

## 4. Fachtagung Energiemeteorologie 2016

22. April 2015, Bremerhaven

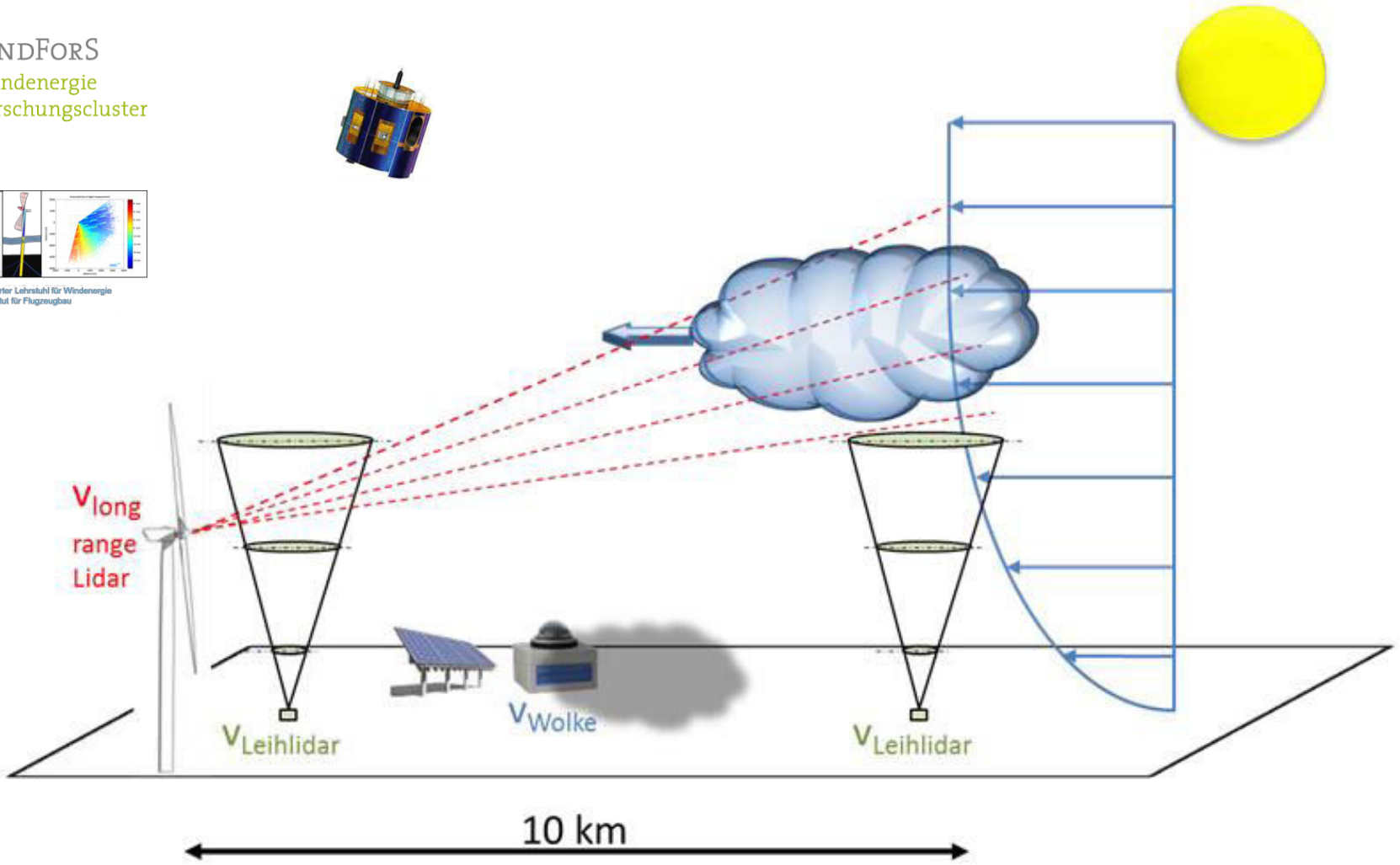
### Vergleich von Vorhersagemethoden der solaren Einstrahlung mit Wolkenkamera

Anton Kaifel, Frank Sehnke, Leon Schröder,  
Kay Ohnmeiß, Martin Felder

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW)

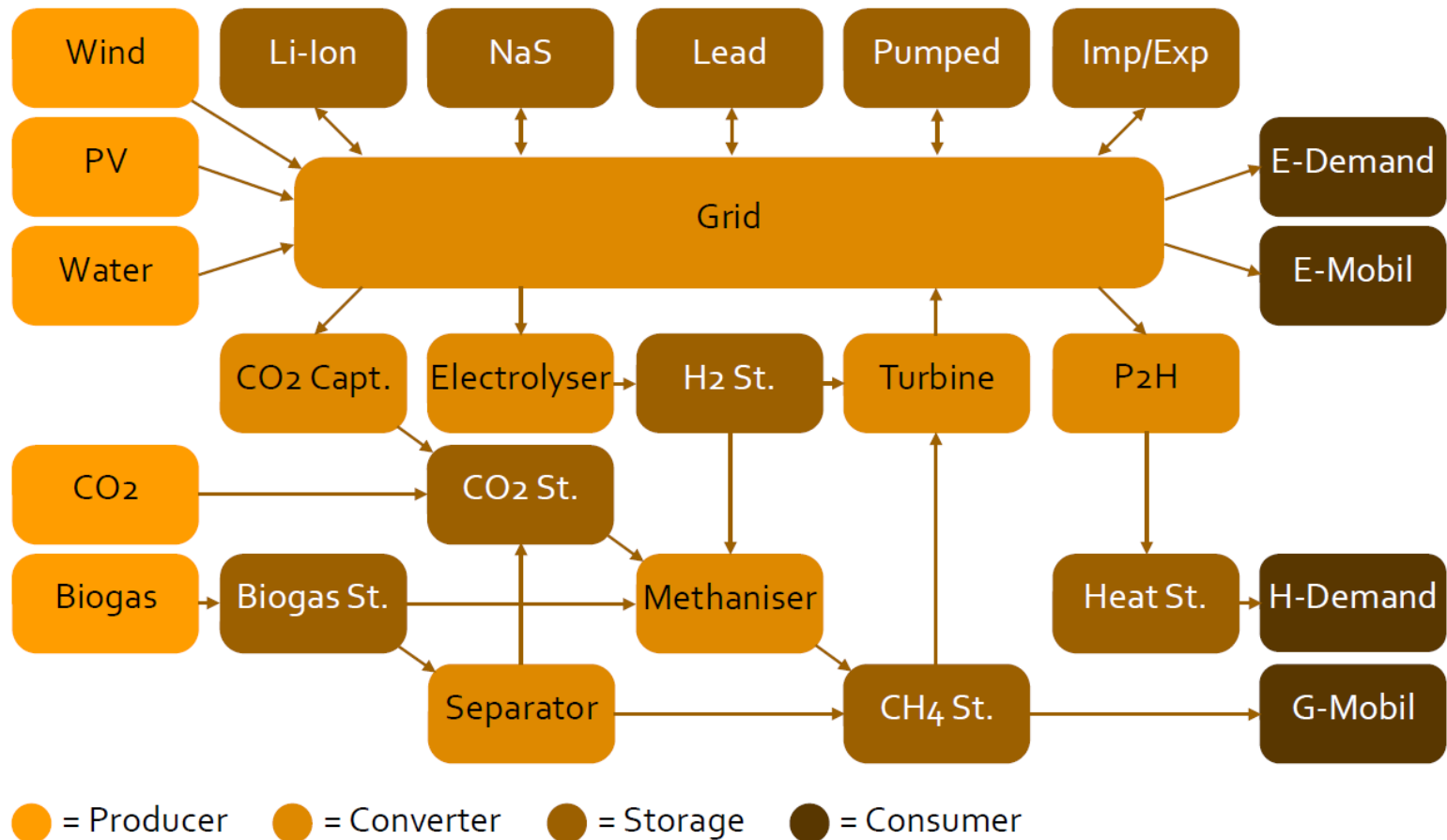
# Gliederung

- 1. Motivation**
- 2. Methoden und Wege**
- 3. Deep Learning**
- 4. Ergebnisse**
- 5. Zusammenfassung**

