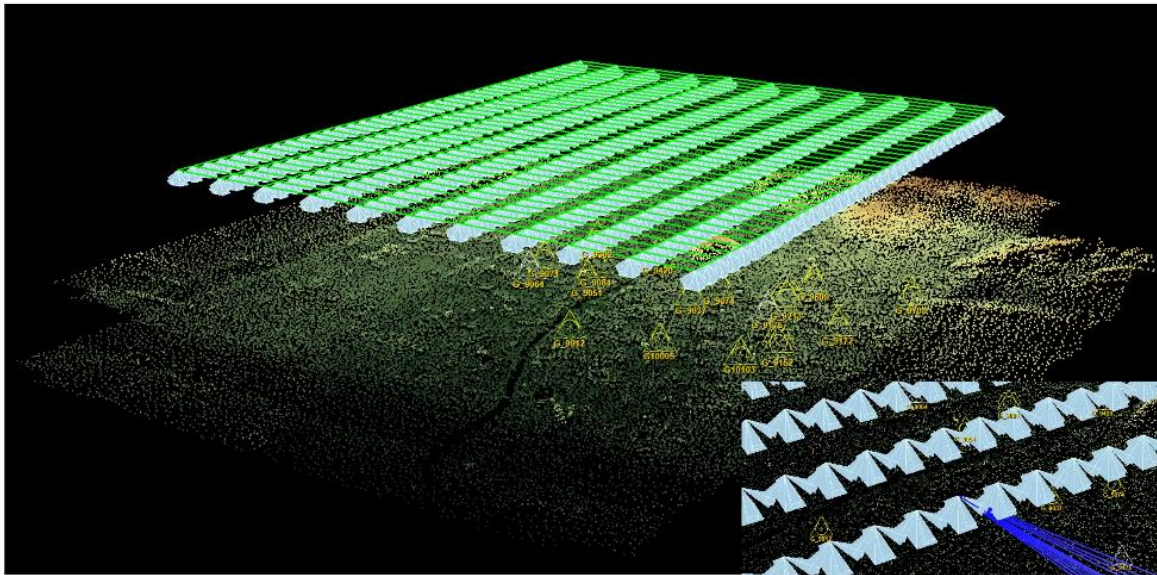
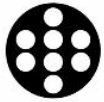
- Mapping grade nadir (pan, 280 Mpix)
- 150 Mpix oblique (4 Richtungen)
- Pixel @ 3,76  $\mu\text{m}$  / 83 dB
- Adaptive Motion Compensation
- 80mm / 120 mm Linsensystem
- 0,7 sec Bildwiederholrate
- 16 TB Speichereinheit (~4100 Bilder)



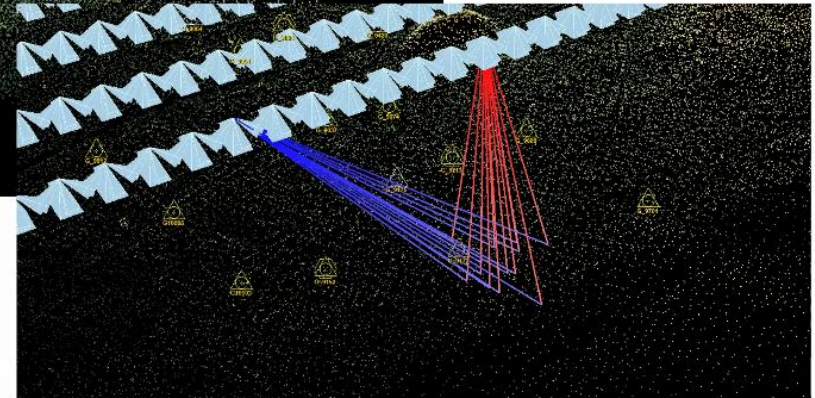
## UltraCam Osprey

Footprint





Darstellung des Bildverbands mit Bildpositionen (Nadir + Oblique) und Verknüpfungspunkten sowie Passpunkten



Detail mit dargestellten Sehstrahlen (Oblique und Nadir)

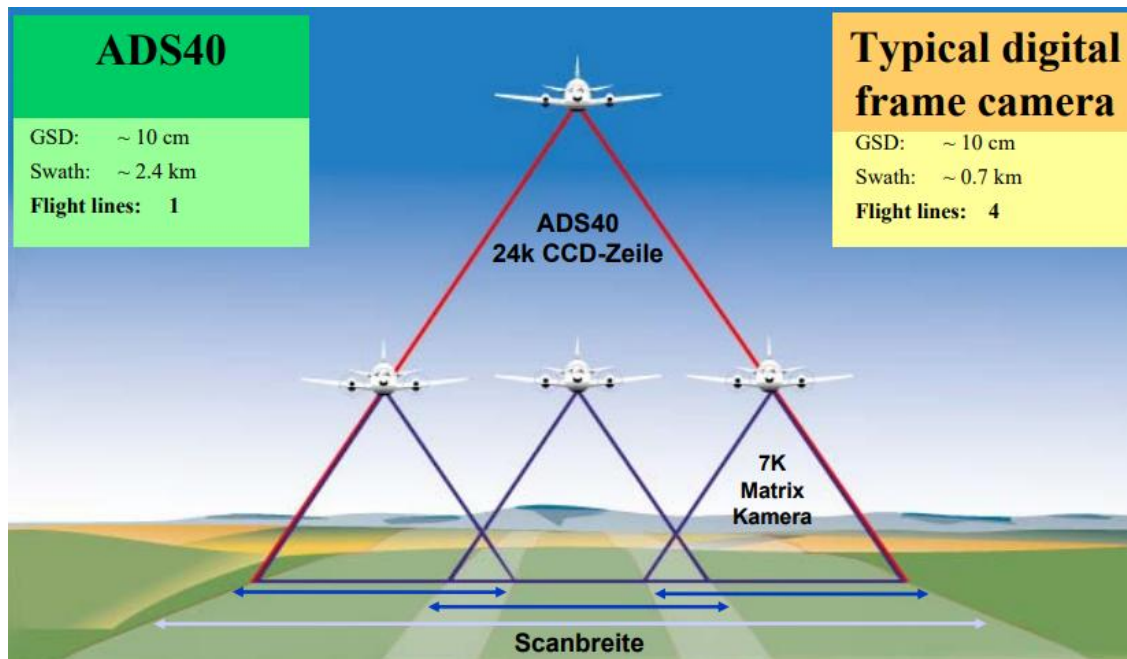
# ADS40 – Airborne Digital Sensor

Leica  
Geosystems

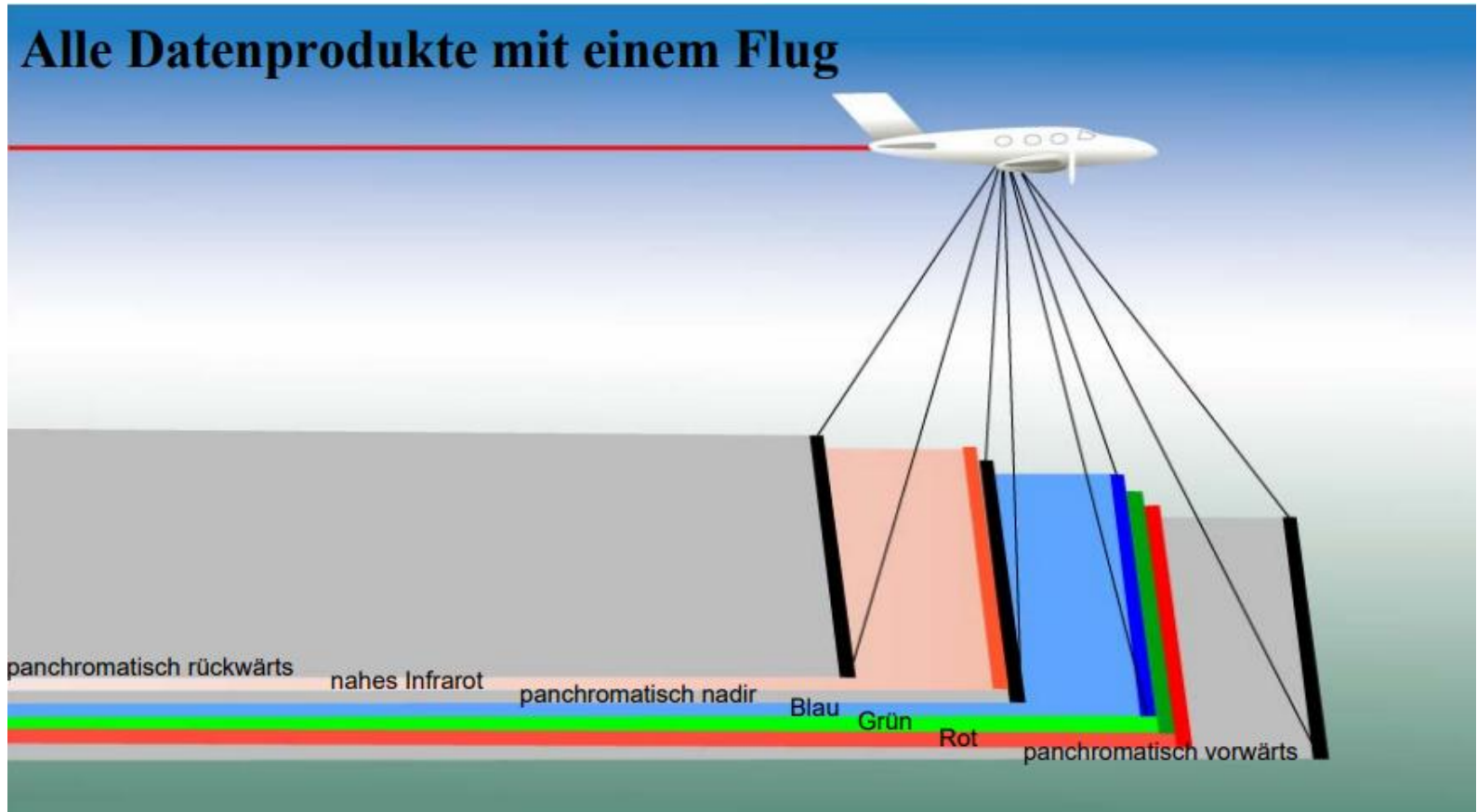


## Allgemeine Information

- Kreiselstabilisierende Plattform.
- GPS/IMU immer notwendig, bei Ausfall Nachflug
- Aufnahmestreifen sind gleichmäßig ausgeleuchtet.
- Die Randzonen des Bildfeldes werden nicht genutzt, daher gegenüber der Frame Kamera homogenere radiometrische Qualität bei den L2-Daten.
- Stressfreie Stereobetrachtung durch konstante geometrische Betrachtungs- und Stereowinkel.



# ADS40 - Grundlagen

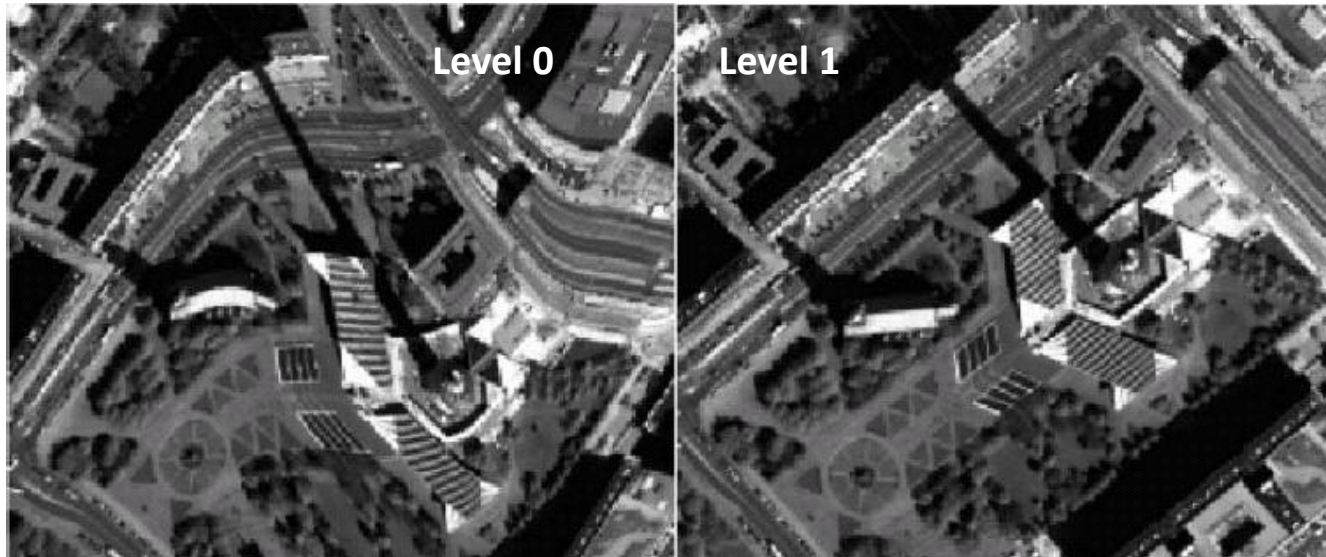


Stereo-Bildstreifen mit 100% Überlappung



# ADS40 - Grundlagen

Leica  
Geosystems



**L0 – Level 0** – unkorrigiertes Rohbild

**L1 – Level 1** – georeferenzierte auf eine Ebene rektifiziertes Bild mit GPro

L1 ohne Triangulation mit Orima sind geeignet für:

- Fernerkundungsaufgaben
- Kleinmaßstäbliche Orthophotos
- Stereobetrachtung und 3D-Perspektiven

L1 mit Triangulation wird benötigt für:

- Digitales Geländemodell
- Digitales Oberflächenmodell
- Großmaßstäbliche u. True-Orthophotos

**L2 – Level 2** – Orthophoto auf der direkten Georeferenzierung  
- Orthophoto nach Triangulation mit Orima

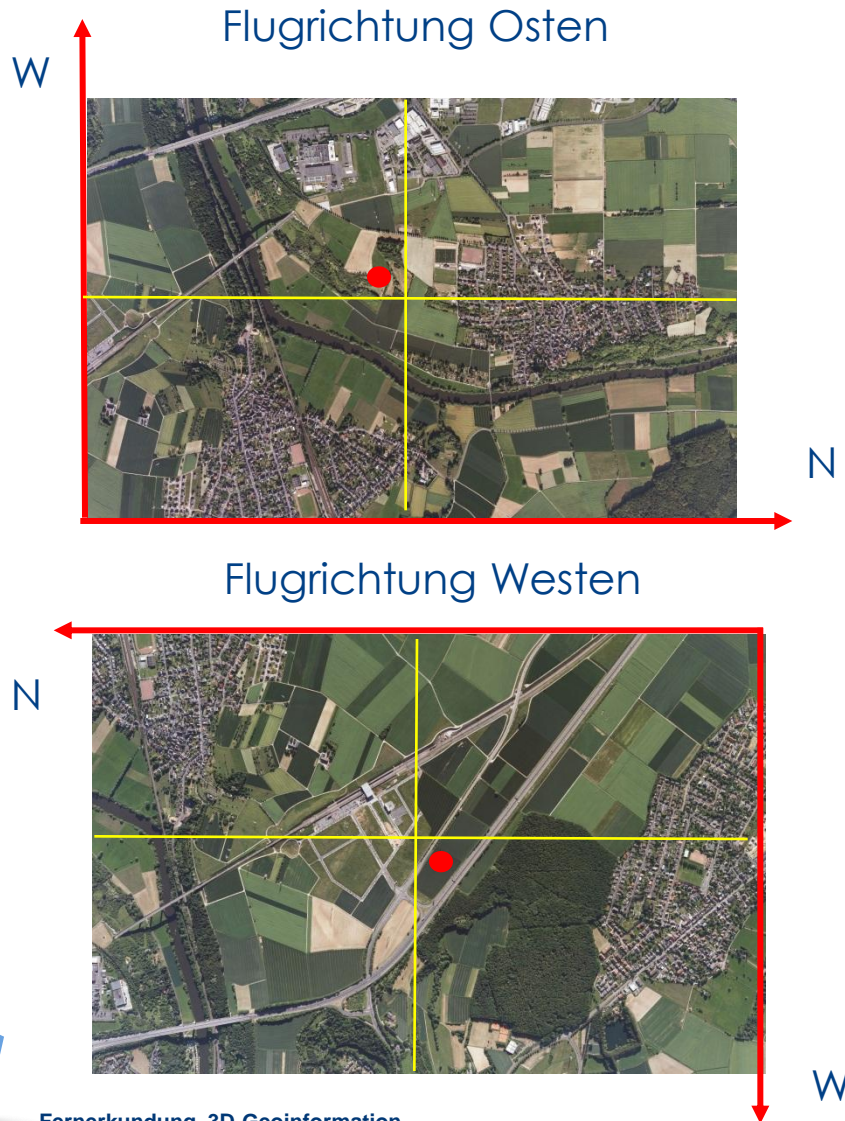


# Kameratypen - UltraCam D

<b>Sensor</b>	<b>7500 x 11500 Pixel</b>
<b>Panchromatisch</b>	
<b>Bildformat</b>	
<b>Bildgröße</b>	<b>67.5 x 103.5 mm</b>
<b>Pixelgröße</b>	<b>9 x 9 <math>\mu</math>m</b>
<b>Panchromatisch</b>	
<b>Brennweite PAN / RGB</b>	<b>101.4 mm</b>
<b>Radiometrische Auflösung</b>	<b>16 Bit/Pixel</b>
<b>Spektralbereich</b>	<b>RGBI</b>



# Kameratypen - UltraCam D bzw. X



## UltraCam

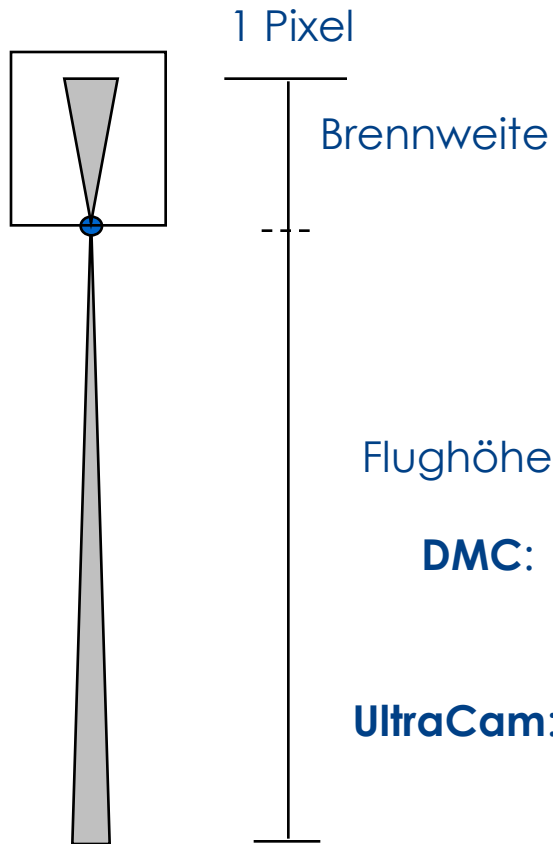
Alle Bilder von Digitalen Luftbildsensoren werden aus Rohdaten in einem Nachverarbeitungsprozess generiert. Dabei wird die Orientierung des Bildes festgelegt. Bei der UltraCam sind die Bilder je nach Flugrichtung gegen Norden links- oder rechts geneigt.