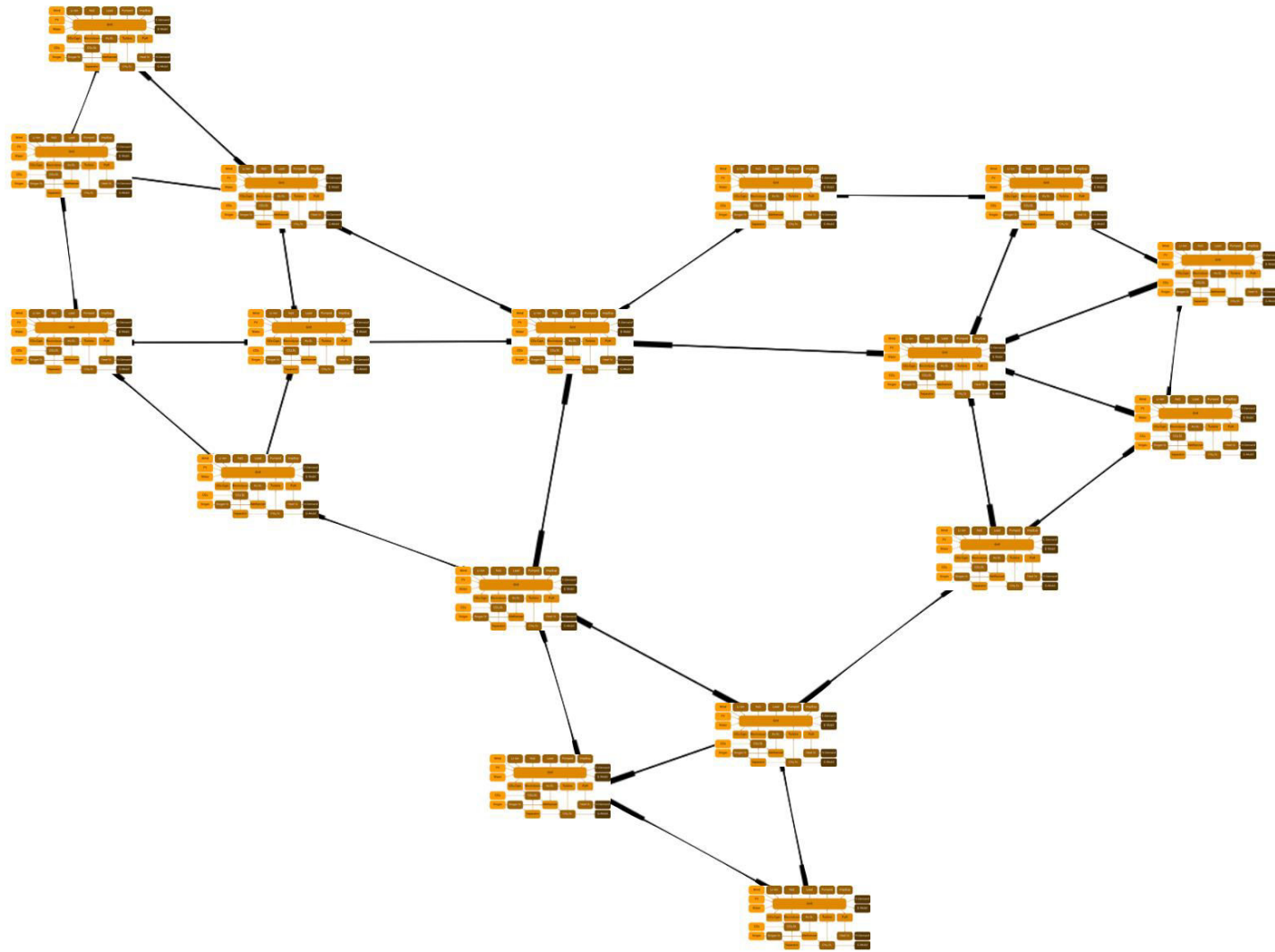


# Das P<sup>2</sup>IONEER Modell

## Simulation und Optimierung von Kombikraftwerken

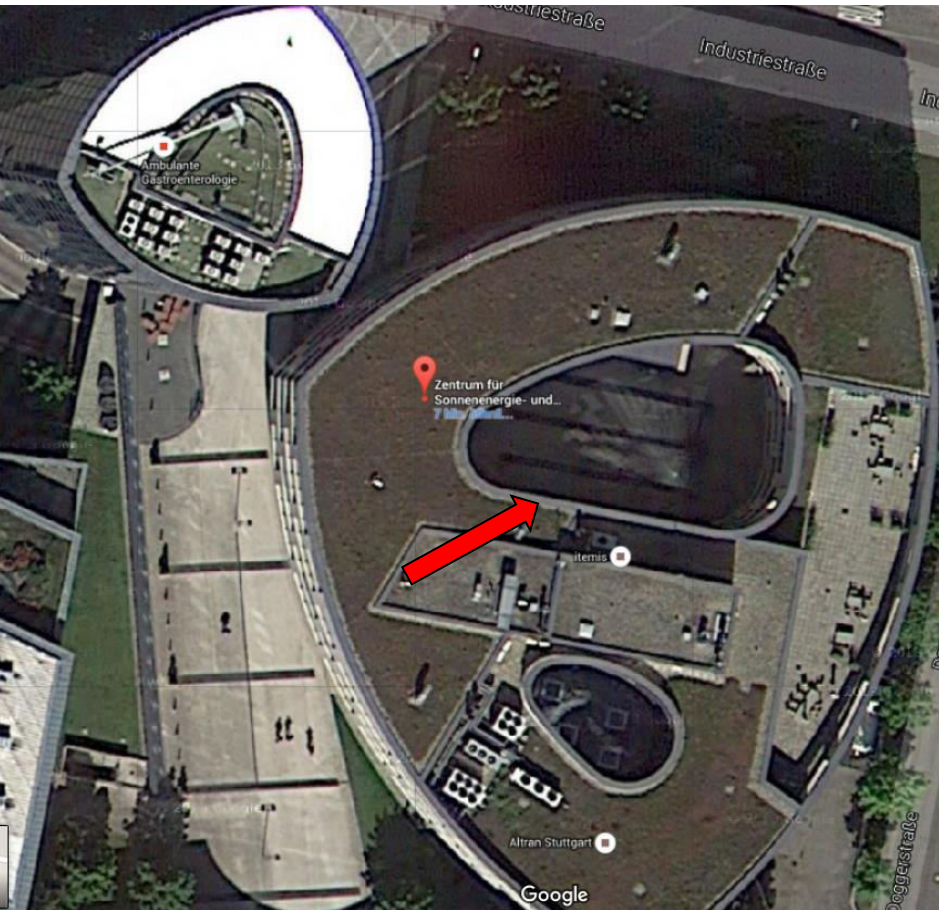


# Kombikraftwerke vernetzt mit Sektorkopplung



# Wolkenkamera Standorte

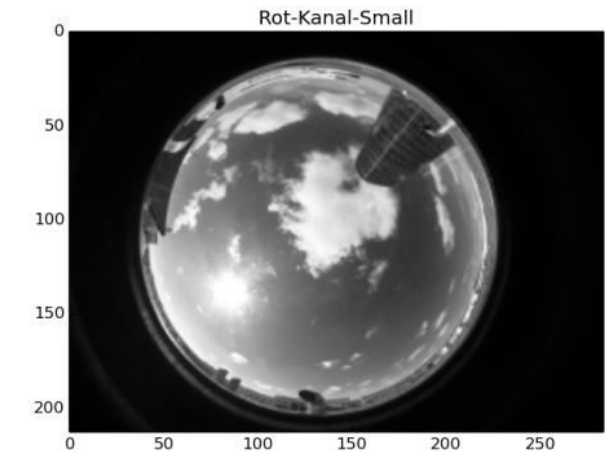
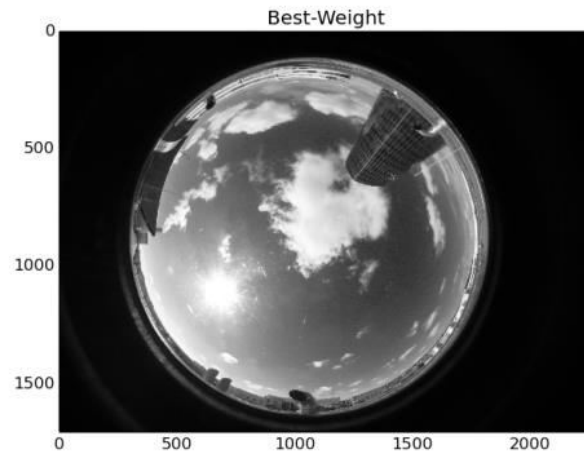
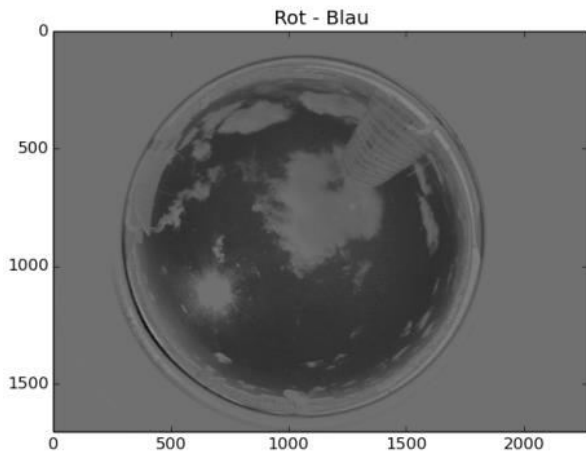
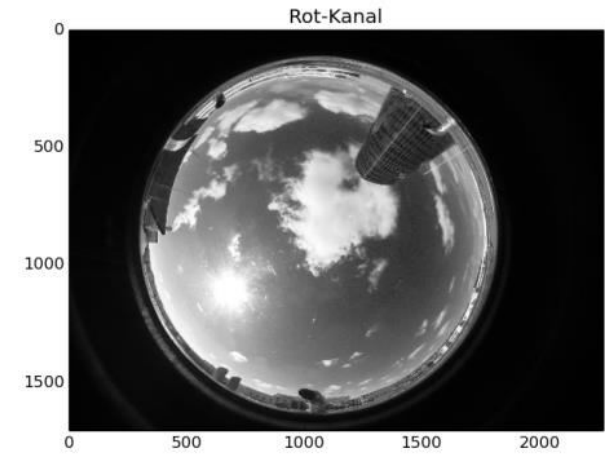
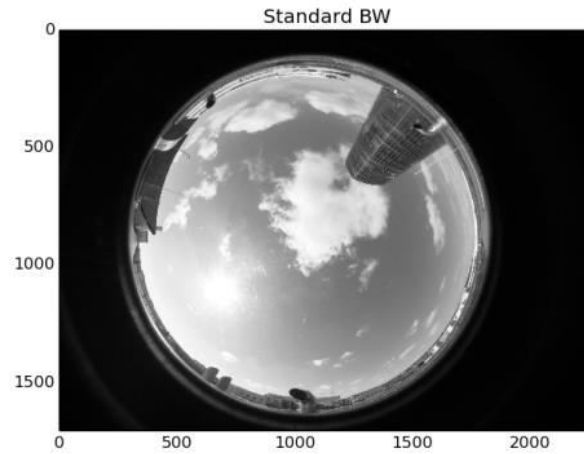
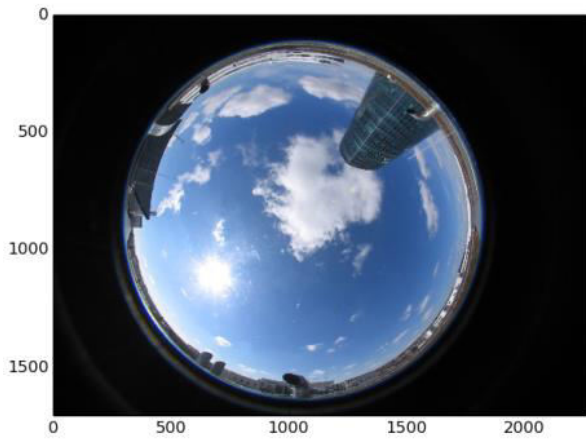
## Stuttgart