Auch die Bildmitte fällt in der Regel nicht mit dem Bildhauptpunkt zusammen. Die Abweichung ist der Kamerakalibrierung zu entnehmen.



# Vergleich zweier Kameras (mit Flächensensor)

Wegen der unterschiedlichen Auflösung der CCD's ist ein direkter Bildmaßstab berechnet aus dem Verhältnis der Flughöhe zur Brennweite nicht aussagekräftig.



$$\frac{\text{Brennweite}}{\text{Pixelgröße}} = \frac{\text{Flughöhe}}{\text{Bodenauflösung}}$$

$$\text{Flughöhe} = \frac{\text{Brennweite} * \text{Bodenauflösung}}{\text{Pixelgröße}}$$

$$\text{DMC: Flughöhe} = \frac{120\text{mm} * 0.2}{0.012} = 2000 \text{ m}$$

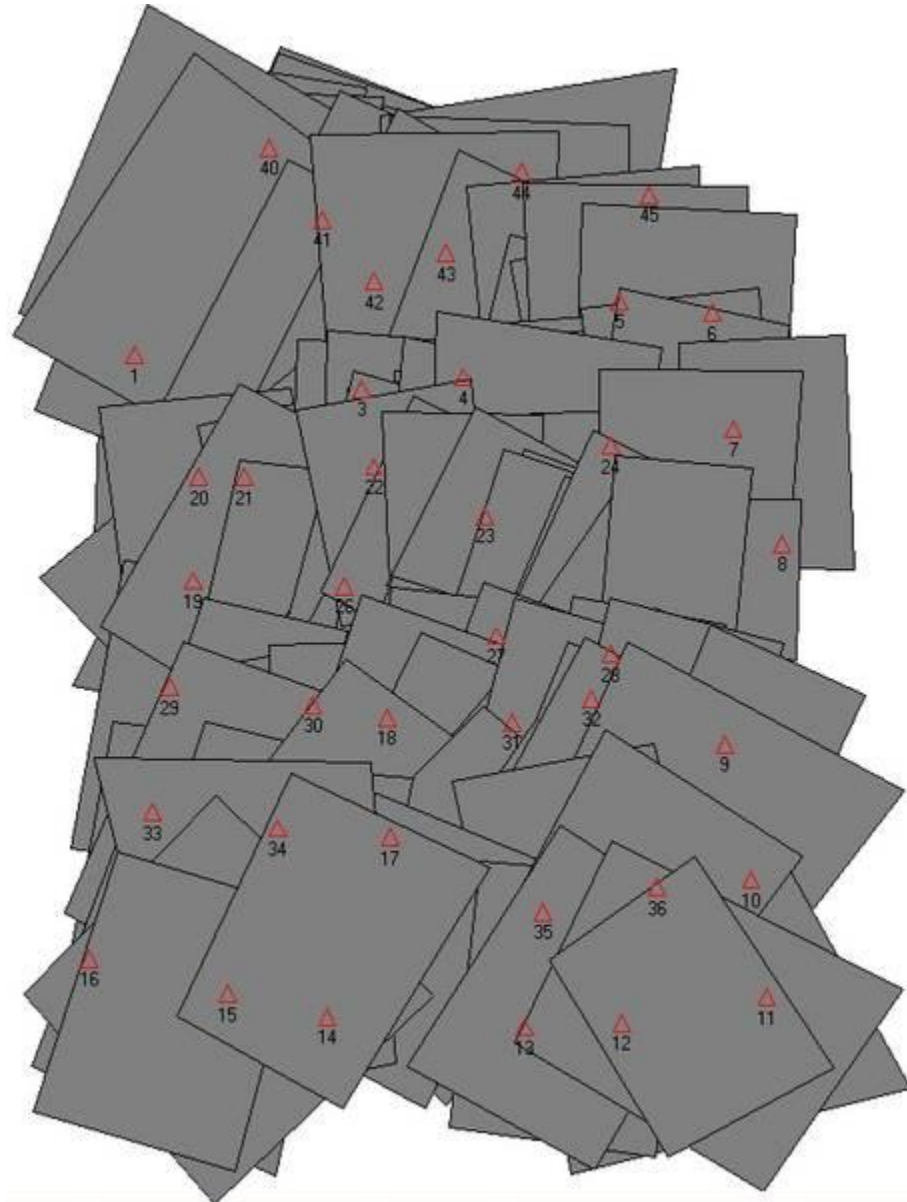
$$\text{UltraCam: Flughöhe} = \frac{101.4\text{mm} * 0.2}{0.009} = 2253 \text{ m}$$

Bodenauflösung (**GSD** = **G**round **S**ampling **D**istance, engl. für Bodenauflösung)



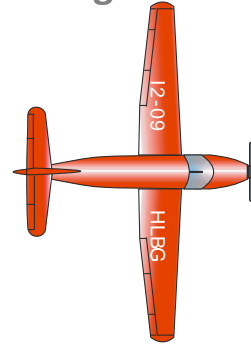
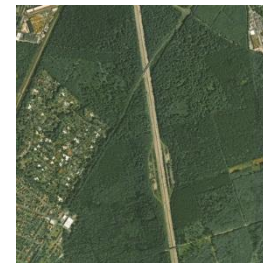
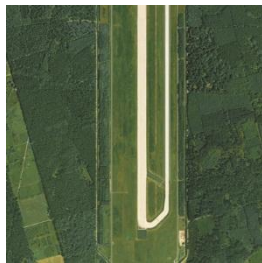
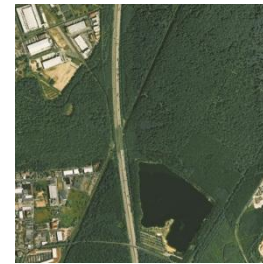
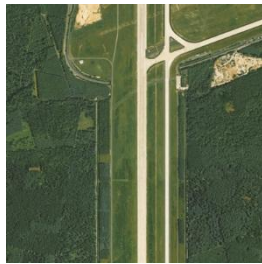
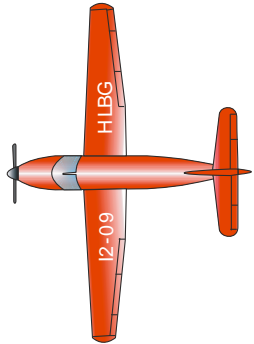
# Bildflugplanung

kann so aussehen...?



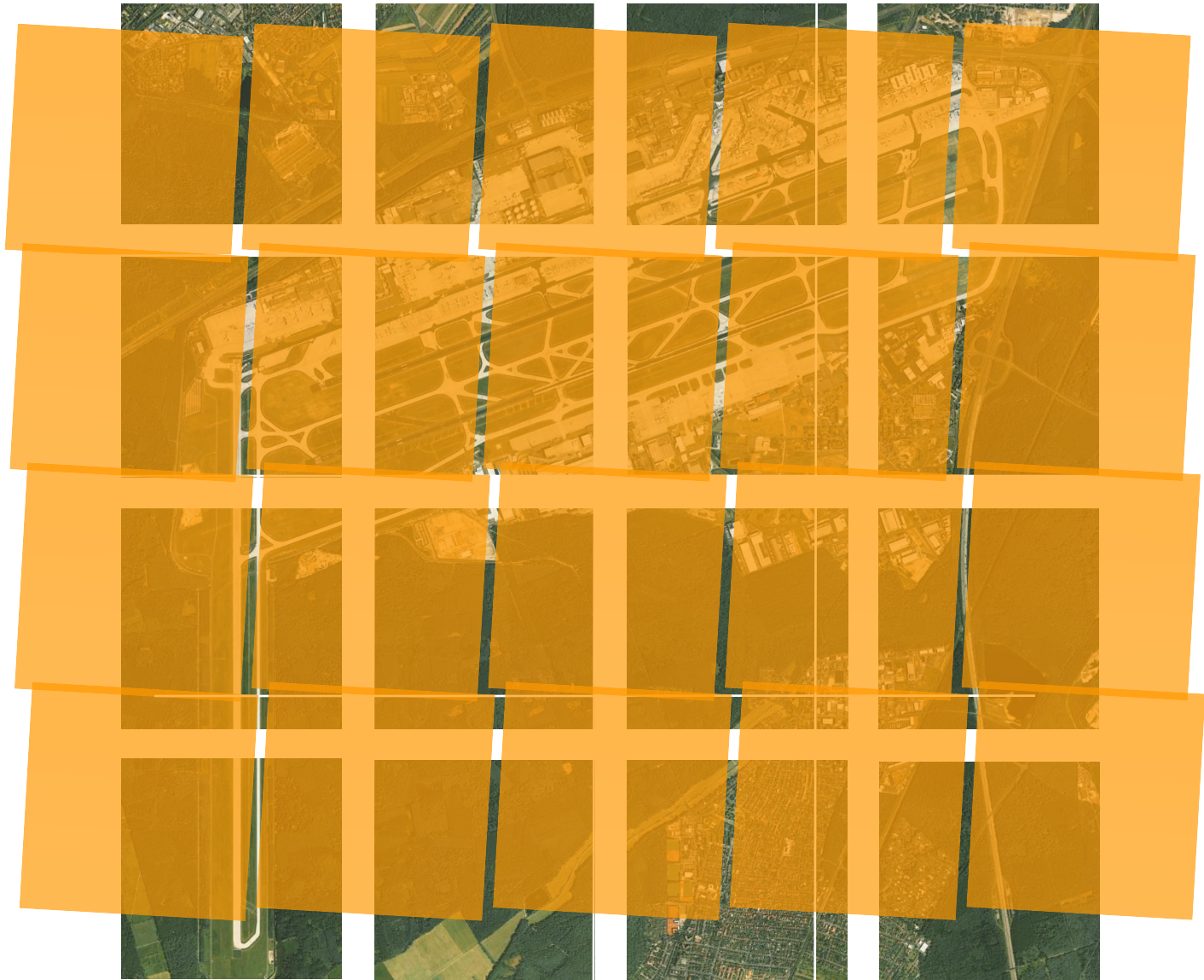
# Bildflug im Rahmen einer Landesbefliegung

Flugzeug fliegt nach Koordinaten / in ca. 2000m – 4000m Höhe / in Ost-West Richtung



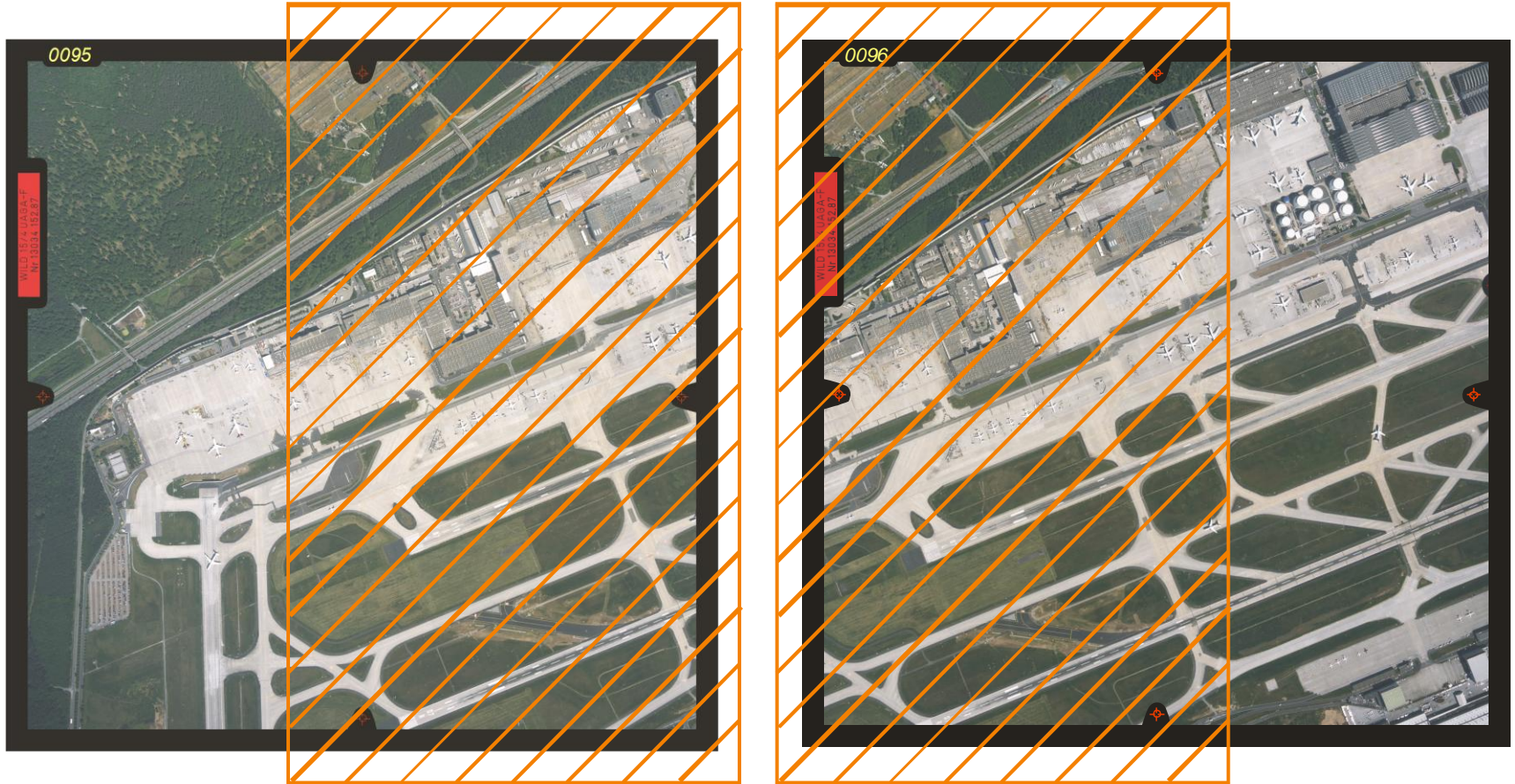
# Bildflug

Hauptbilder      Stereobildpaar      Zwischenbilder



# Stereobilder

mind. 60% Überdeckung in Flugrichtung



# Produktion - Bildflugdurchführung

## Ausschreibungsparameter

<b>Befliegungszeitraum</b>	<b>Mai - Juli</b>	
<b>Sensor</b>	<b>Flächensensor</b>	
<b>Überdeckung</b>	<b>Längsüberdeckung bezogen auf höchsten Geländepunkt</b>	<b>60 % - 80 %</b>
	<b>Streifenüberdeckung bezogen auf höchsten Geländepunkt</b>	<b>30 % - 80 %</b>
<b>Flugstreifentrichtung</b>	<b>Ost - West / West - Ost</b>	
<b>Bodenauflösung</b>	<b>&lt; 20 cm / Pixel</b>	
<b>DGPS</b>	<b>Lage- und Höhengenaugigkeit der Projektionszentren</b>	<b>&lt; 10 cm</b>
<b>Intertialsystem</b>	<b>Genauigkeit der Winkel <math>\omega</math> und <math>\varphi</math></b>	<b><math>\pm 0.005</math> gon</b>
	<b>Genauigkeit der Winkel <math>\alpha</math></b>	<b><math>\pm 0.02</math> gon</b>
<b>Direkte Georeferenzierung</b>	<b>Abweichungen in Lage und Höhe für Bodenpunkte</b>	<b><math>\pm 0,7</math> m</b>



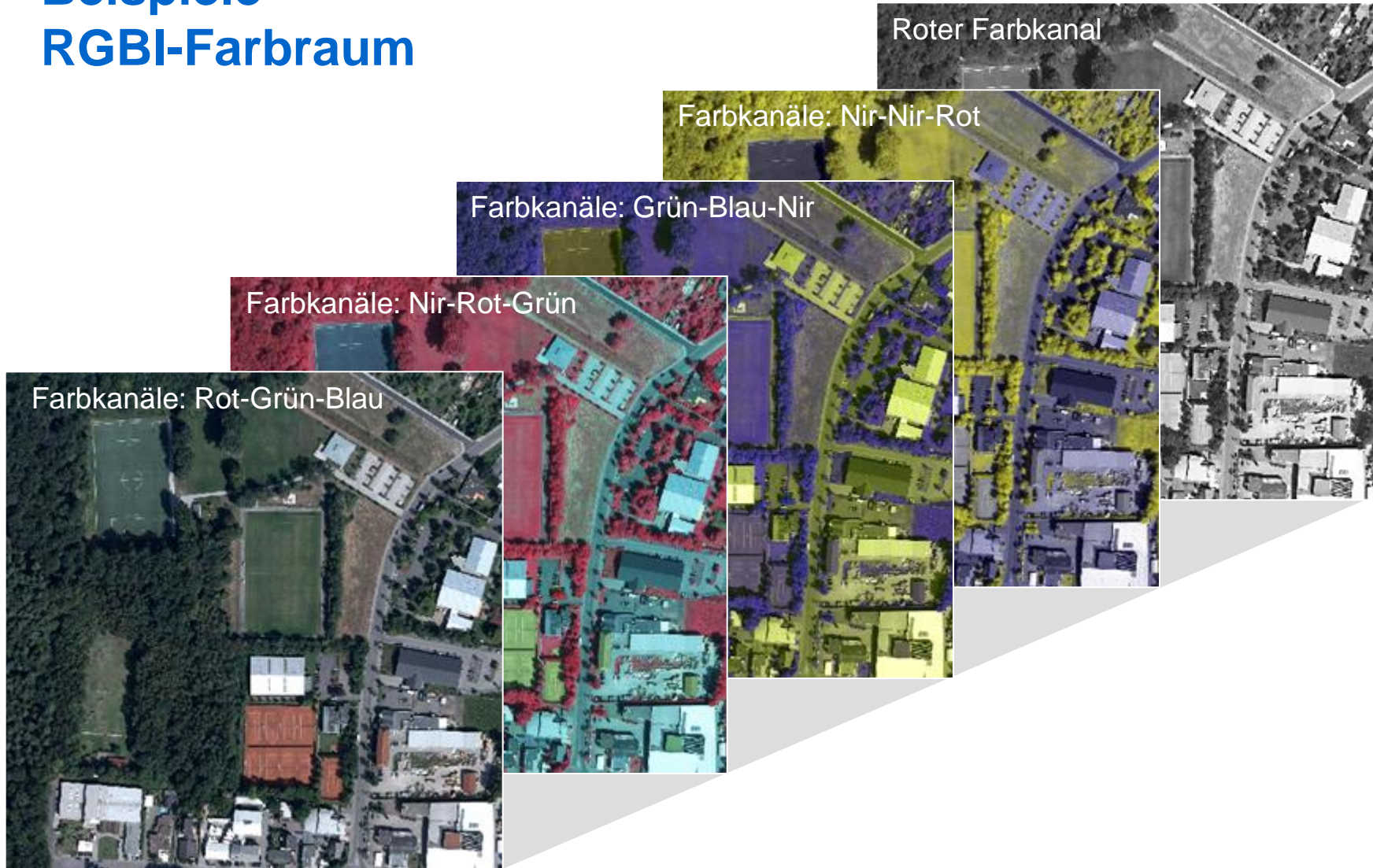
# Beispiele RGBI-Farbraum



# Beispiele RGBI-Farbraum

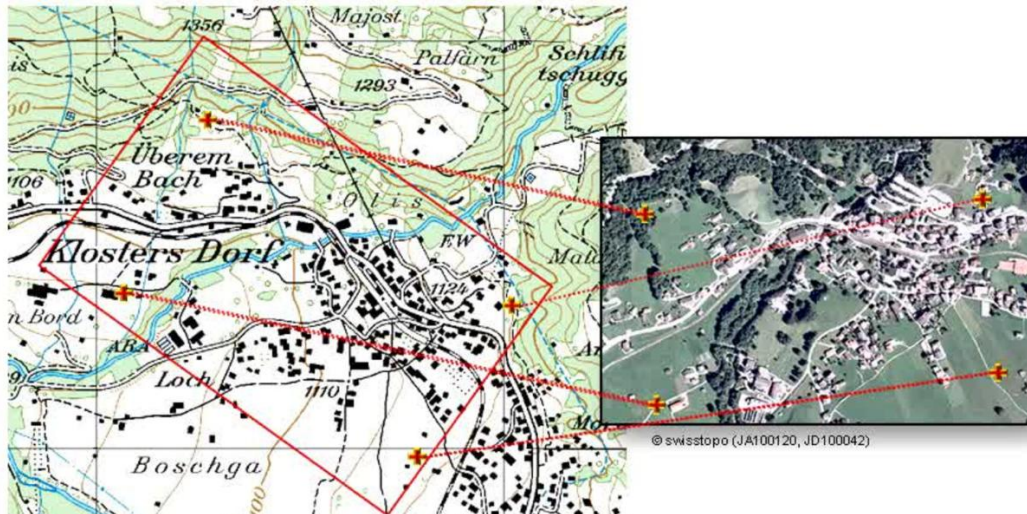


# Beispiele RGBI-Farbraum



# Georeferenzierung

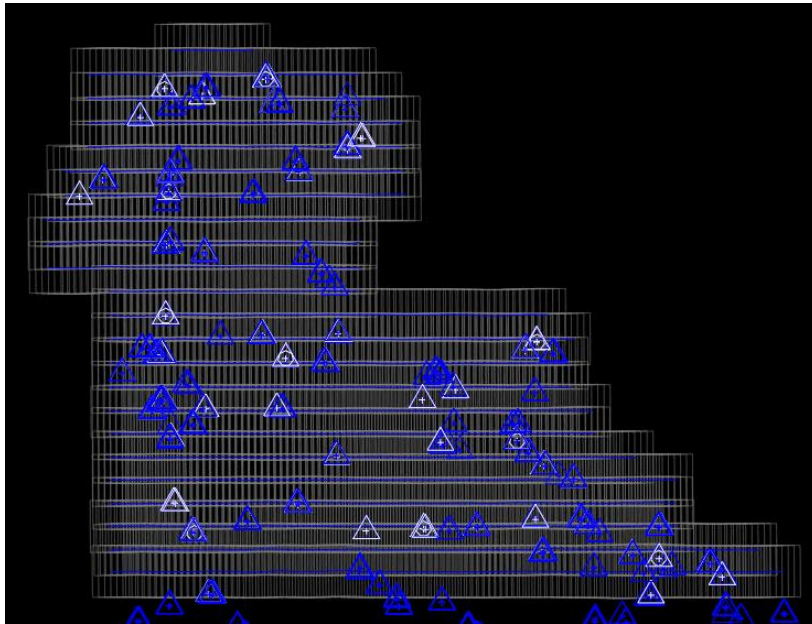
- **Definition:** Vereinfacht gesagt, ist die Georeferenzierung die Zuordnung (und Entzerrung) von Bilddaten zu realen Koordinaten
- **Ziel:** Georeferenzierte Geodaten werden lagerichtig dargestellt und können mit anderen georeferenzierten Daten kombiniert werden
- **Grundlage:** Verwendung von GPS/INS-Daten und/oder (min. 3) Passpunkten (mit bekannten Koordinaten)



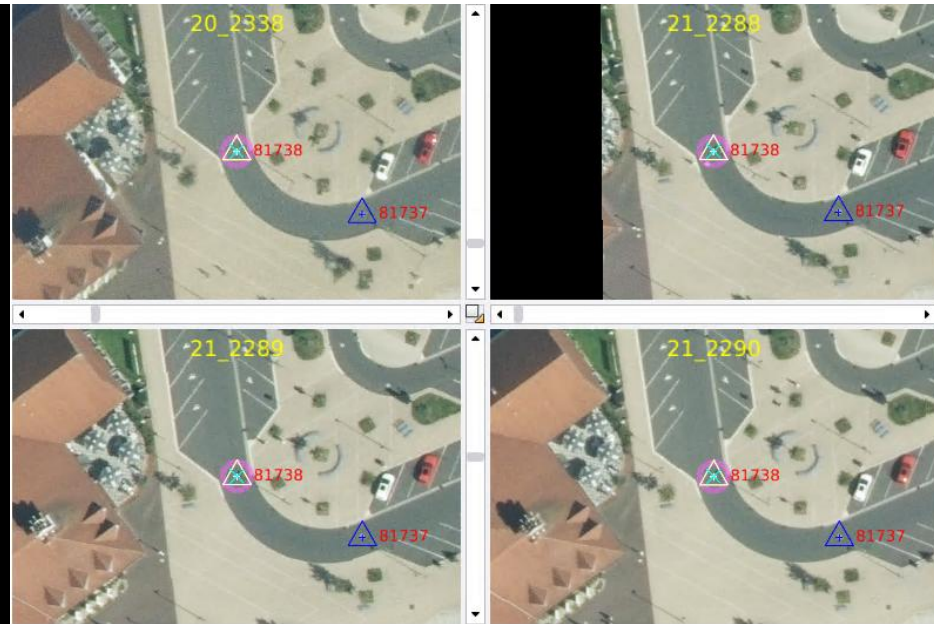
# Georeferenzierung

- **Definition:** Vereinfacht gesagt, ist die Georeferenzierung die Zuordnung (und Entzerrung) von Bilddaten zu realen Koordinaten
- **Ziel:** Georeferenzierte Geodaten werden lagerichtig dargestellt und können mit anderen georeferenzierten Daten kombiniert werden
- **Grundlage:** Verwendung von GPS/INS-Daten und/oder (min. 3) Passpunkten (mit bekannten Koordinaten)

Bildfluggebiet in Hessen inkl. Passpunkte

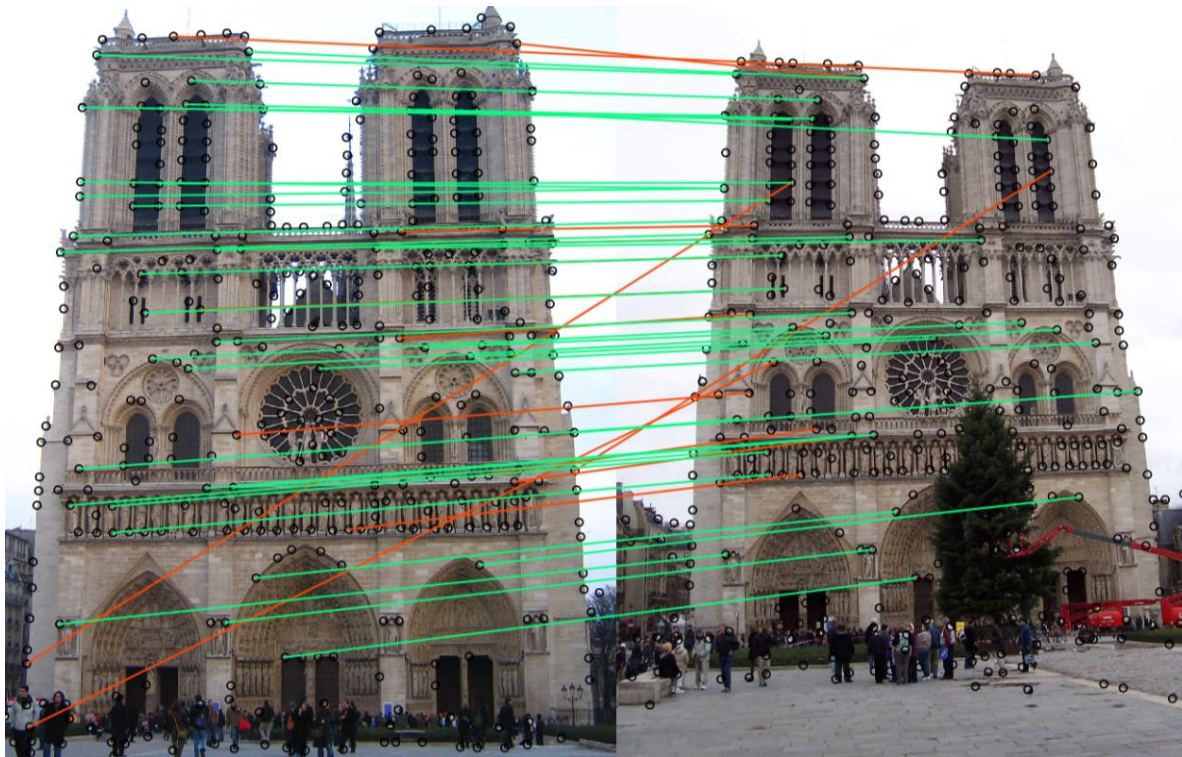


Einmessung von Passpunkten im Luftbild



# Image Matching

- **Definition:** Automatisierter Abgleich von überlappenden (Luft-)Bildern, um identische Bildinhalte zu erkennen → Verknüpfung von Fotos, welche aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen wurden
- **Ziel:** Gleiche Objekte/Punkte in mehreren Aufnahmen finden um ein 3D-Modell abzuleiten. Diese Punkte bilden die Grundlage für das Erstellen von maßstabsgetreuer/entzerrter Orthophotos



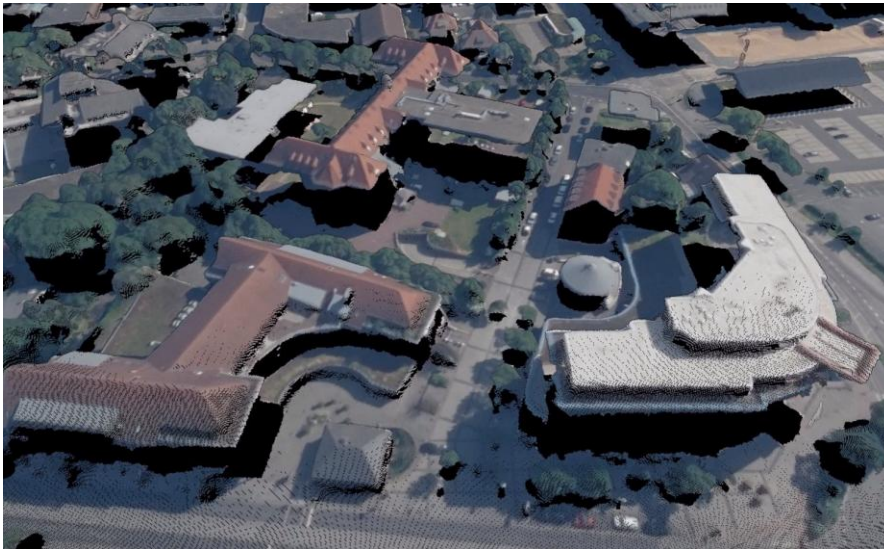
Cs.brown.edu



# Image Matching

- **Definition:** Automatisierter Abgleich von überlappenden (Luft-)Bildern, um identische Bildinhalte zu erkennen → Verknüpfung von Fotos, welche aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen wurden
- **Ziel:** Gleiche Objekte/Punkte in mehreren Aufnahmen finden um ein 3D-Modell abzuleiten. Diese Punkte bilden die Grundlage für das Erstellen von maßstabsgetreuer/entzerrter Orthophotos