## Widderstall



# Wolkenkamera Standort Stuttgart

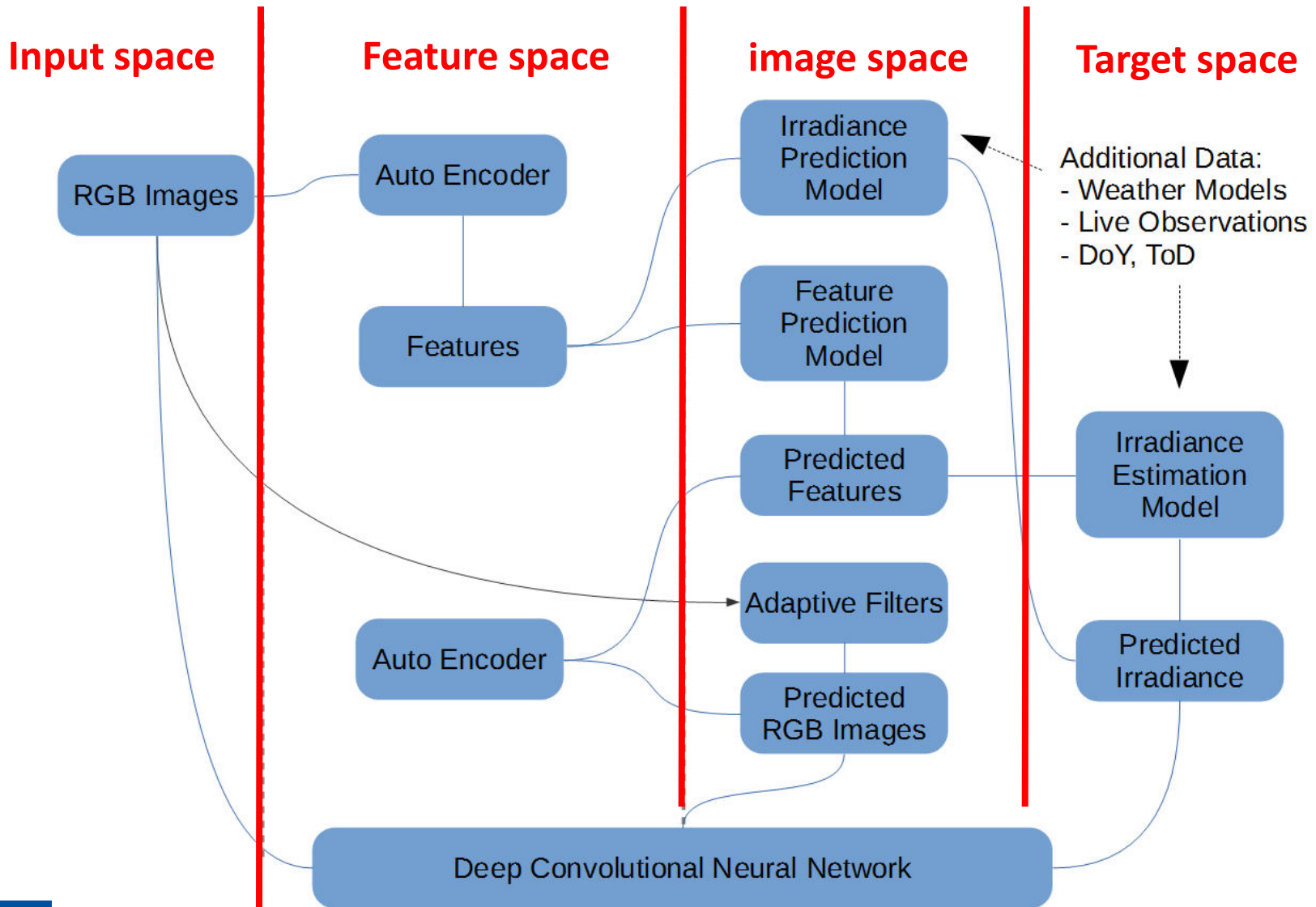


# Wolkenkamera Setup

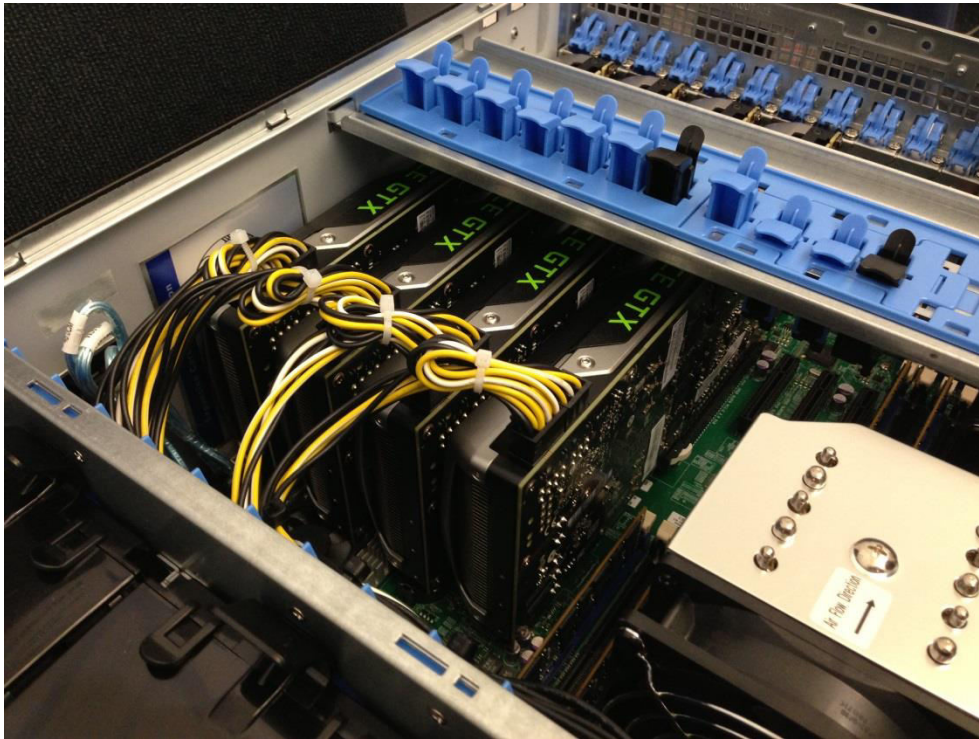




# Mögliche Setups

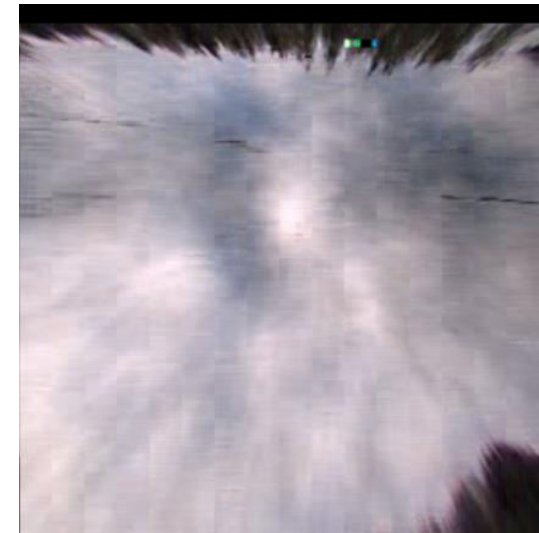
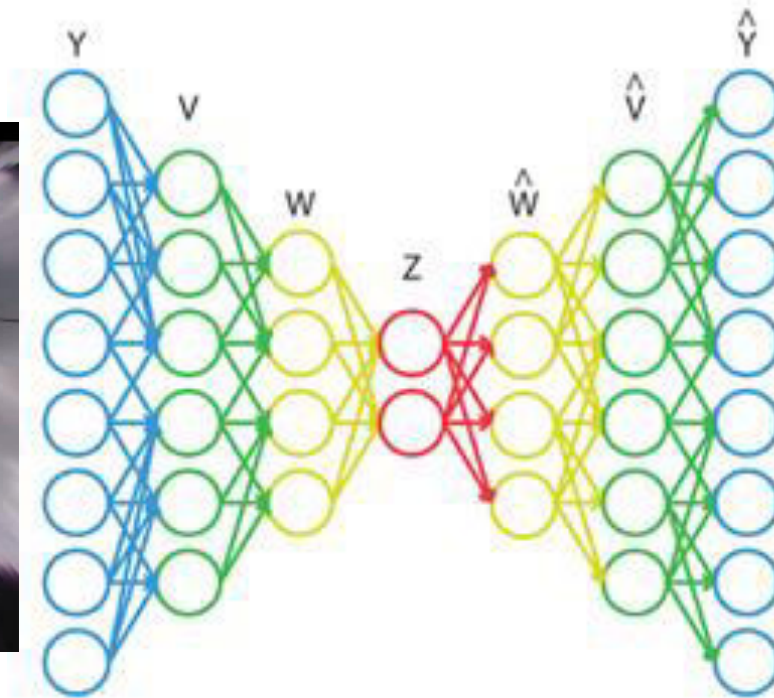
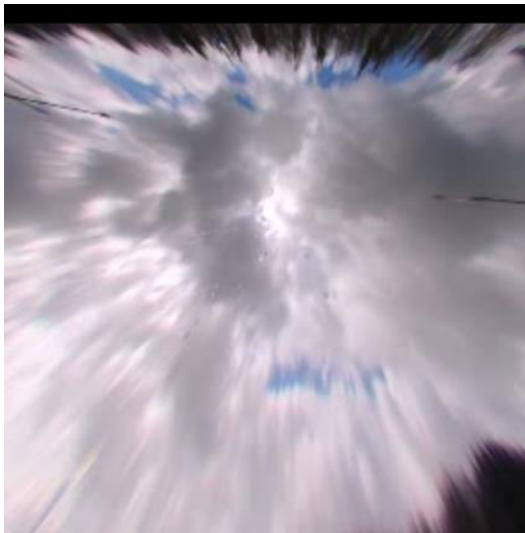