Das aus den Luftbildern abgeleitete Modell

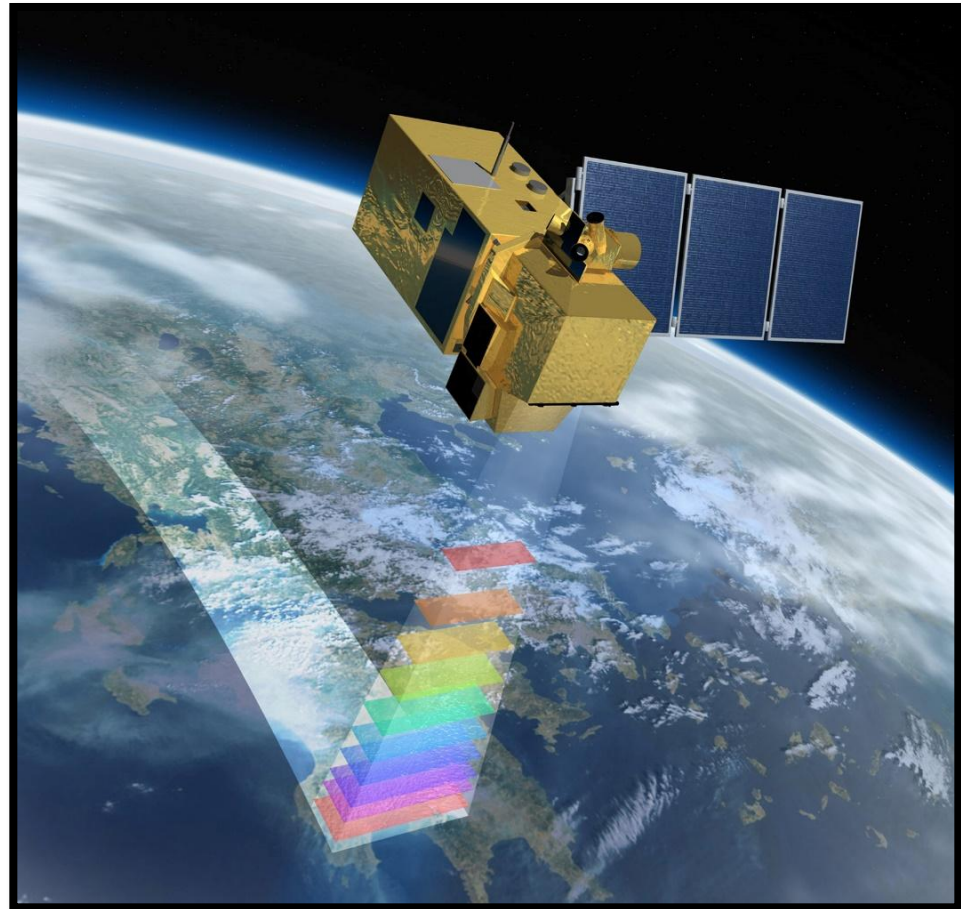
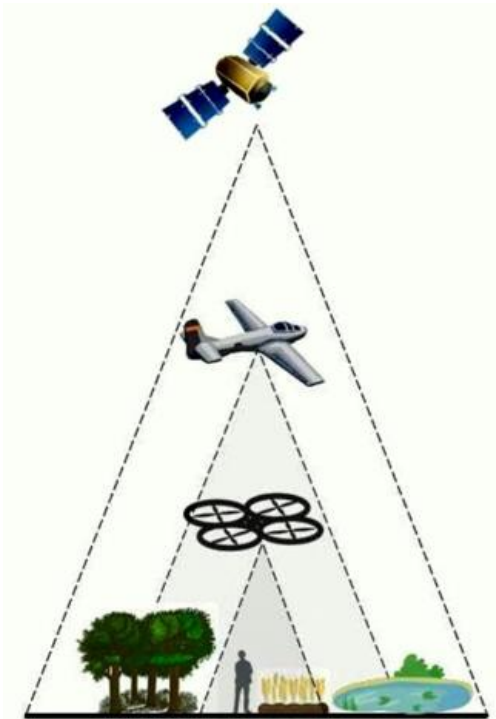


Das dazugehörige Orthophoto (TrueDOP)



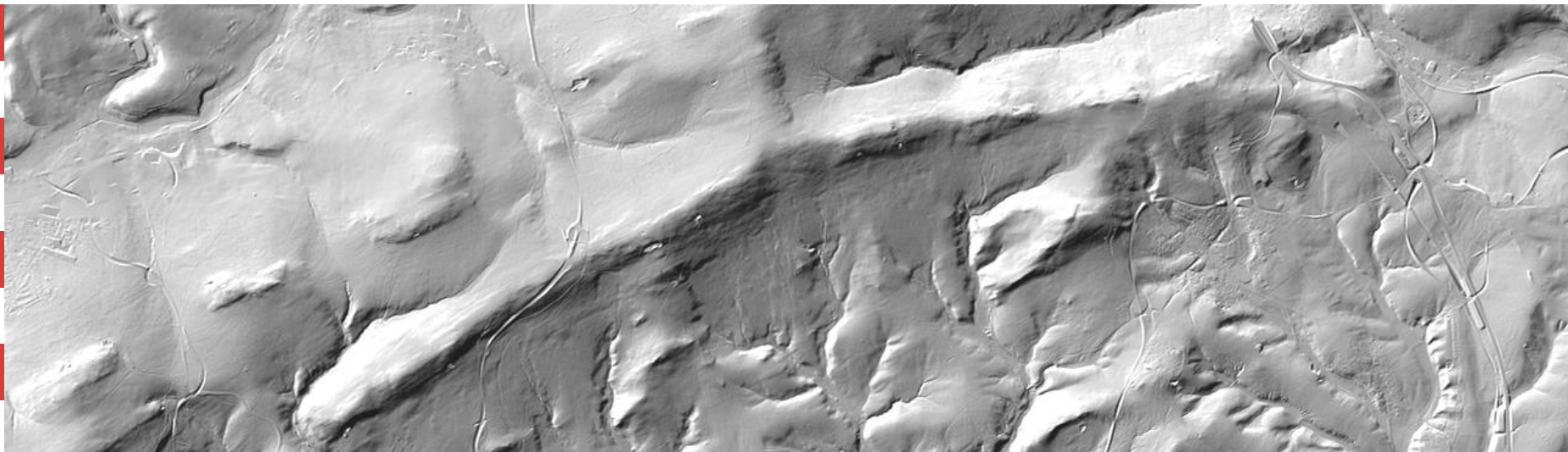
# Satellitenfernerkundung

- Wechsel des Foliensatzes → „2026\_GL\_Fernerkundung\_4\_SatFe“



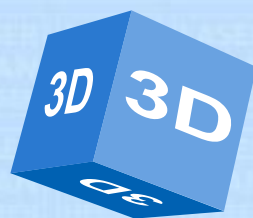
Esa.int  
wiki.waldmonitoring.ch





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)

- **Luftbildausschnitte**

Sind ggf. Vergrößerungen von Ausschnitten in analoger oder digitaler Form nach Kundenwunsch für Interpretationszwecke.

- **Luftbildkarten**

Sind analoge Orthophotos mit ergänzenden Angaben und einem Kartenrand im Blattschnitt der Deutschen Grundkarte (DGK5) 1 : 5.000

- **Digitale Orientierte Luftbilder**

Sind digitale originäre Luftbilder mit berechneten Orientierungselementen (X, Y, Z, Omega, Phi, Kappa für den Bildmittelpunkt), die mit einem überlappenden Nachbarbild sofort ohne weitere Arbeiten in einer photogrammetrischen Auswertestation einen Stereoraum ergeben, in dem 3D Messungen durchgeführt werden können.

- **Digitale Orthophotos (DOP)**

Sind digitale entzerrte Luftbilder, in denen strecken-, flächen- und winkeltreue 2D Messungen vorgenommen werden können.

- **Digitale Geländemodelle (DGM)**

Beschreiben die Geländeform in 3D Koordinaten (X, Y, Z) mit regelmäßigen Punktabständen; sie beinhalten keine Bauwerke und Vegetation.

- **Digitale Oberflächenmodelle (DOM)**

Beschreiben die Erdoberfläche in 3D Koordinaten (X, Y, Z) mit regelmäßigen Punktabständen; sie beinhalten Bauwerke und Vegetation.



# 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)



# Fernerkundung 4

## Satellitenfernerkundung

### Geomatiker Ausbildung

Markus Kurtenbach  
HLBG  
Dezernat I 4  
Fernerkundung, 3D-Geo

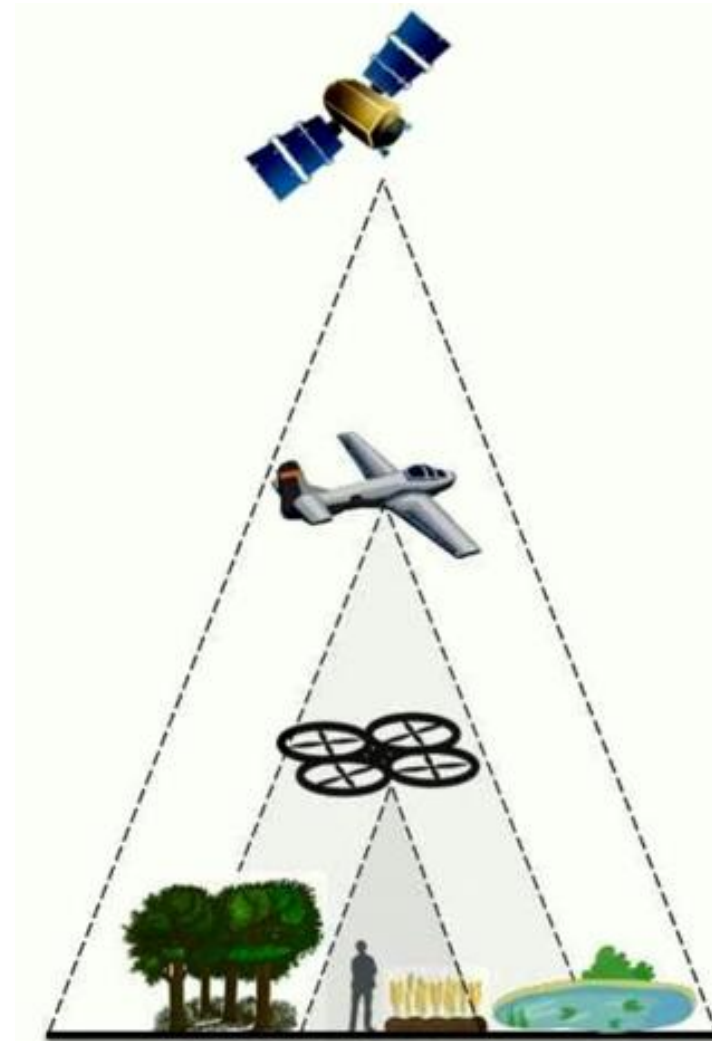


**innovativ.bodenständig.amtlich.**

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

## Fernerkundungsatelliten

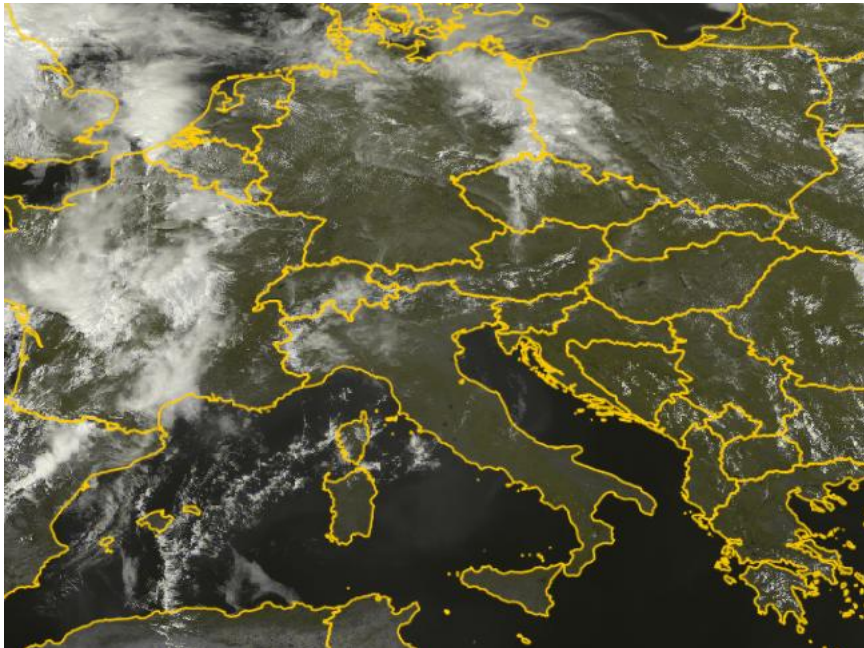
- Fernerkundung ist vielfältig (z.B. Drohne, Flugzeug, Satelliten)
- Es befinden sich eine Vielzahl von Satelliten in der Erdumlaufbahn
  - Wettersatelliten (z.B. Meteosat)
  - Kommunikationssatelliten (z.B. Starlink)
  - Navigationssatelliten (z.B. GPS)
  - Fernerkundungs-/Erdbeobachtungssatelliten (z.B. Sentinel)
- Durch die einzigartige Möglichkeit auch große Gebiete in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung zu erfassen, wird die Satellitenfernerkundung in sehr vielen Disziplinen eingesetzt.



wiki.waldmonitoring.ch

## Fernerkundungsatelliten

- Wetter-Satelliten überwachen mit hoher zeitlicher Auflösung (wenige Minuten) das Wettergeschehen der Erde. Die Sensorik ist sehr vielfältig, sodass sowohl das sichtbare Licht, aber auch Infrarotstrahlung erfasst wird. Aktive Wetter-Satelliten sind bspw. **METEOSAT, HIMAWARI**



Dwd.de

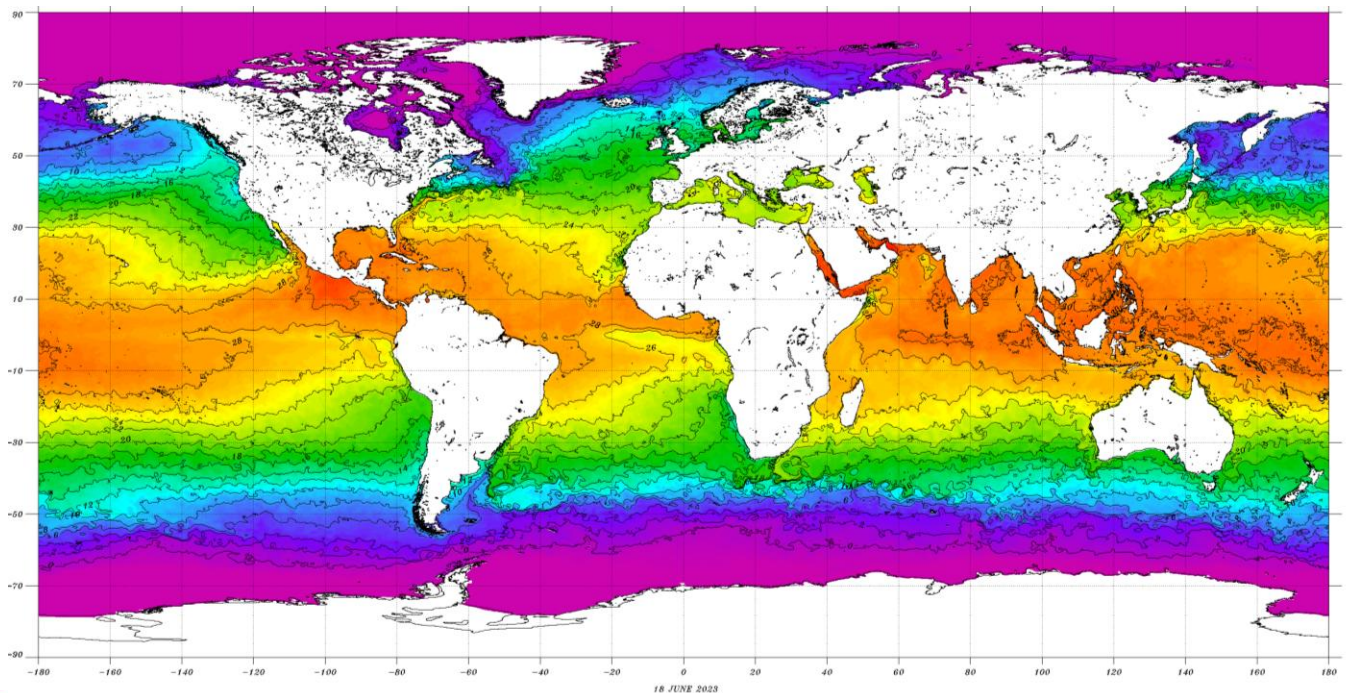


Esa.int

Daten des Copernicus-Programms in der HVBG

## Fernerkundungsatelliten

- AVHRR („Advanced Very High Resolution Radiometer“) ist ein multispektraler, satellitenbasierter Fernerkundungssensor der NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) zur Überwachung der globalen Oberflächentemperatur der Weltmeere. Aktive Satelliten sind bspw. **GOES** & **POES**