# Die notwendigen Helfer

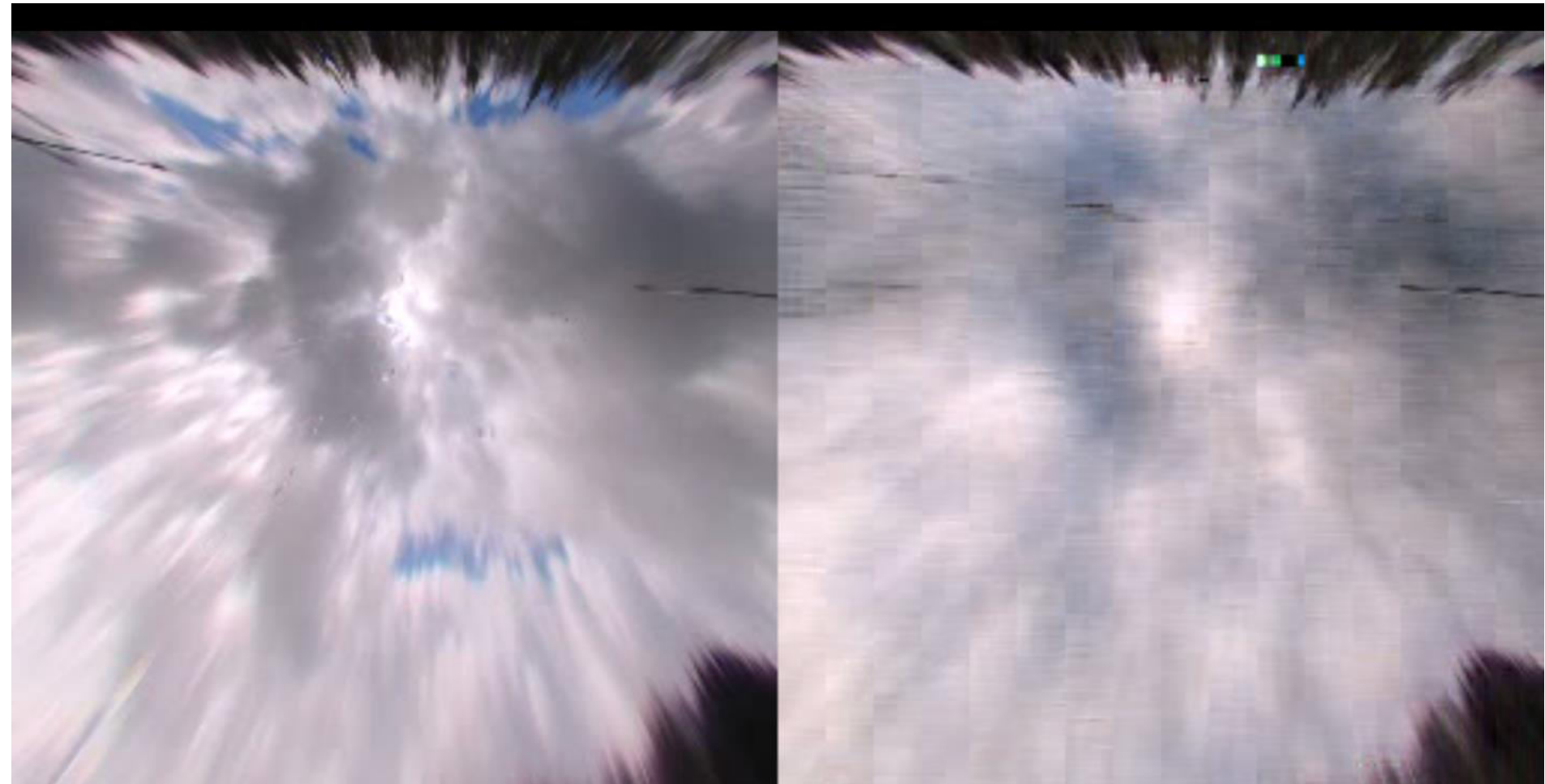


- 4x Titan + 8x Titan Black
- 8x Titan X,
- 1x K20,
- ... einige ältere Modelle
  
- **Ca.120 TFLOPS**

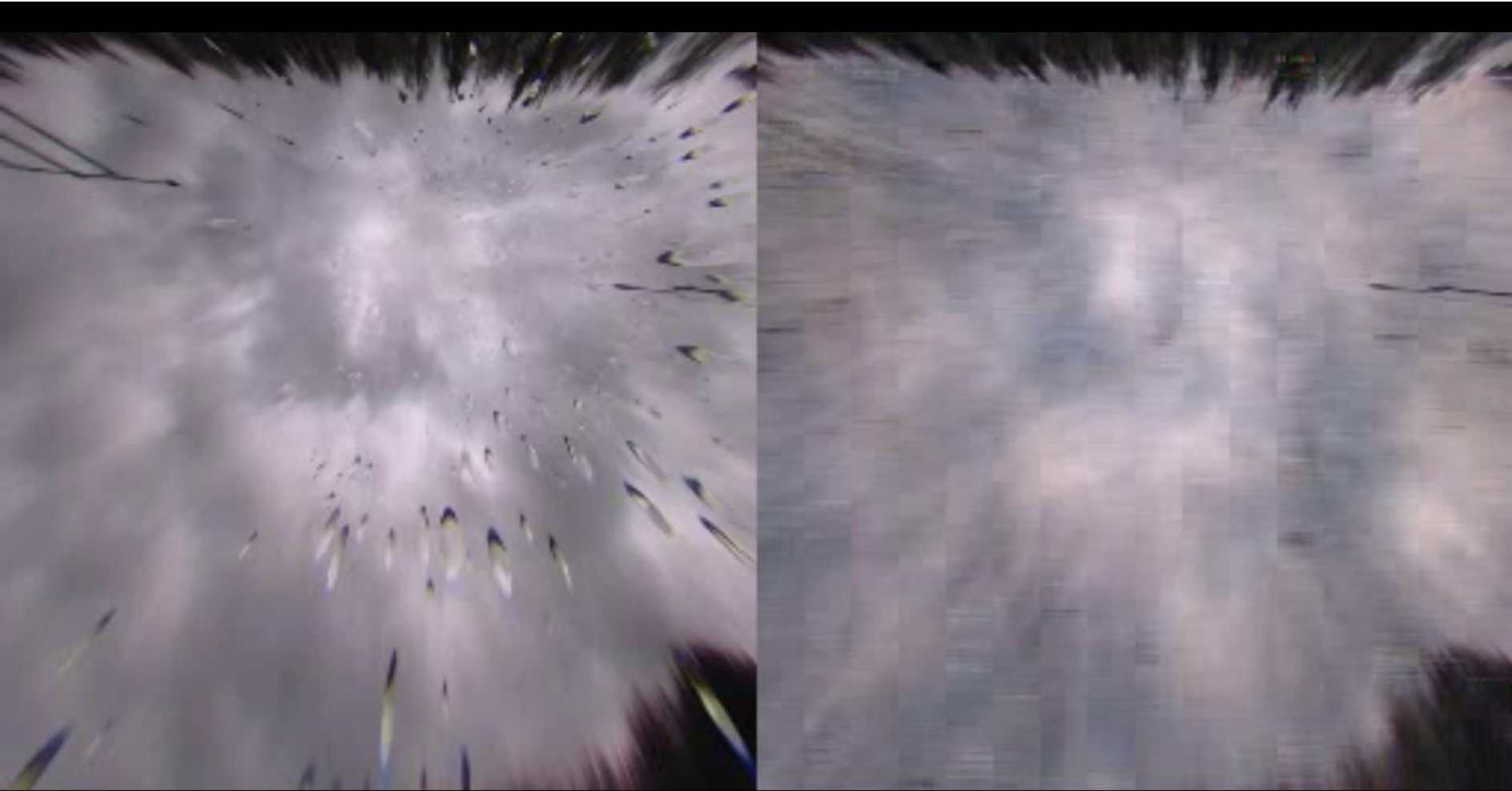
# Auto Encoder mit tiefen neuronalen Netzen (DNN)