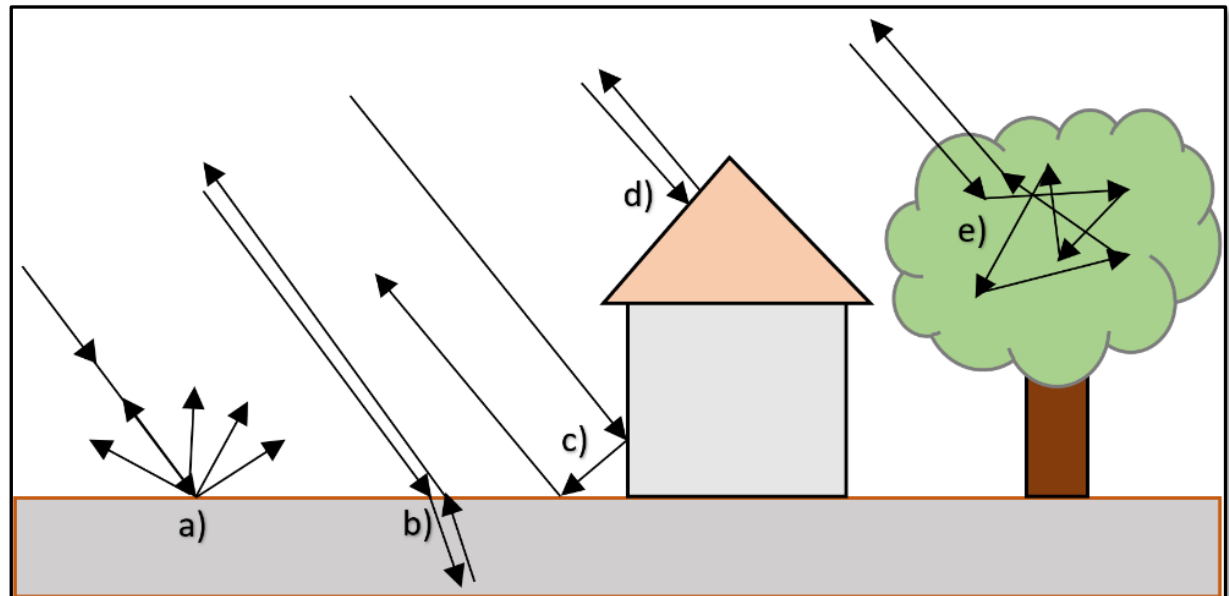
Esa.int

## Fernerkundungsatelliten

- RADAR-Satelliten senden Mikrowellen-Signale aus und empfangen diese nach der Reflektion/Interaktion mit der Erdoberfläche. Aktive RADAR-Satelliten sind beispielsweise **Sentinel-1** und **TerraSAR-X**



Esa.int



***Aber was nutzen wir eigentlich in Hessen (bzw. der HVBG)?***

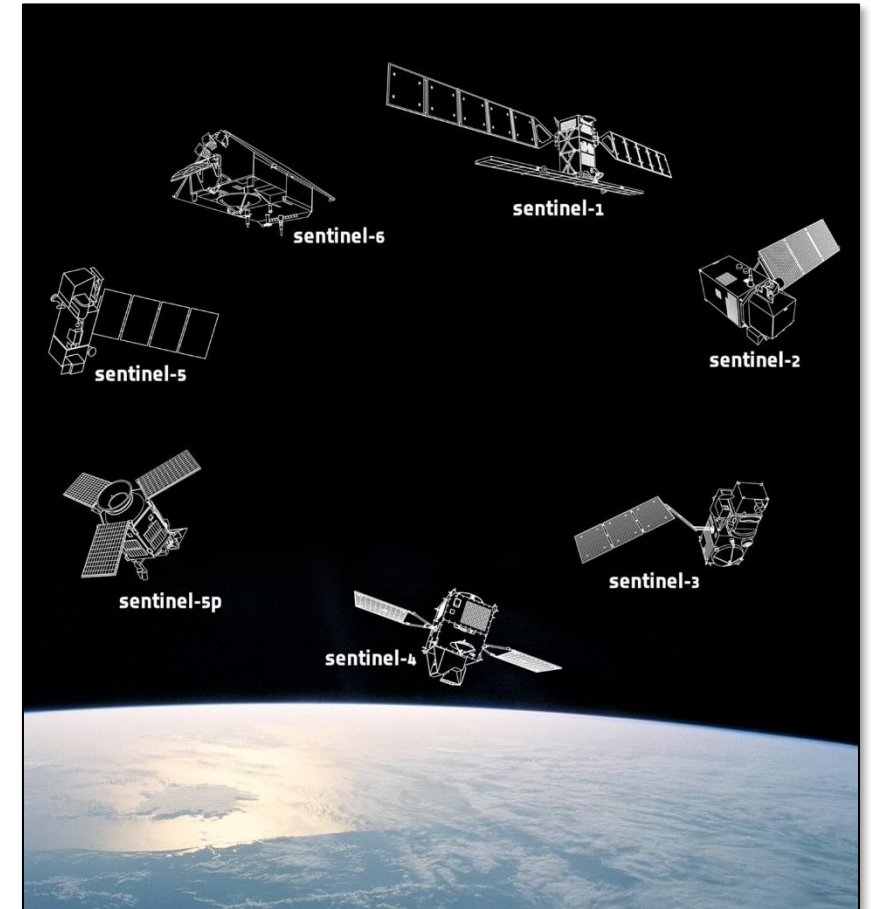
## Copernicus

- Nachhaltiges, unabhängiges Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Kommission (EK) und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA)
- Beobachtungssystem seit 2014
- Dienste und Daten kostenfrei
- Vielzahl an Satellitendaten  
→ Kernkomponente: Sentinel-Satelliten



## Copernicus-Daten

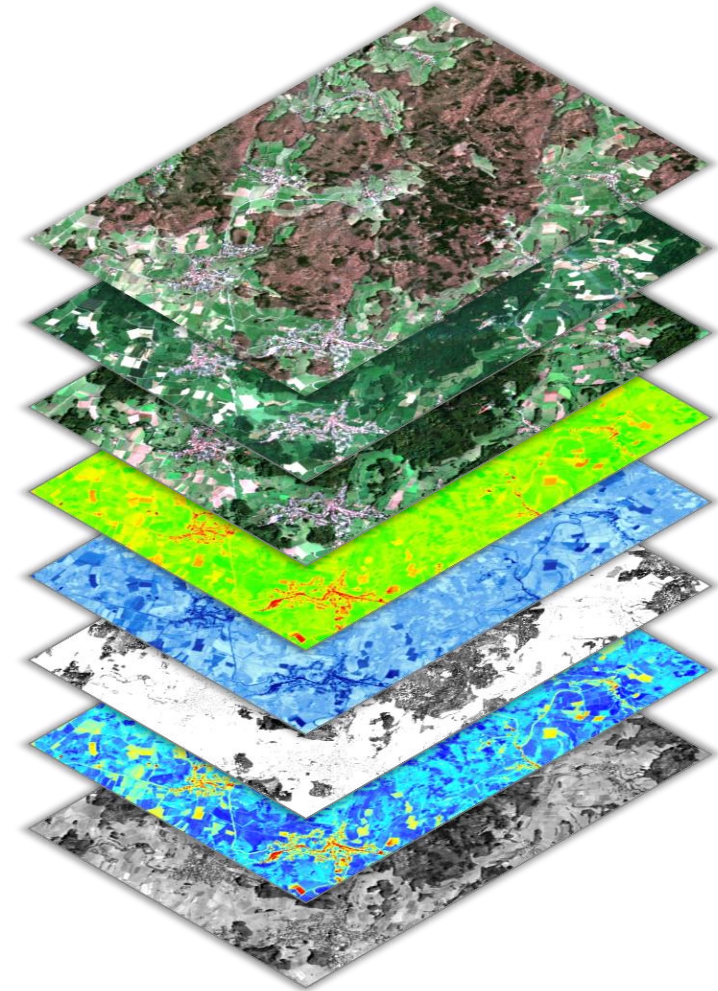
- Kostenfreie Sentinel-Daten mit großem Potenzial
- Vielfältige Sensortypen & hohe Wiederkehrrate
- Anwendungsbereiche:
  - Umwelt-/Naturschutz: z.B. Vitalitätsmonitoring, Algenblüte
  - Landwirtschaft: z.B. Vegetationszyklen, InVeKos
  - Wald-/Forstwirtschaft: z.B. Waldschäden- & Biomassedetektion
  - Landmonitoring: z.B. Landnutzungsmanagement
  - Katastrophenschutz: z.B. Hochwasser- & Branddetektion
- Global bis zu 12 Terabyte Daten pro Tag



esa.int

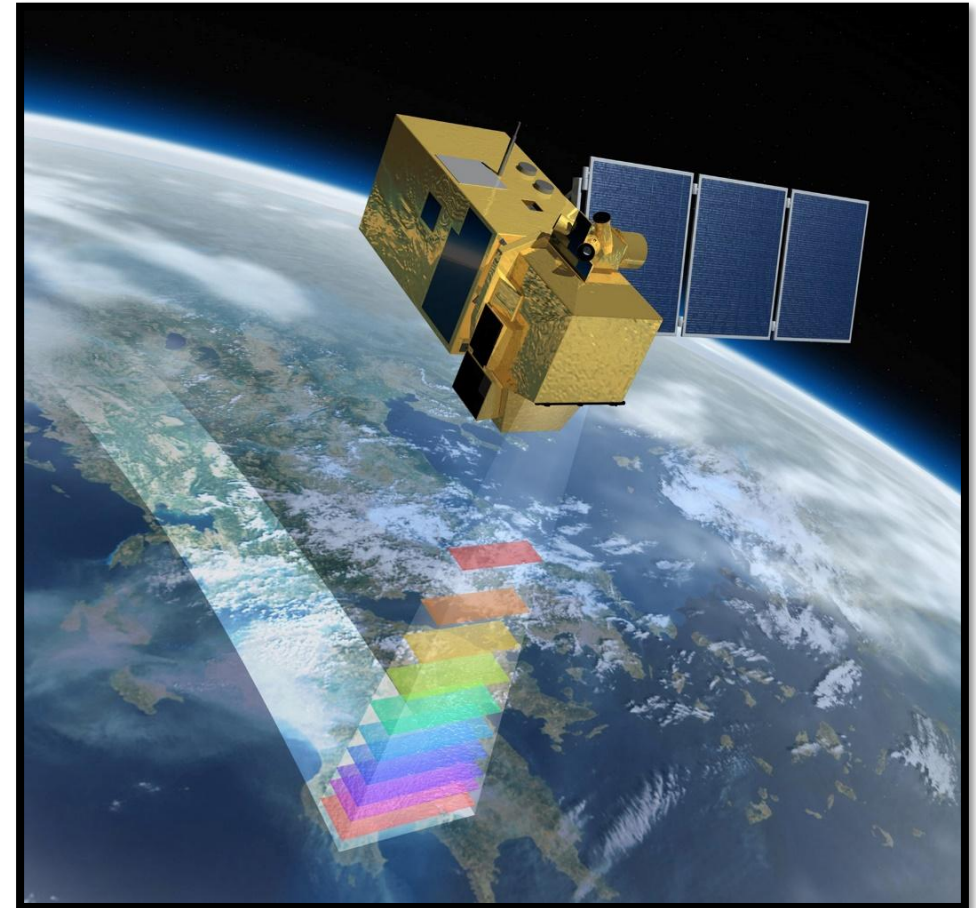
# Copernicus-Daten - Herausforderungen

- Datenhandling (Stichwort: Massendaten)
  - Datenbeschaffung
  - Datenhaltung
    - Speicherung/Sicherung, Pflege usw.
  - Datenaufbereitung
    - IT-Infrastruktur
    - Software
- Potential ausschöpfen
  - Bedarfe/Anwendungen eruieren
  - Verschneidung mit / Ergänzung von weiteren Geo(fach)daten



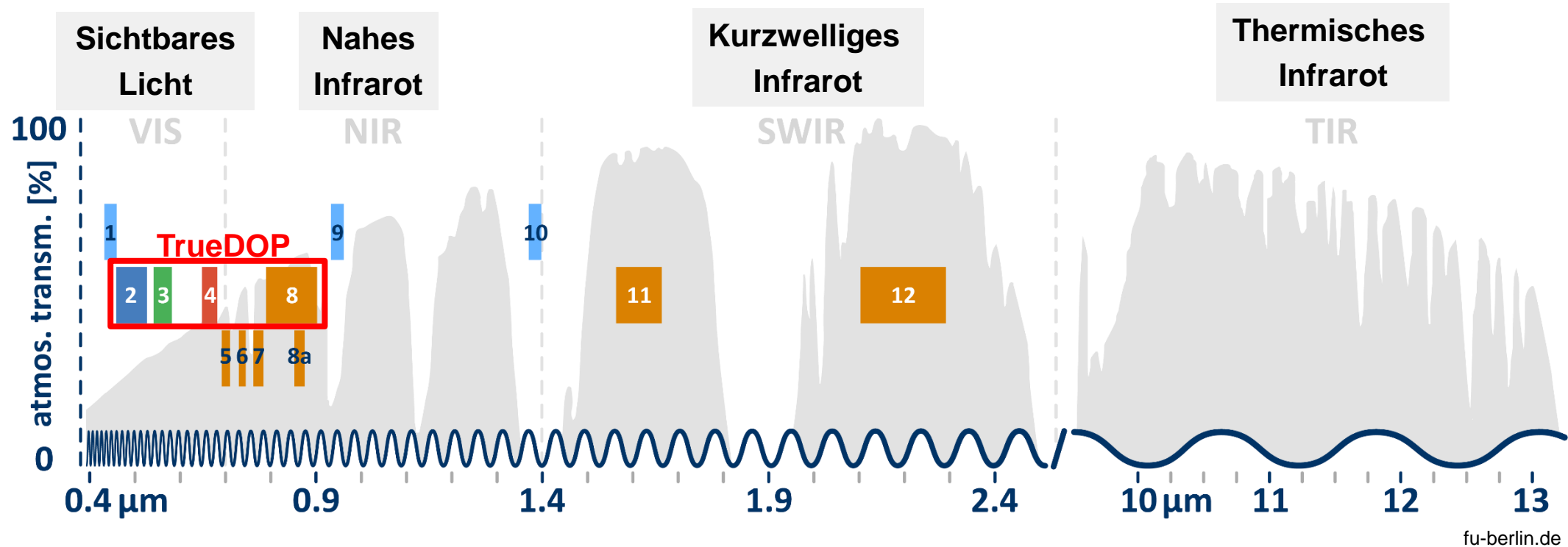
## Sentinel-2: Allgemeine Informationen

- **Start:**
  - 23. Juni 2015 (S2A)
  - 7. März 2017 (S2B)
  - September 2024 (S2C)
- **Umlaufbahnhöhe:** 786km, sonnensynchron
- **Auflösung:**
  - Zeitlich: 5 Tage in Kombination beider S.
  - Radiometrisch: 12 Bit
  - Spektral: 13 Bänder inkl. RGBI
  - Räumlich: 10, 20, 60m



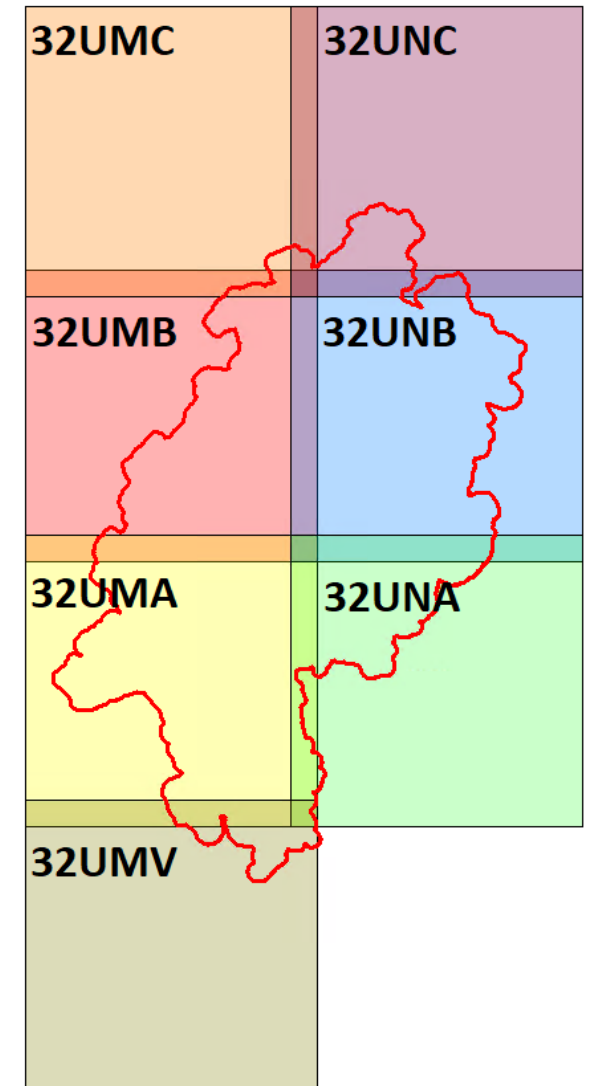
esa.int

## Sentinel-2: Allgemeine Informationen



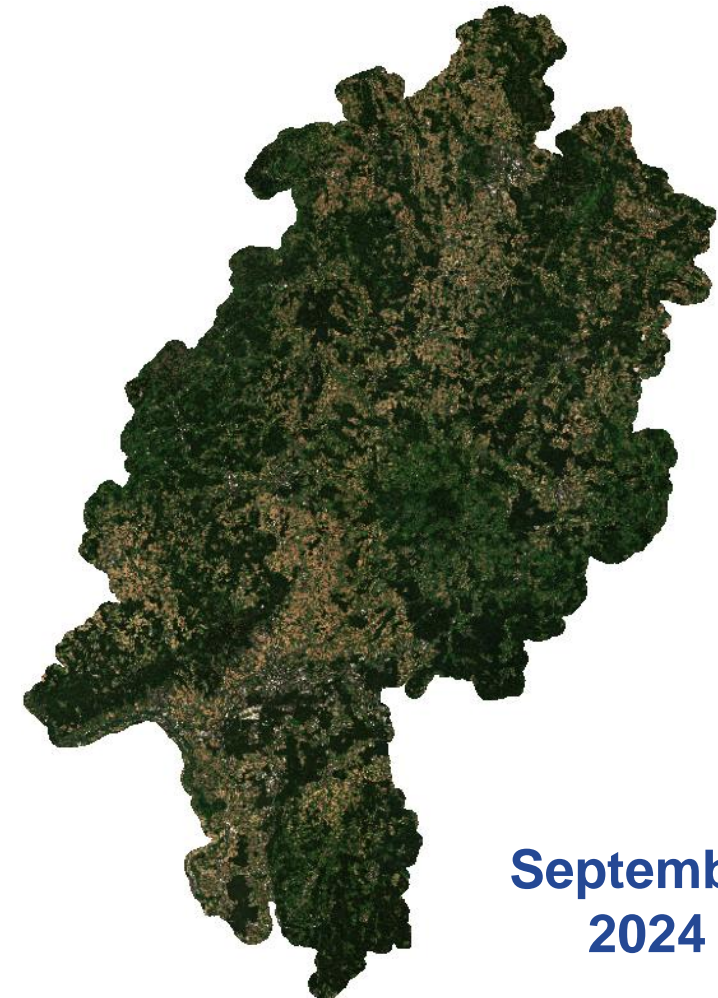
## Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Seit Juni 2021: Wolkenfreie Sentinel-2 Monatsmosaik
- Infos:
  - Zeitliche Aufl.: Monatlich (je nach Wolkenbedeckung)
  - Räumliche Aufl.: 10m
  - Spektrale Aufl.: 10x Sentinel-2 Bänder (10m und 20m)
  - Indizes:
    - NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
    - NDWI: Normalized Difference Water Index
    - SAVI: Soil-Adjusted Vegetation Index
  - Zuschnitt: Hessengrenze (inkl. 2km Puffer)