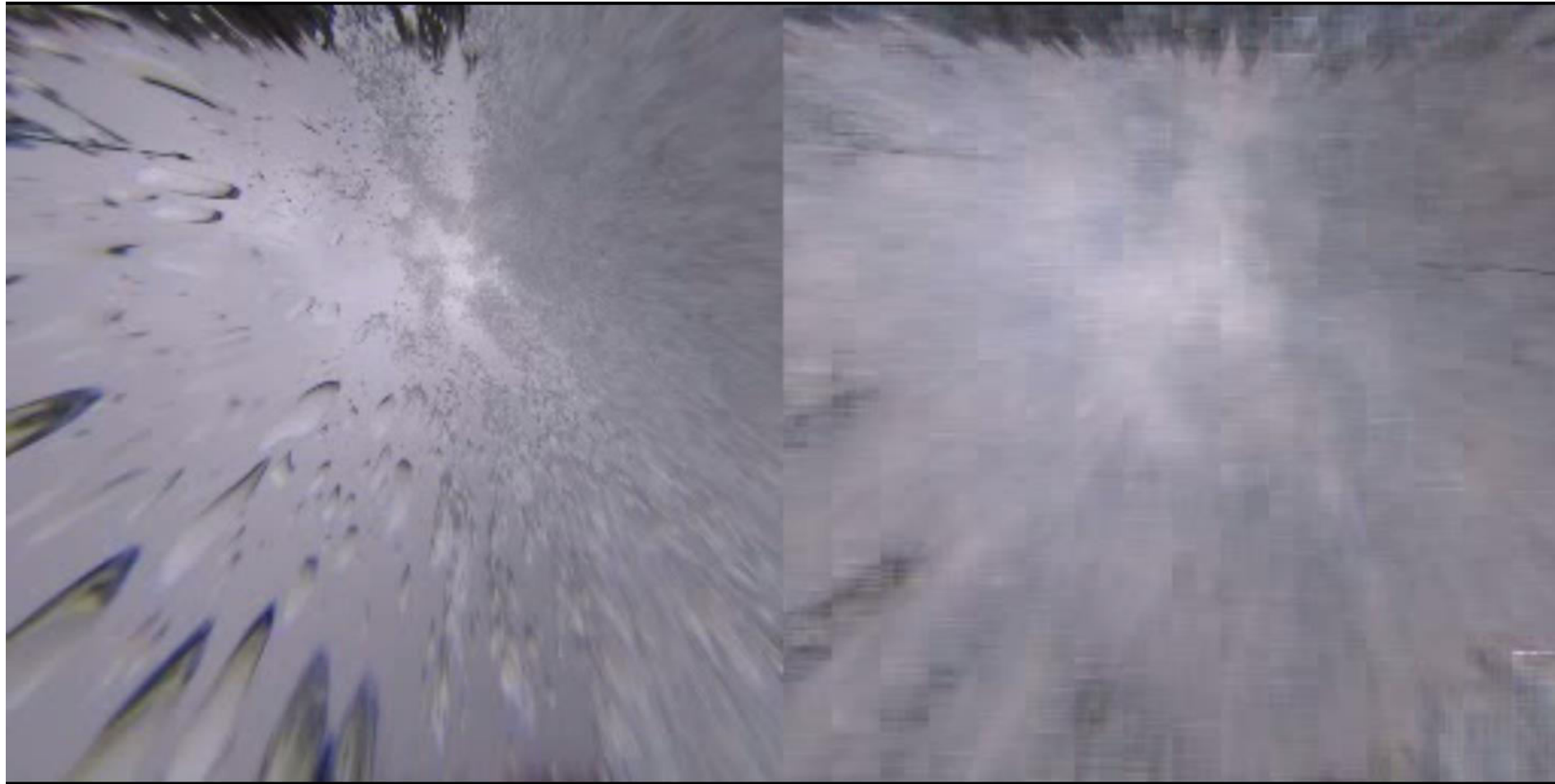
# Autoencoder Bildrekonstruktion



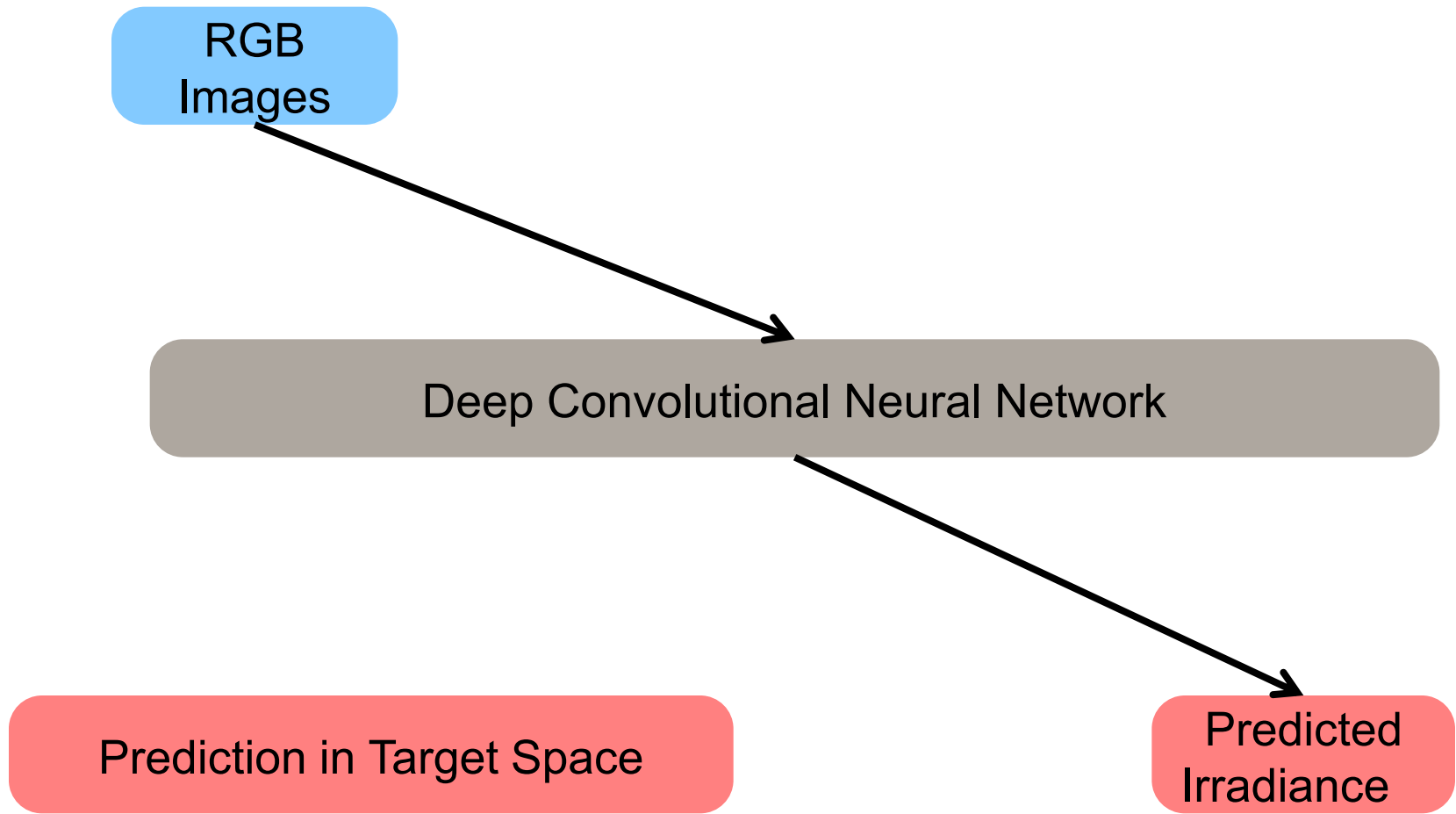
# Autoencoder Bildrekonstruktion (Regen)



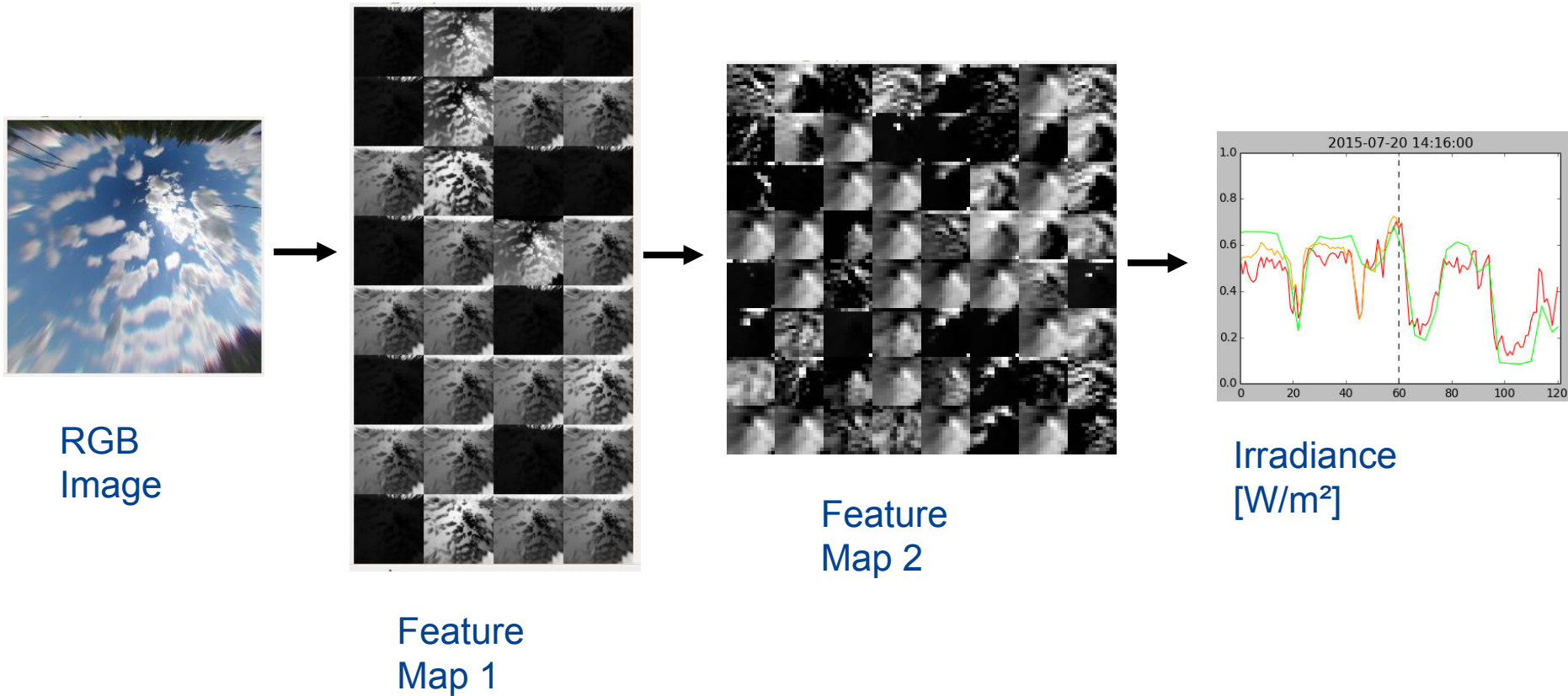
# Autoencoder Bildrekonstruktion (Schneefall)



# Setup 1: Convolutional Neural Networks (CNN)

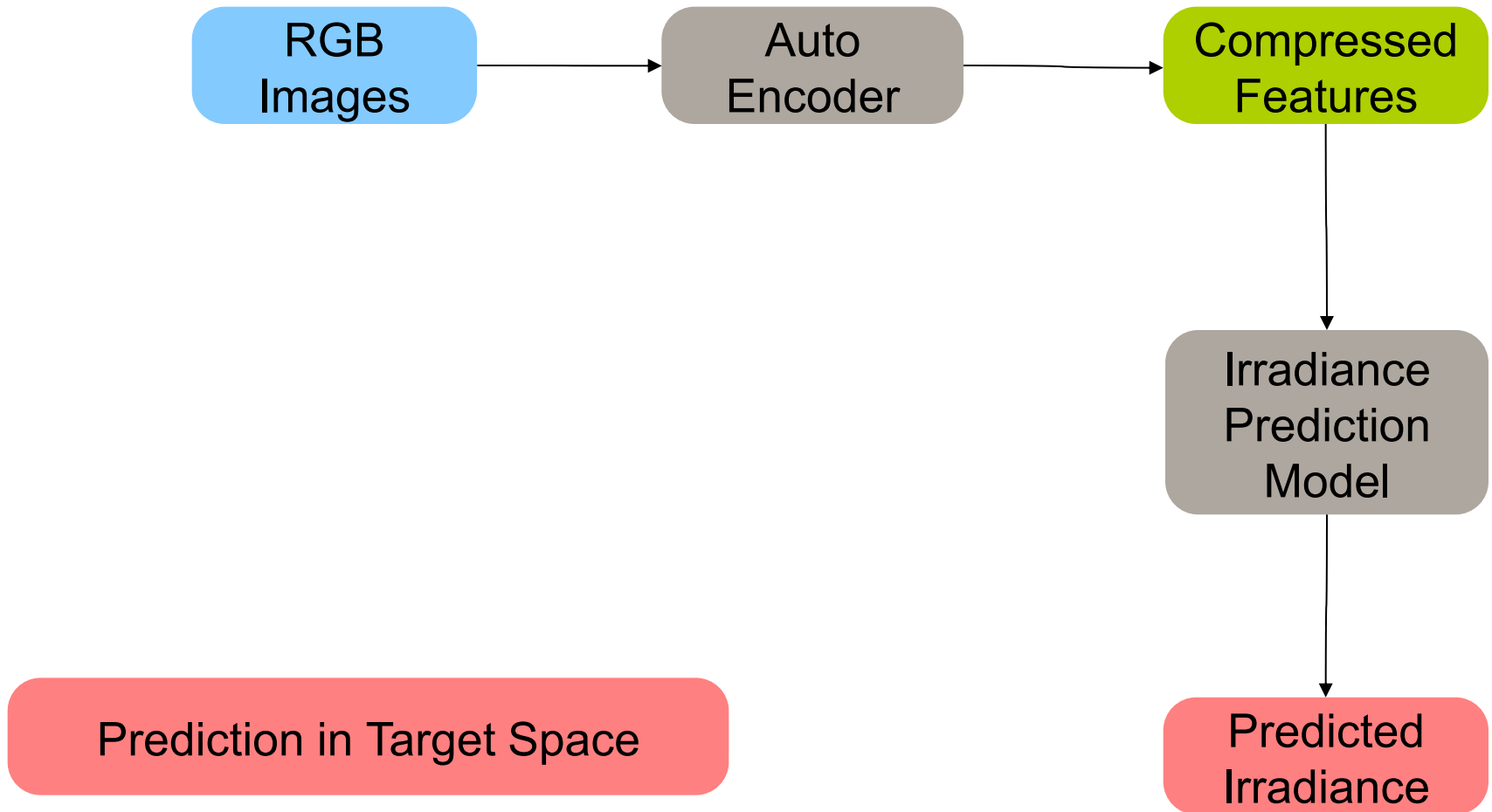


# CNN Feature Extraction

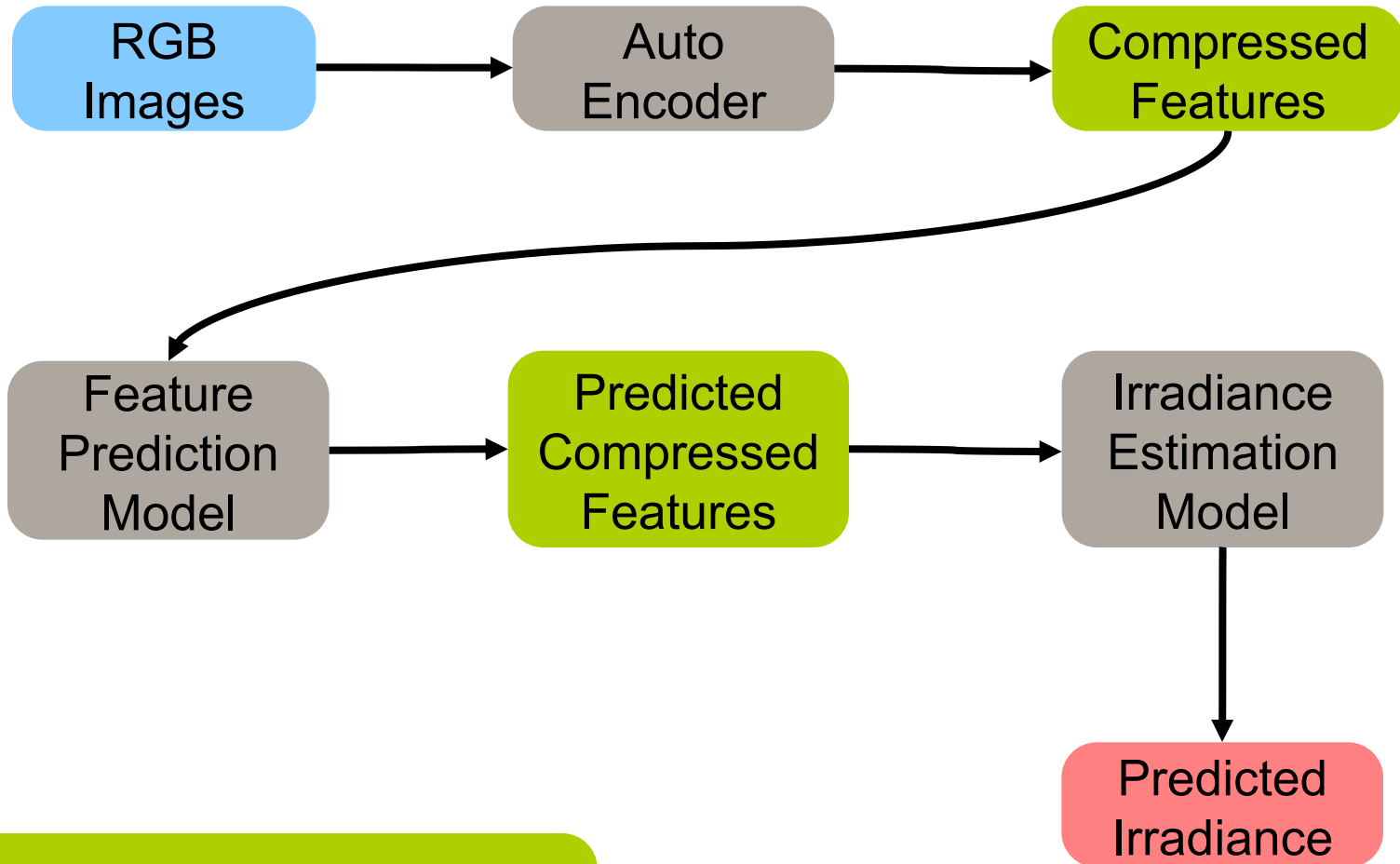




## Setup 2

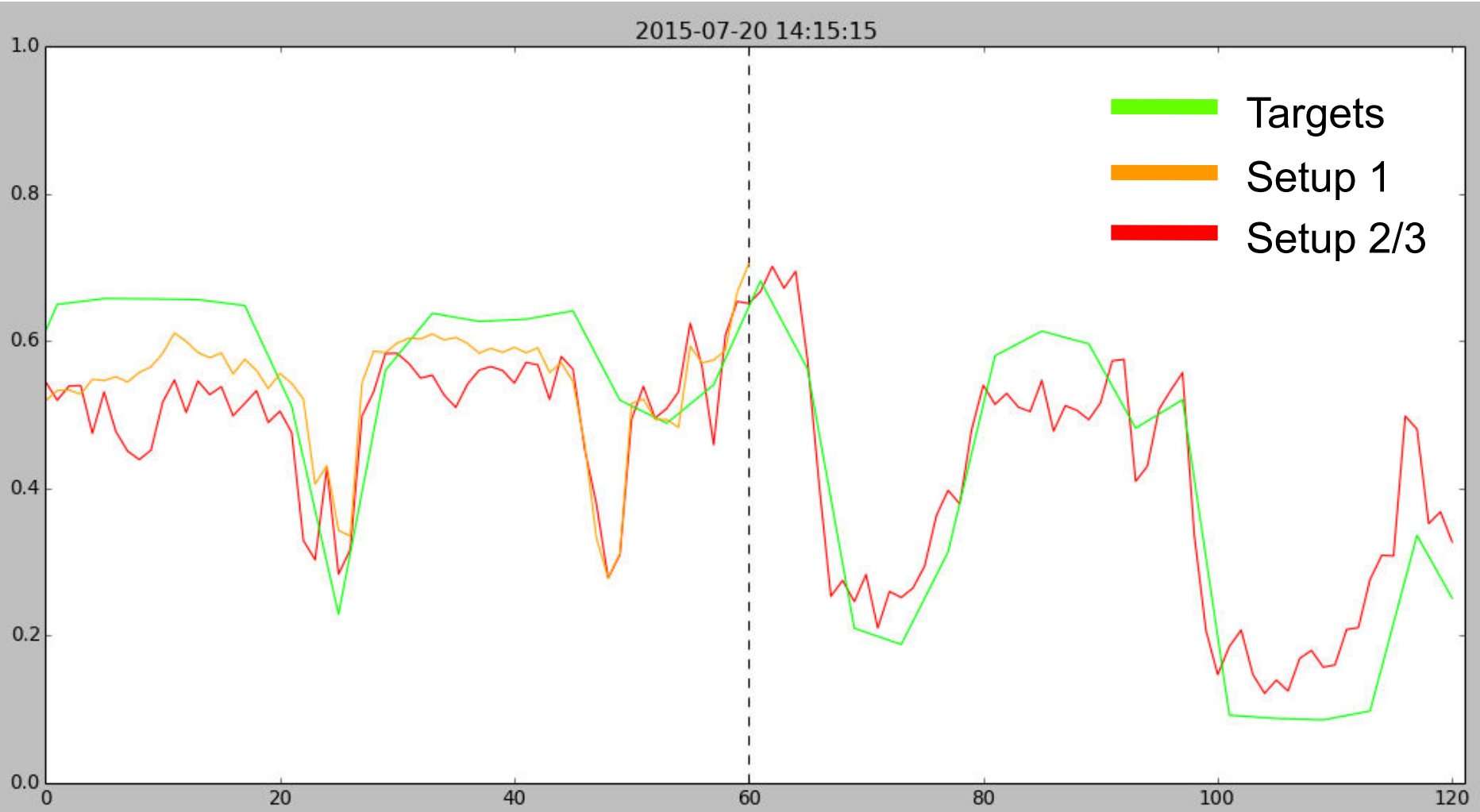


## Setup 3

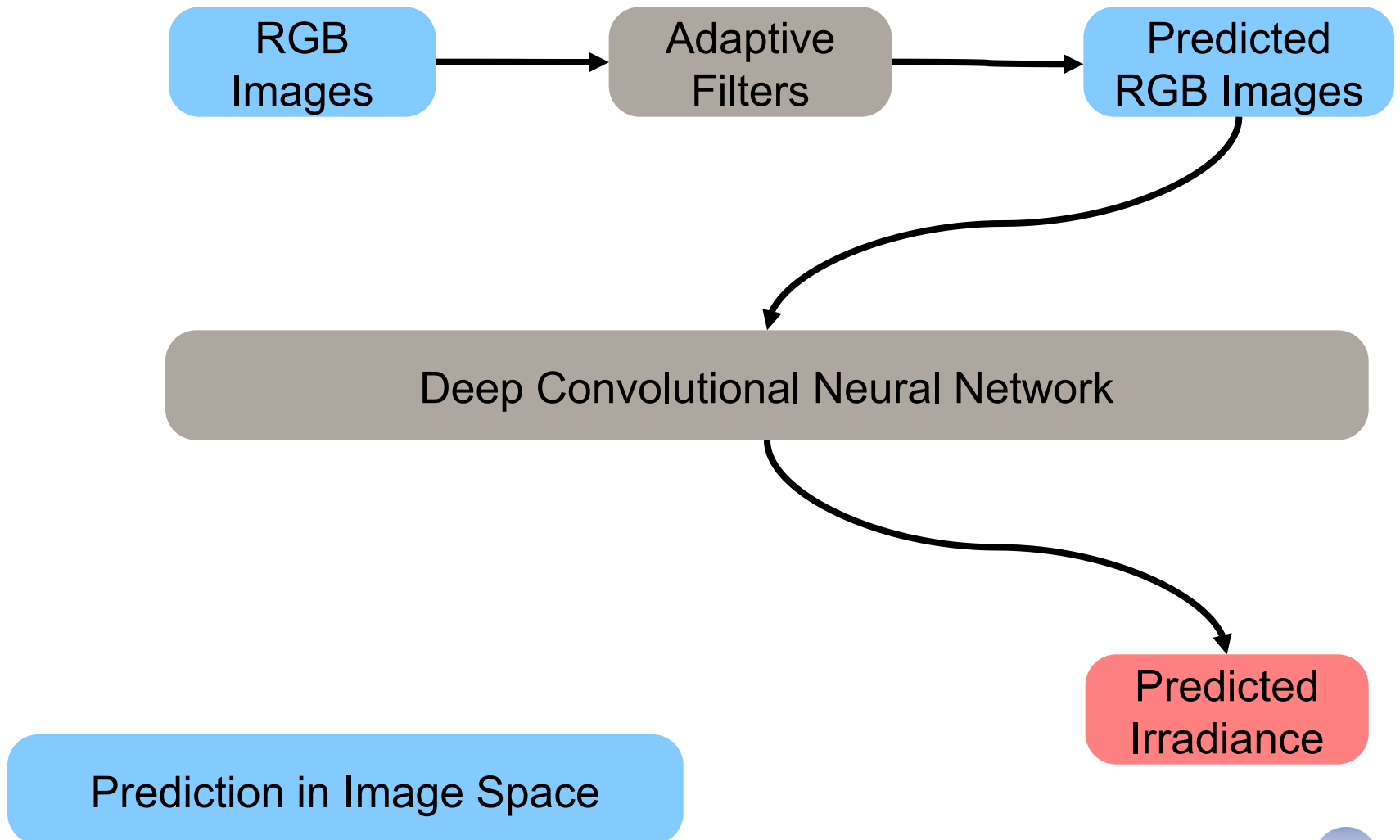


Prediction in Feature Space

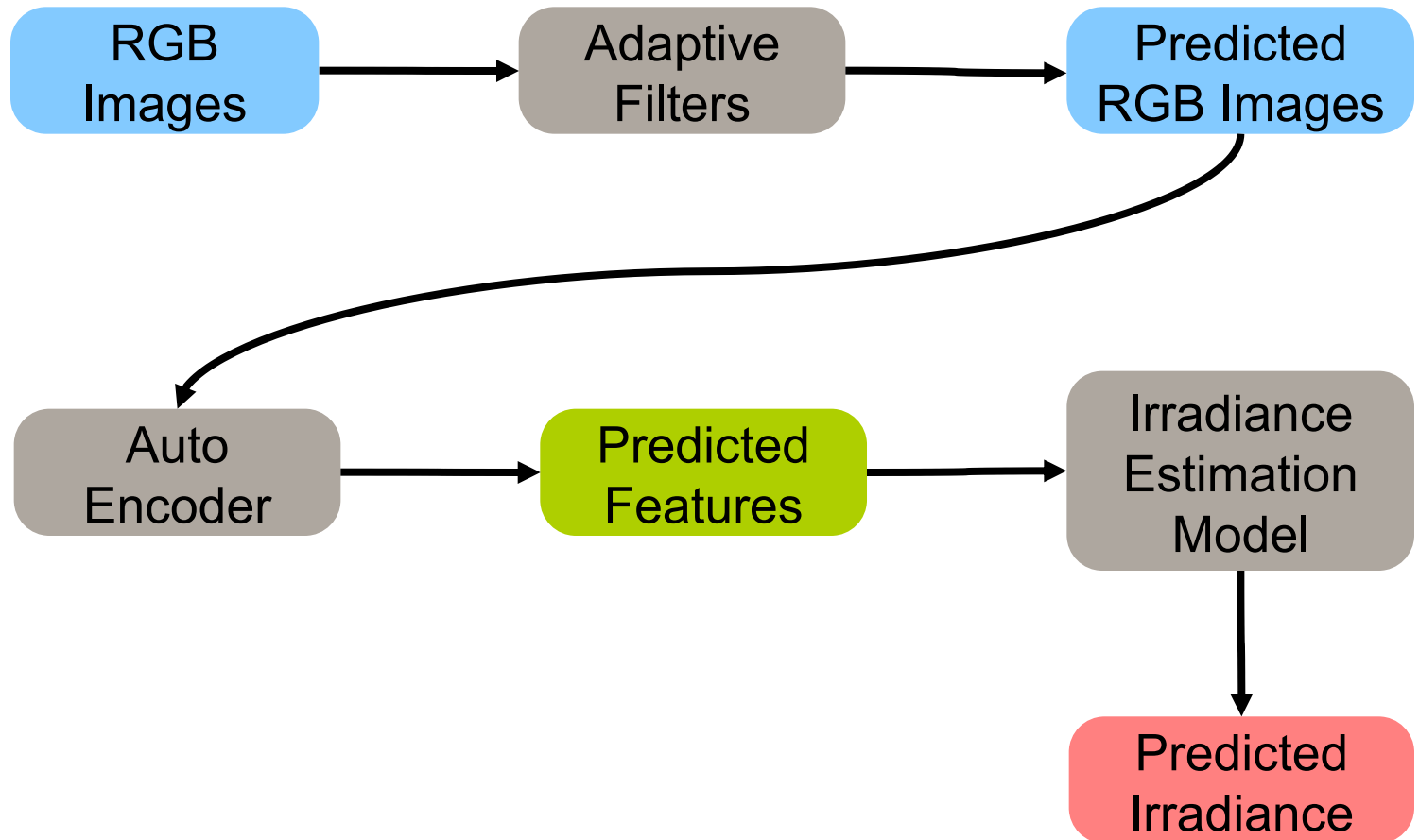
# Wolkenkamerabild → Einstrahlung [W/m<sup>2</sup>]