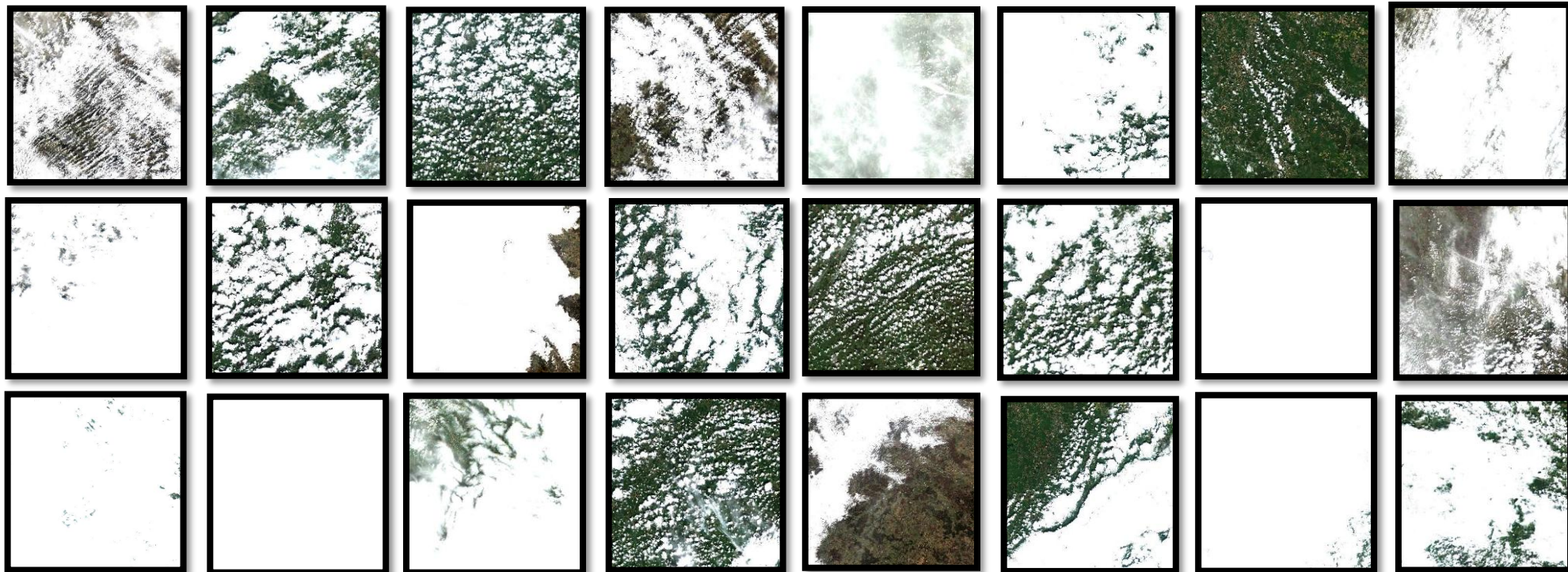
## Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- 2021:
  - Juni
  - Juli
  - September
  - Dezember
- 2022:
  - Februar
  - März
  - Juni
  - August
- 2023:
  - Februar
  - April
  - Juni
  - September
  - Oktober
- 2024:
  - Januar
  - August
  - September
- 2025:
  - Februar
  - März
  - April
  - Mai
  - Juni
  - August
  - Dezember
- 2026:
  - März



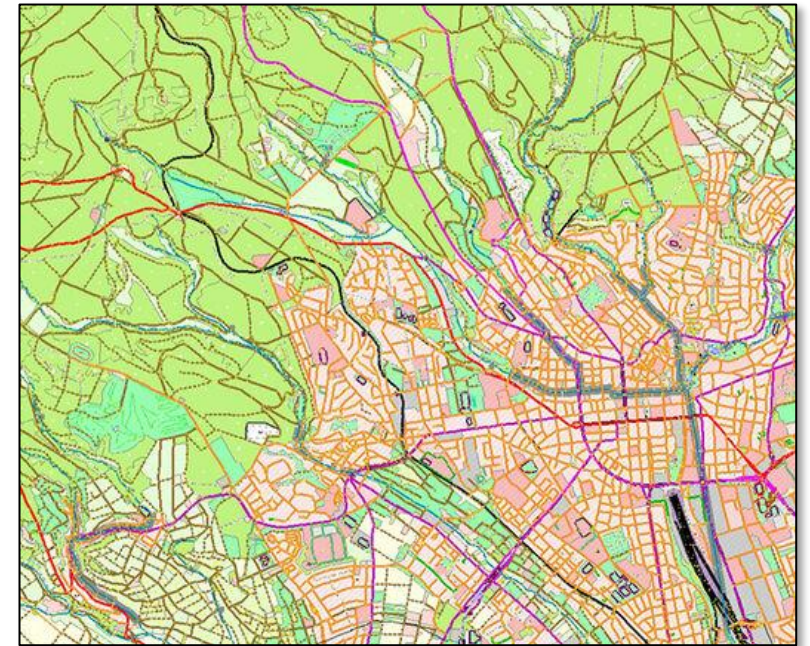
**September  
2024**

## Wolkenbedeckung von 32UNB (Orb. 108) im Zeitraum 01. Feb. bis 30. Juni



## Anwendung der Sentinel-2 Hessenmosaik in der HVBG

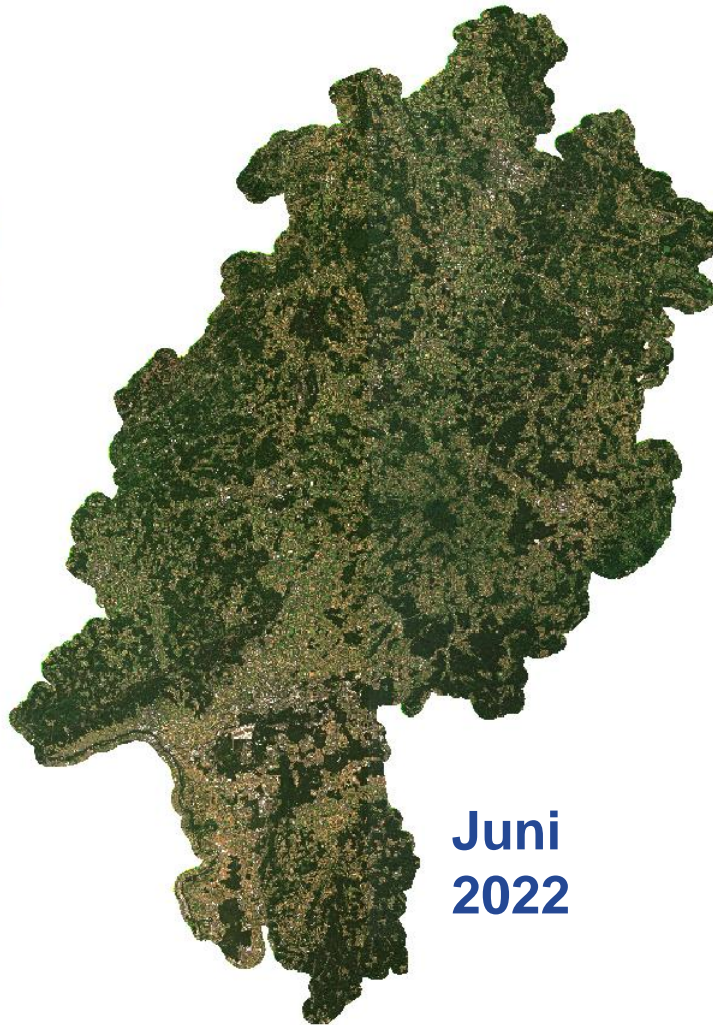
- Digitales Basis-Landschaftsmodell (ATKIS® Basis-DLM)
  - Datengrundlage für Digitale Topographische Kartenwerke (ATKIS® DTK)
- AdV-Vorgabe: Steigerung der Grundaktualität von 5 auf 3 Jahre
- Bisheriges Verfahren zur Aktualisierung des Basis-DLM musste beschleunigt werden



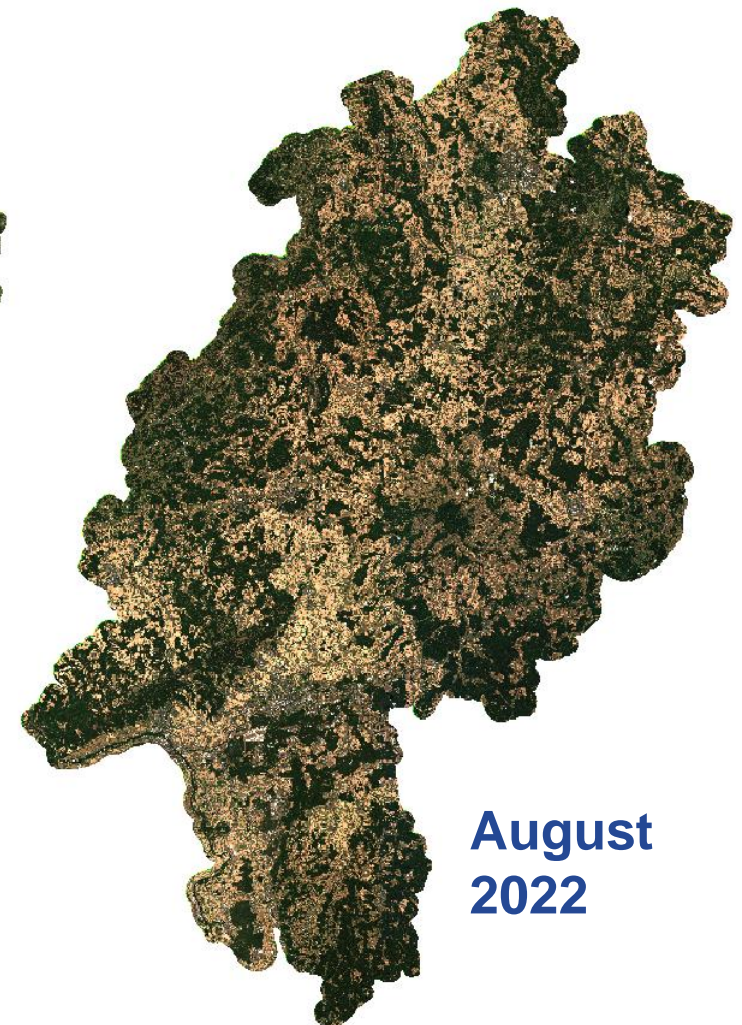
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG



**März  
2022**

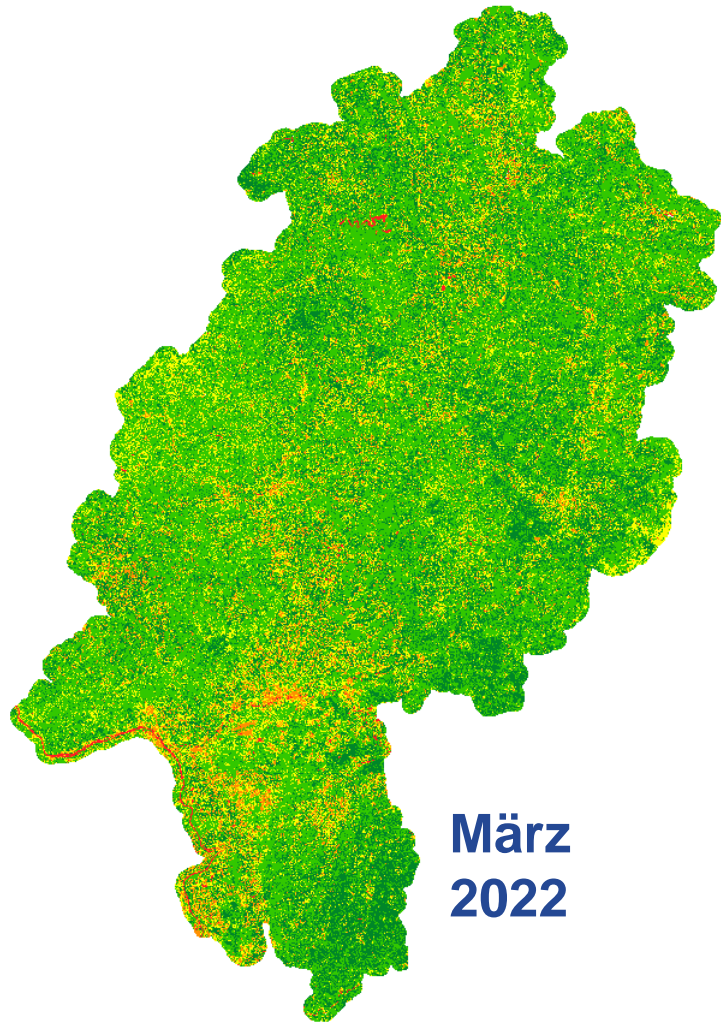


**Juni  
2022**

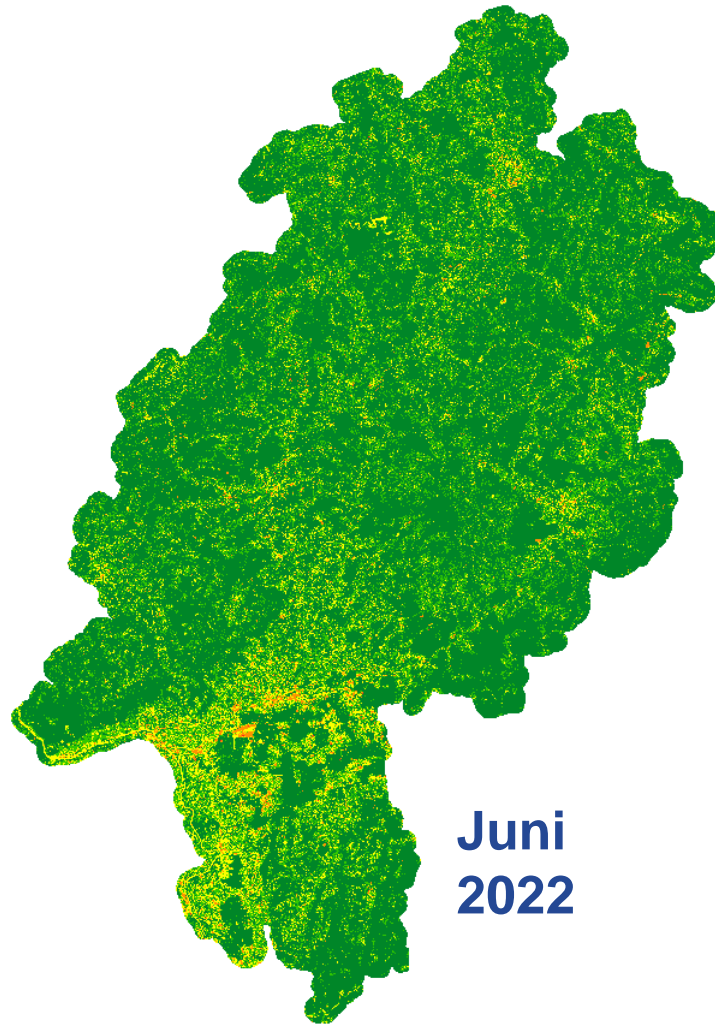


**August  
2022**

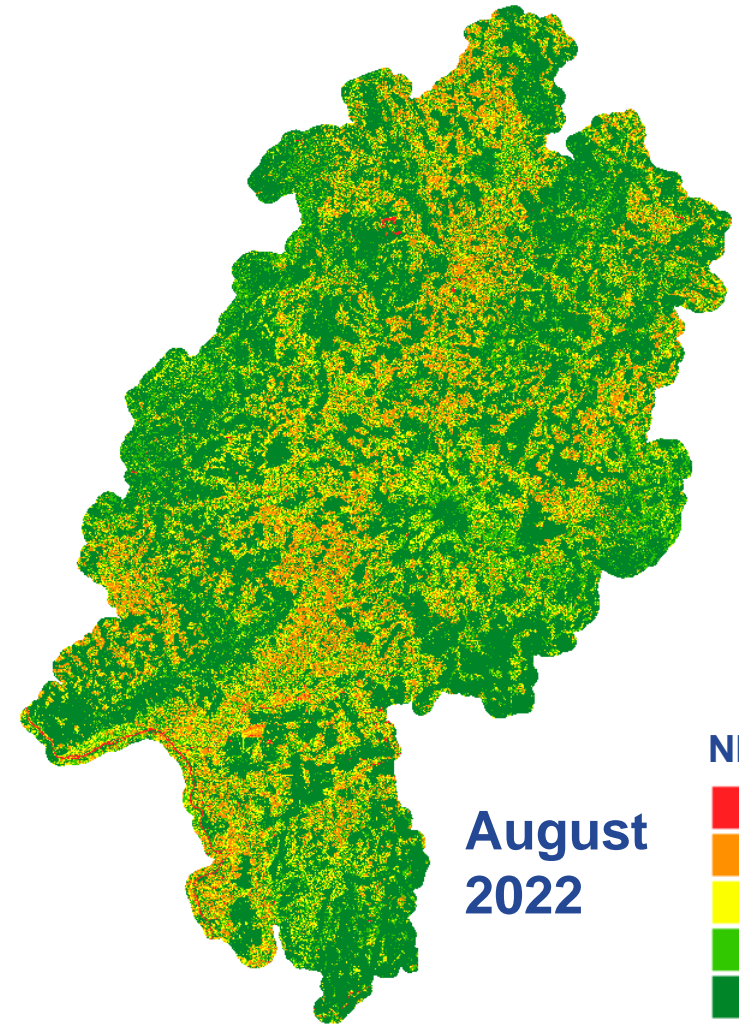
## Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG



**März  
2022**

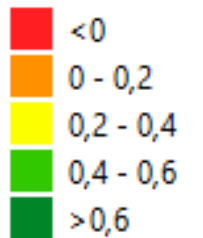


**Juni  
2022**



**August  
2022**

**NDVI**



## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Dürre-Detektion (Stadtgrün, Landwirtschaft), Münster (Hessen)

Sept. 2021

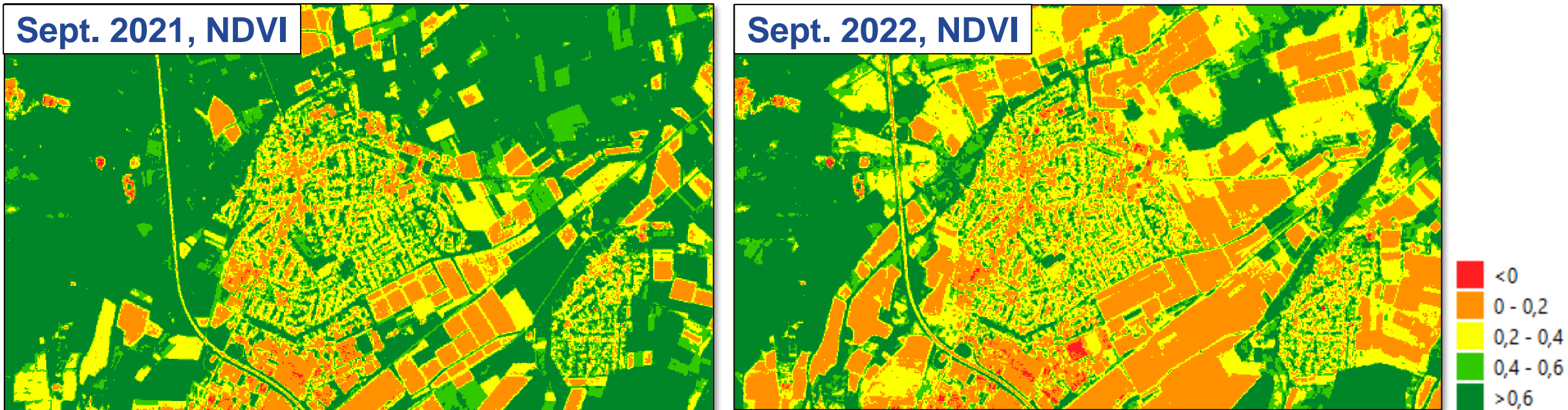


Sept. 2022



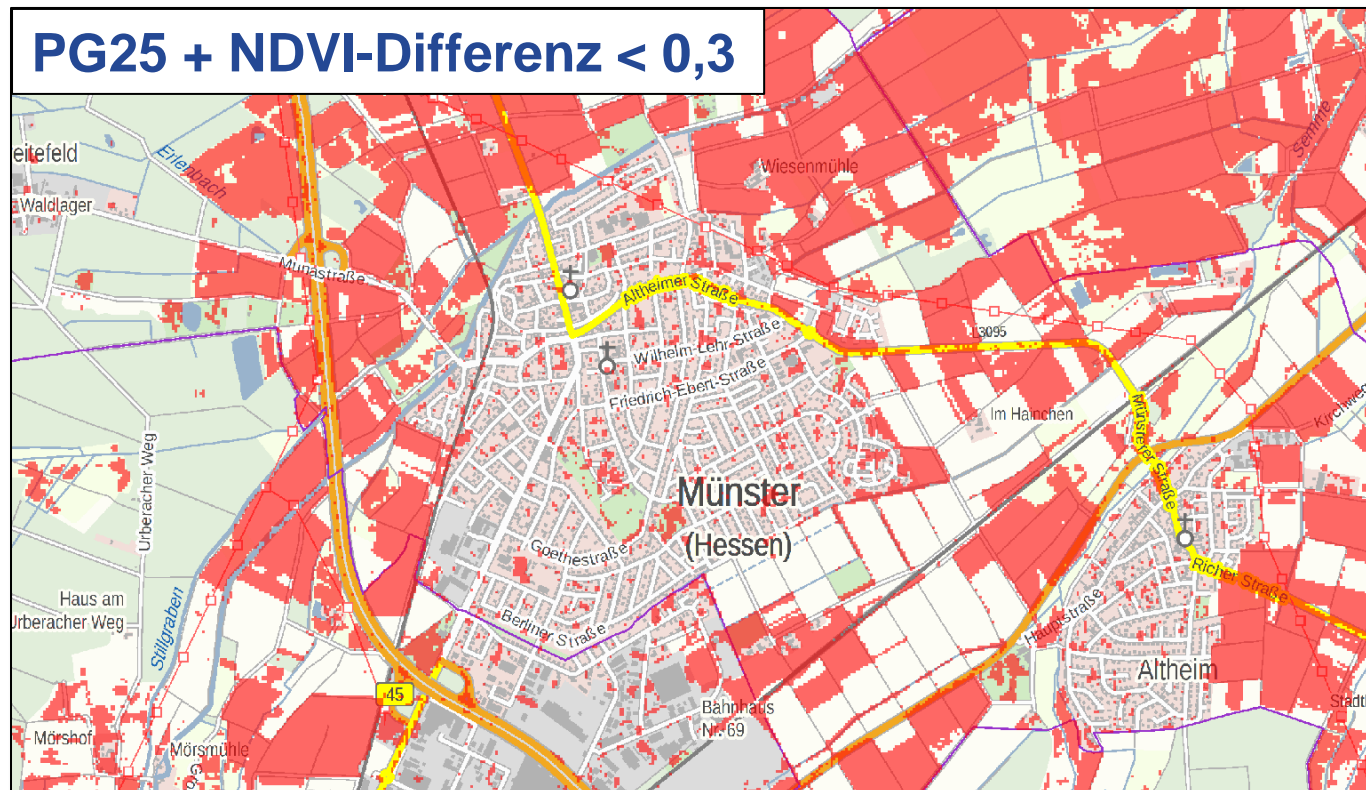
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Dürre-Detektion (Stadtgrün, Landwirtschaft), Münster (Hessen)



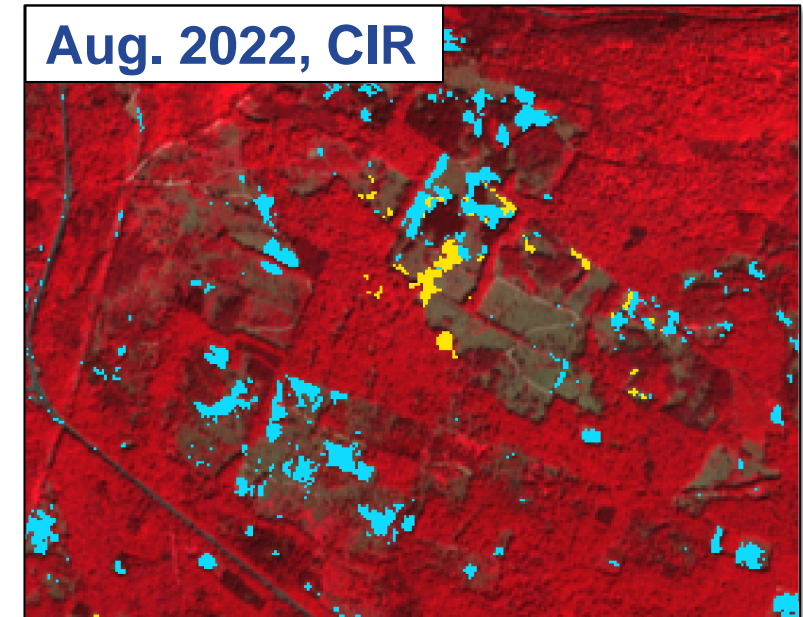
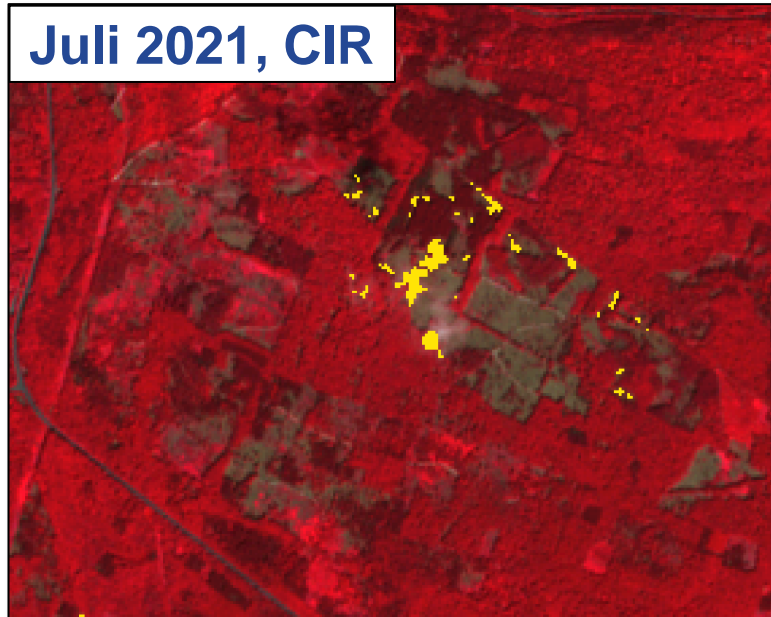
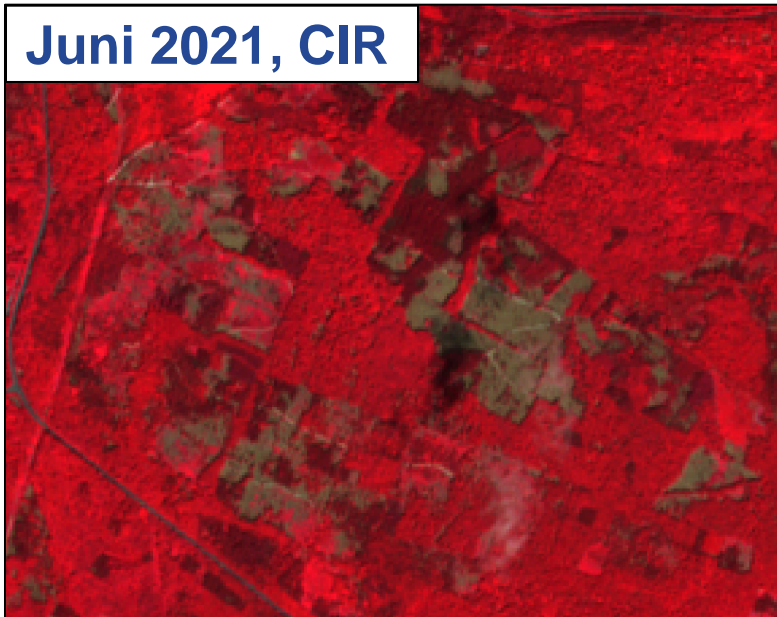
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG



- Dürre-Detektion (Stadtgrün, Landwirtschaft), Münster (Hessen)



## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

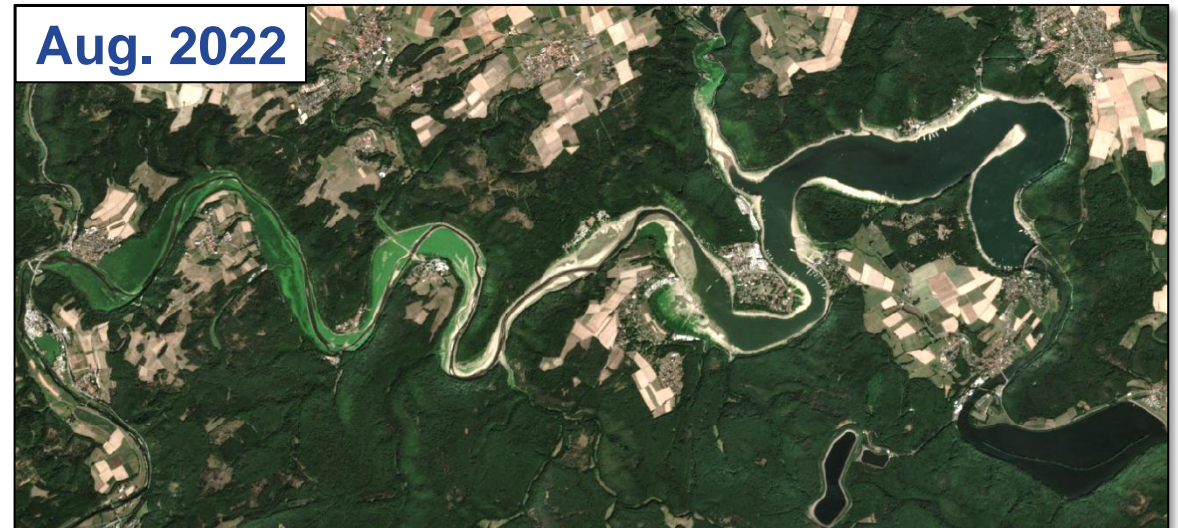
- Waldschäden-Detektion (Borkenkäfer/Windwurf), Taunus



 Waldschäden, Juni 21 – Juli 21  
 Waldschäden, Juli 21 – Aug 22

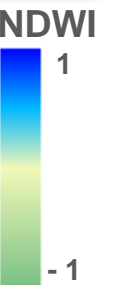
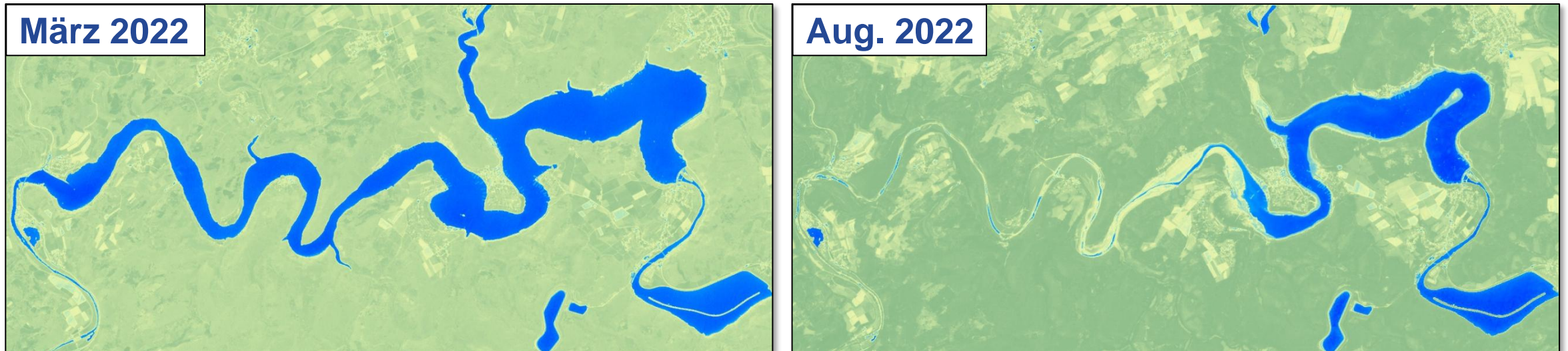
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Gewässermonitoring, Edersee