## Setup 4

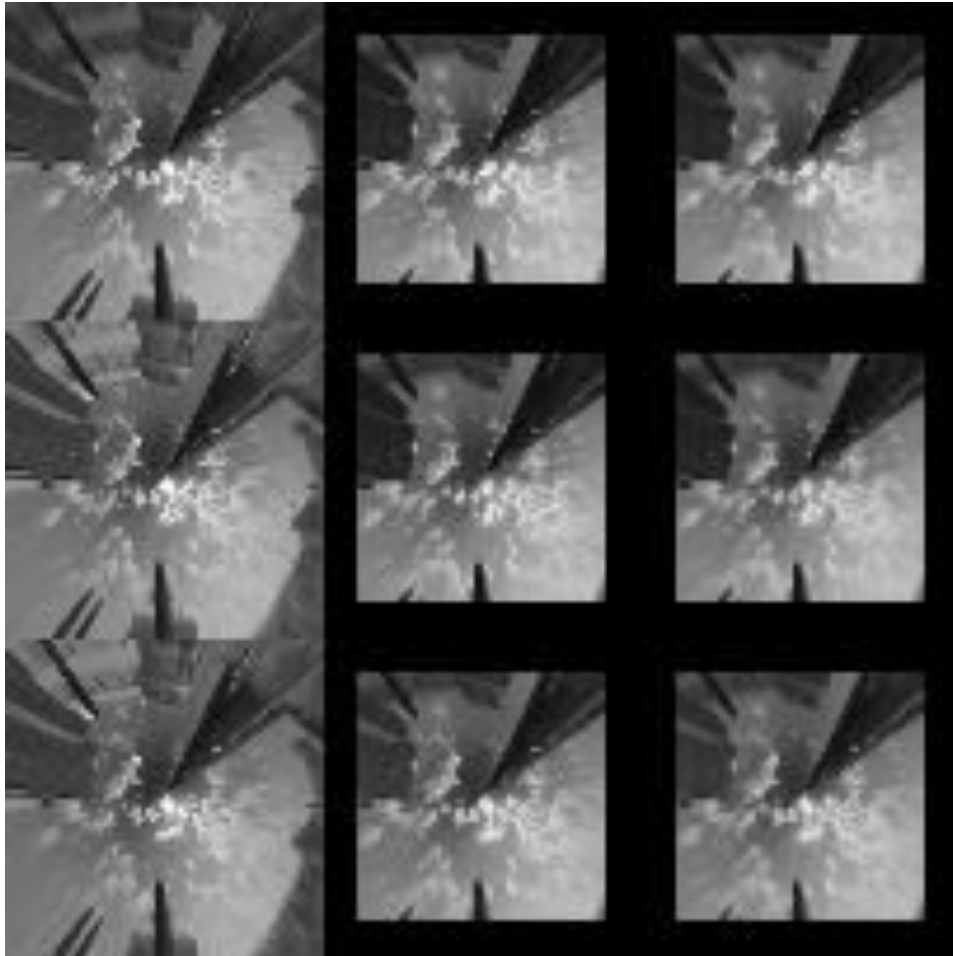


## Setup 5



Prediction in Image Space

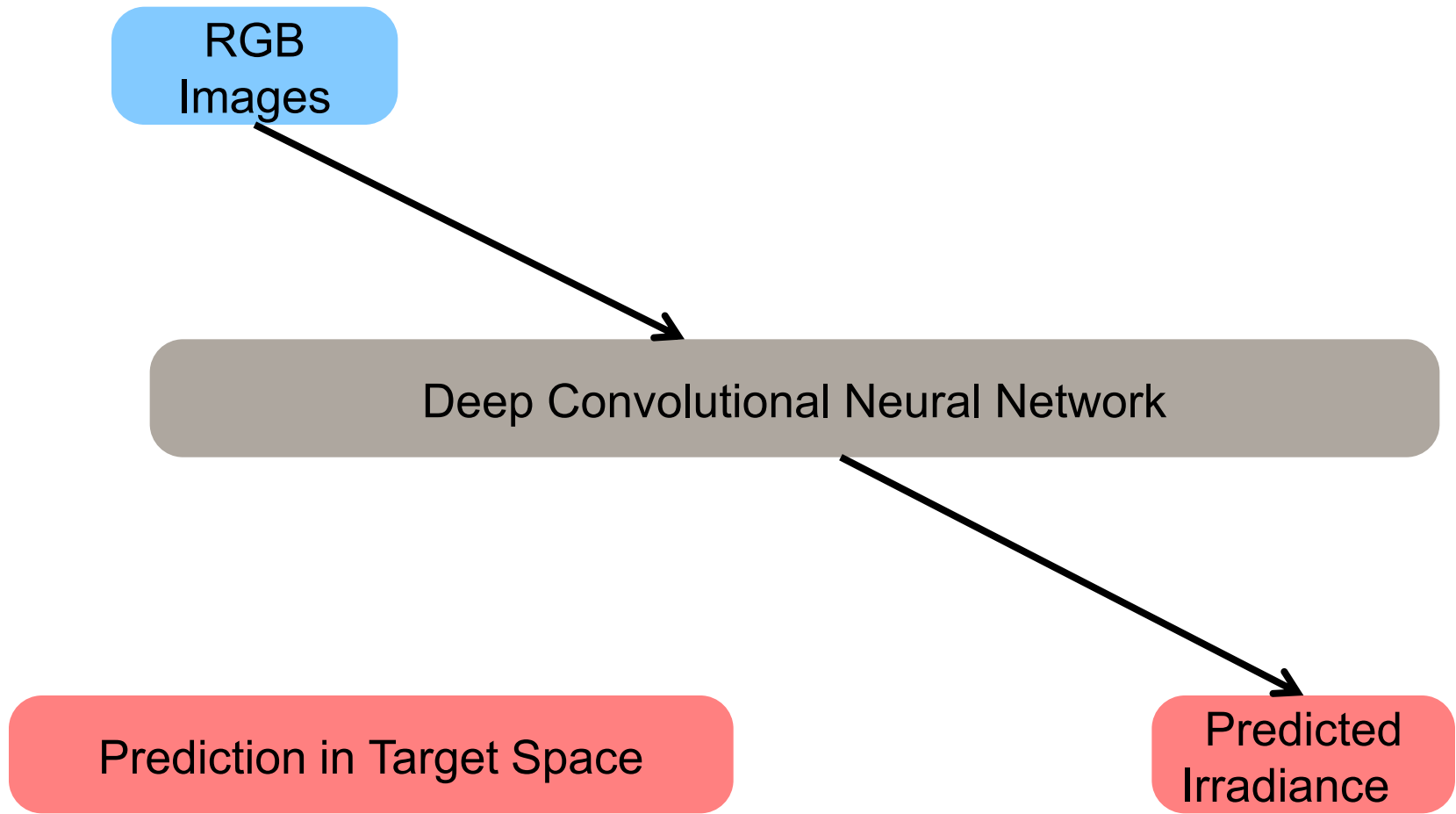
# Adaptive Filter



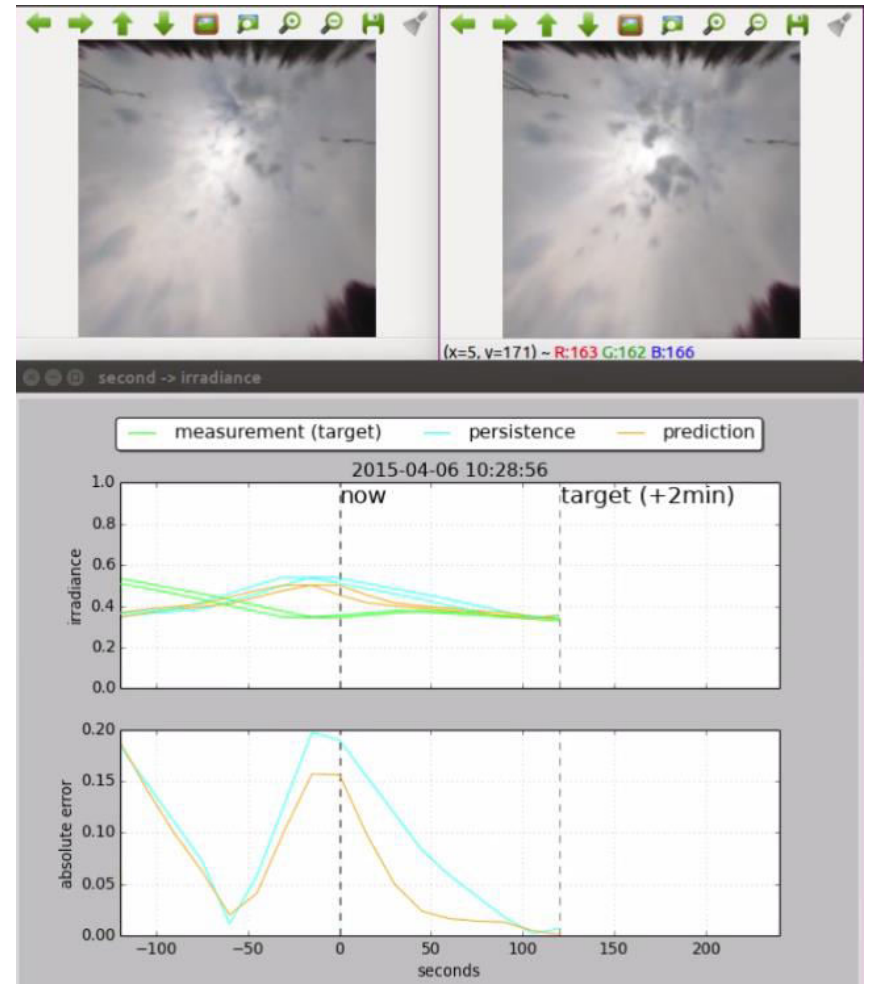
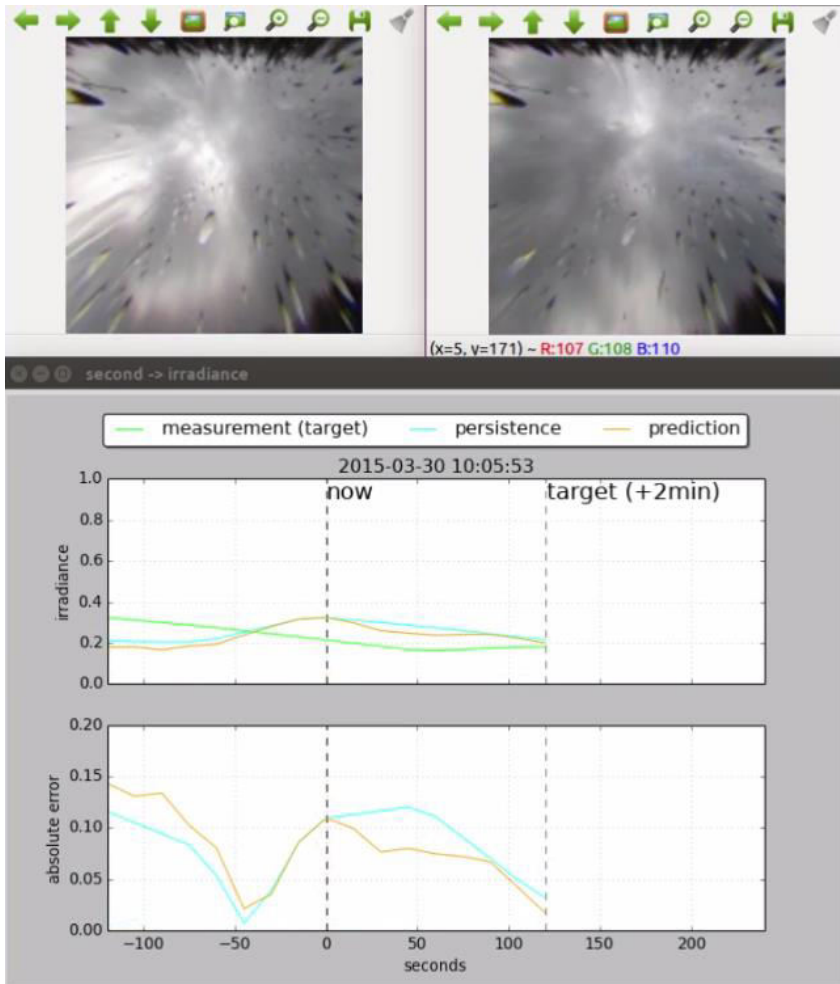
- Ein linearer Fit für das gesamte Bild
- Manuelle Auswahl der Filtergröße
- Maximale Bewegung zwischen zwei Bildern begrenzt durch die Filtergröße

→ Mehrere überlappende Filter für verschiedene Bildsegmente

# Setup 1: CNN

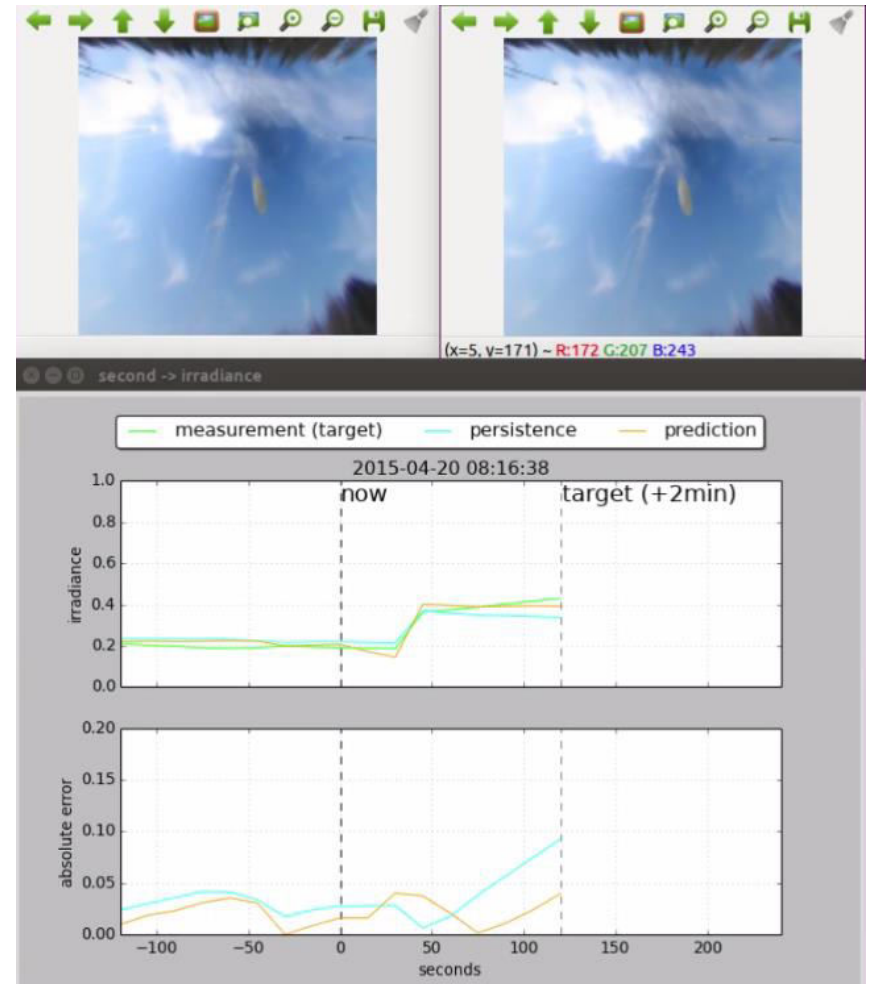
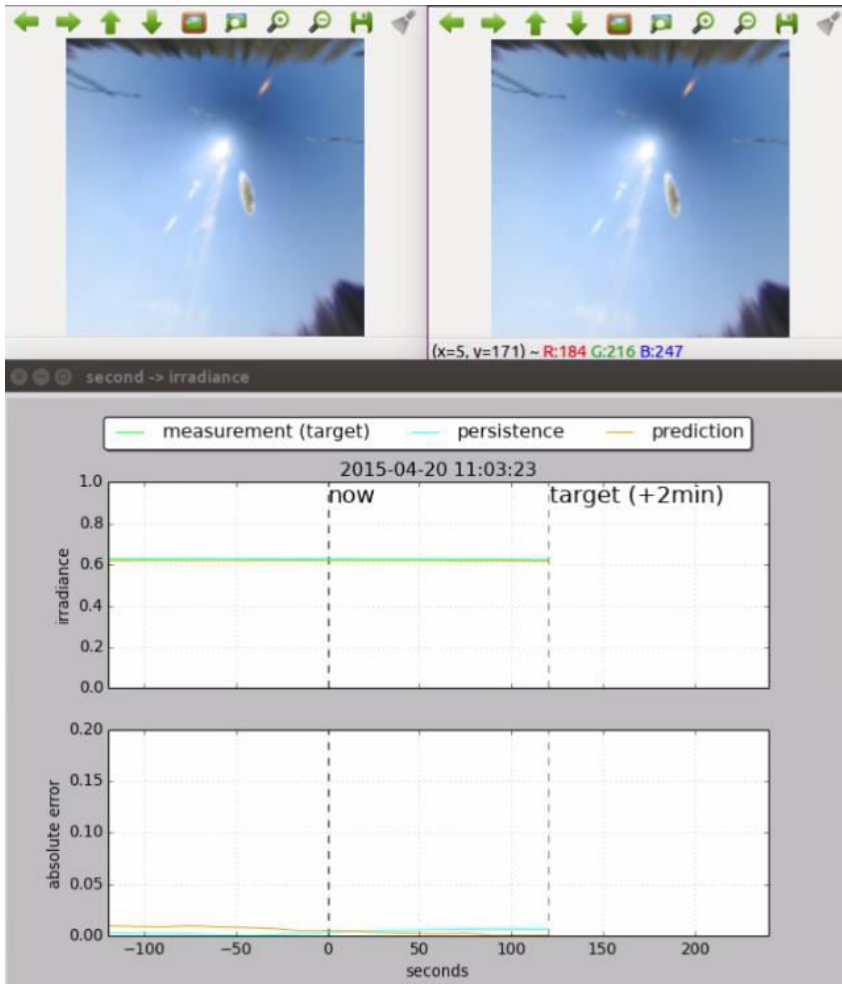


# CNN Vorhersage Einstrahlung 1/2





# CNN Vorhersage Einstrahlung 2/2



# Zusammenfassung/Ausblick

- Es gibt viele Wege zur Vorhersage, Deep Learning ist nur einer davon
- Methode abhängig Anwendung (Bild, Strahlung)
- Adaptive Filter: eher unflexibel, feste Filtergröße
- Autoencoder: keine Unterscheidung was im Bild wichtig ist für Vorhersage
- CNN:
  - Erste Wahl bei deep learning für Bilder
  - Sehr rechenaufwendig → GPU

// Energie mit Zukunft

// Zentrum für Sonnenergie- und Wasserstoff-  
Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

## Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit



**Stuttgart:**  
Photovoltaik (mit Solab),  
Energiepolitik und  
Energieträger, Zentralbereich  
Finanzen, Personal & Recht

**Solar-Testfelder:**  
Widderstall

**Ulm:**  
Elektrochemische Energietechnologien –  
Hauptgebäude und eLaB