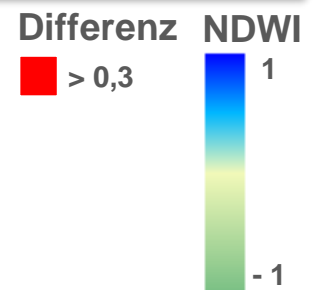
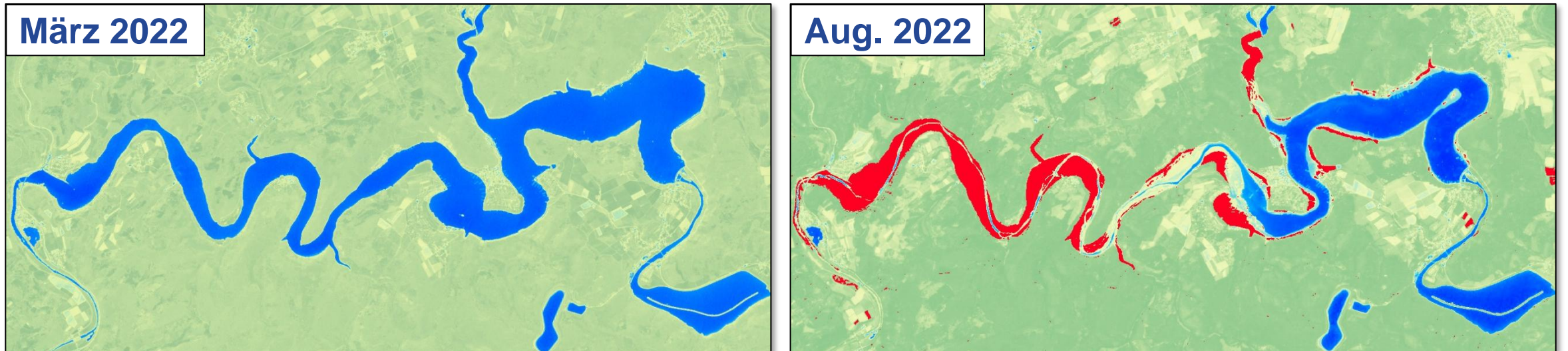
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Gewässermonitoring, Edersee



## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Gewässermonitoring, Edersee



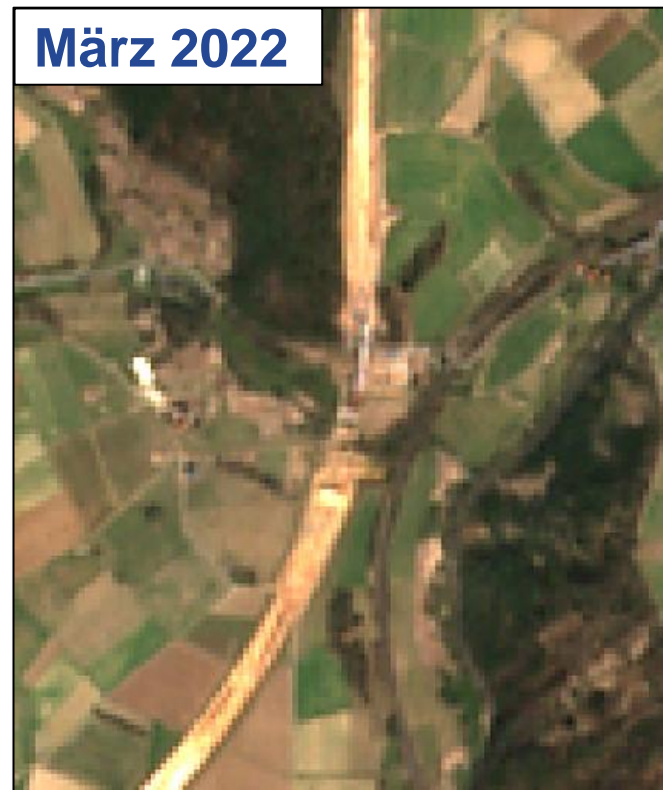
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Baustellen, DFB-Akademie Frankfurt a. M.



## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Baustellen, Kälbachtalbrücke bei Momberg (A49)



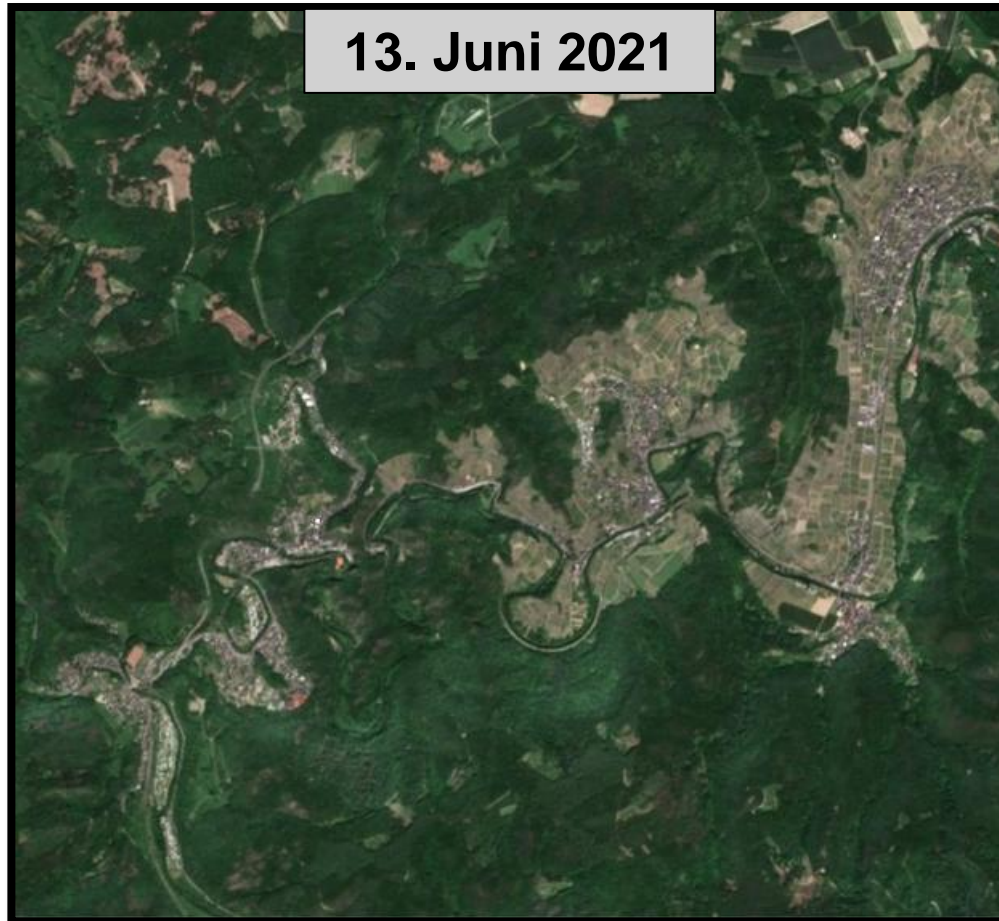
## Beispiele: Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- Baustellen, Kälbachtalbrücke bei Momberg (A49)



## Beispiele: Sentinel-2

- Hochwasser Ahrtal, 14.07.2021



# Bereitstellung der Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- **novaFACTORY:**
  - automatisierte und individuelle Bereitstellung nach Interessenbereich, Bandkombination, Auflösung, Dateiformat etc.
- **Interner WMS-Dienst:**
  - Einbindung von RGB-Echtfarben und CIR-(Colored InfraRed) Falschfarben (z.B. in GIS der HVBG)
  - URL: [https://hvbg-rdms-wega.itshessen.hessen.de:8443/mcm-sdiprovider/rds\\_Satellitendaten/wms/WMSserver?request=GetCapabilities](https://hvbg-rdms-wega.itshessen.hessen.de:8443/mcm-sdiprovider/rds_Satellitendaten/wms/WMSserver?request=GetCapabilities)

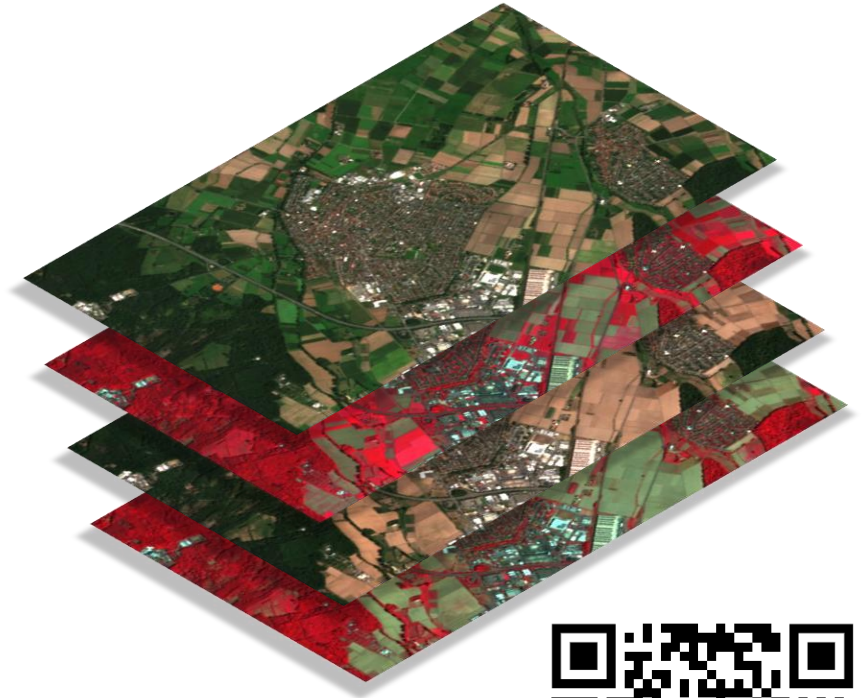
The screenshot shows the '1. Produktdefinition' (1. Product Definition) interface. It includes the following settings:

- Vorlage einstellen** (Set template): Keine Vorlage (No template), with an option for 'Nur eigene Vorlagen anzeigen' (Show only own templates).
- Ausgabe kombiniert** (Output combined):  Kombination,  einfarbige Kombination,  Einzelebene (Single layer).
- Metadaten ausgeben** (Output metadata): .
- Produkt** (Product): Sentinel2-Mosaik (Sentinel-2 mosaic).
- Auflösung\*** (Resolution):  Dateiauflösung (File resolution),  Bodenauflösung (Ground resolution). Value: 10.00000. Units:  dpi,  L/cm,  m/pix.
- Maßstab\*** (Scale): 1 : 1.
- Ausgabe-Bezugssystem (SRS)** (Output reference system): ETRS\_1989\_UTM\_32N.
- Dateiformat** (File format): TIFF, Standard, Standard.
- Format-Konverter** (Format converter): -/-.
- Georeferenzformat** (Georeference format): GEOTIFF.
- Orientierung TIFF-Bild** (TIFF image orientation):  Links oben (Standard) (Top-left),  Links unten (BKG) (Bottom-left).

At the bottom, it says 'Pflichtfelder sind durch \* markiert.' (Mandatory fields are marked with \*).

## Bereitstellung der Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG

- **Externer Web Map Service Time (WMS-T)**
  - Alle verfügbaren Monatsmosaik (ab Juni 2021)
  - RGB- & CIR-Darstellung mit 10m GSD
  - Einbindung in GIS-Software
  - Bald auch im *Geoportal Hessen* zu finden
- URL: <https://gds-srv.hessen.de/cgi-bin/sentinel/he-sen2.ows?>



# Bereitstellung der Sentinel-2 Hessenmosaik der HVBG



geoportal.  
hessen.de

URL:

<https://www.geoportal.hessen.de/map?WMC=6128>



The screenshot shows the Geoportal-Hessen interface. The main map displays a satellite mosaic of Hesse, Germany, with a time selection dialog box overlaid. The dialog box is titled "Dimension für Ebene wählen" and contains the following text: "Bitte wählen sie einen Wert für TIME. Ein einzelnes Element kann nach Auswahl auf der Zeitachse verschoben werden. Der Maßstab lässt sich ggf. durch Scrollen anpassen:". Below the text is a timeline showing dates from 2021-06 to 2023-02. The date 2022-08 is highlighted in yellow. The dialog box also includes a "Schließen" button and a "Karten entdecken?" button at the bottom. The map interface includes a search bar, a "Themen" menu, and a "Werkzeuge" menu.

## Ausblick

- Fortführung monatlicher Sentinel-2 Hessenmosaik
- Datenverarbeitung/-bereitstellung auf Cloud-Basis (GEO-HUB)
- Satellitenfernerkundung entwickelt sich stetig weiter
  - Bspw. ansteigende räuml./zeitl. Auflösung
- ggfs. Nutzung weiterer Satellitendaten
  - Sentinel-1 SAR-Daten
  - Kommerzielle Satellitendaten (?)



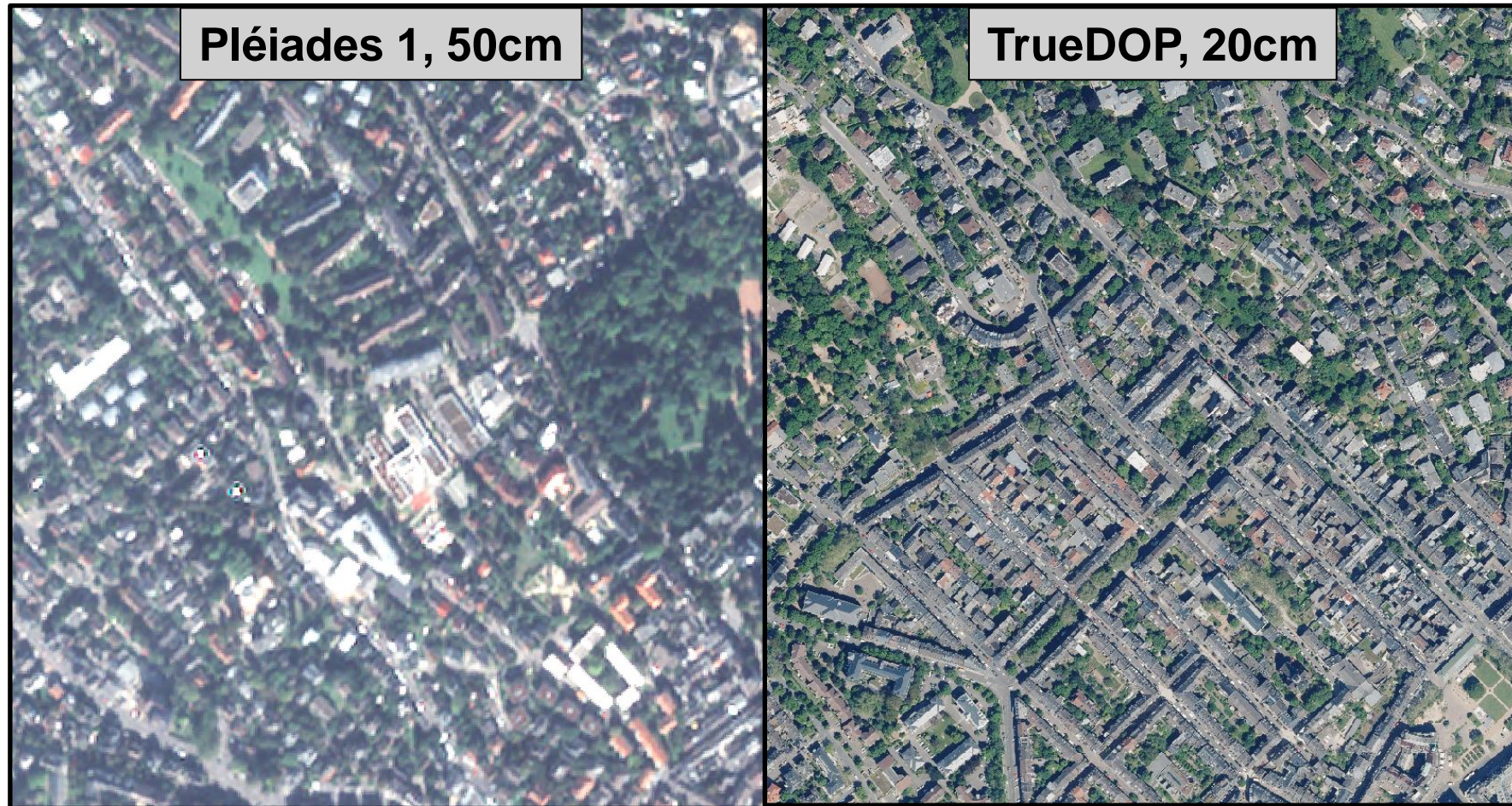
## Ausblick – Copernicus Beitragende Missionen (Pléiades 1, 50cm)



## Ausblick – Copernicus Beitragende Missionen (Pléiades 1, 50cm)



## Ausblick – Copernicus Beitragende Missionen (Pléiades 1, 50cm)



# Ausblick – BodenBewegungsdienst Deutschland (BBD)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Markus Kurtenbach**

Dezernat I 4: Fernerkundung, 3D-Geo

Telefon: +49 (611) 535 5287

E-Mail: [markus.kurtenbach@hvbg.hessen.de](mailto:markus.kurtenbach@hvbg.hessen.de)



**innovativ.bodenständig.amtlich.**

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