

# **VERGLEICH DER EINSTRAHLUNGSVARIABILITÄT AUS DATENQUELLEN MIT UNTERSCHIEDLICHER RAUM-ZEITLICHER AUFLÖSUNG**

**Thomas Schmidt, Jonas Stührenberg, Maximilian Schellhorn, Lüder von Bremen,  
Annette Hammer, Jorge Lezaca, Marion Schroedter-Homscheidt**

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
Institut für Vernetzte Energiesysteme, Oldenburg**

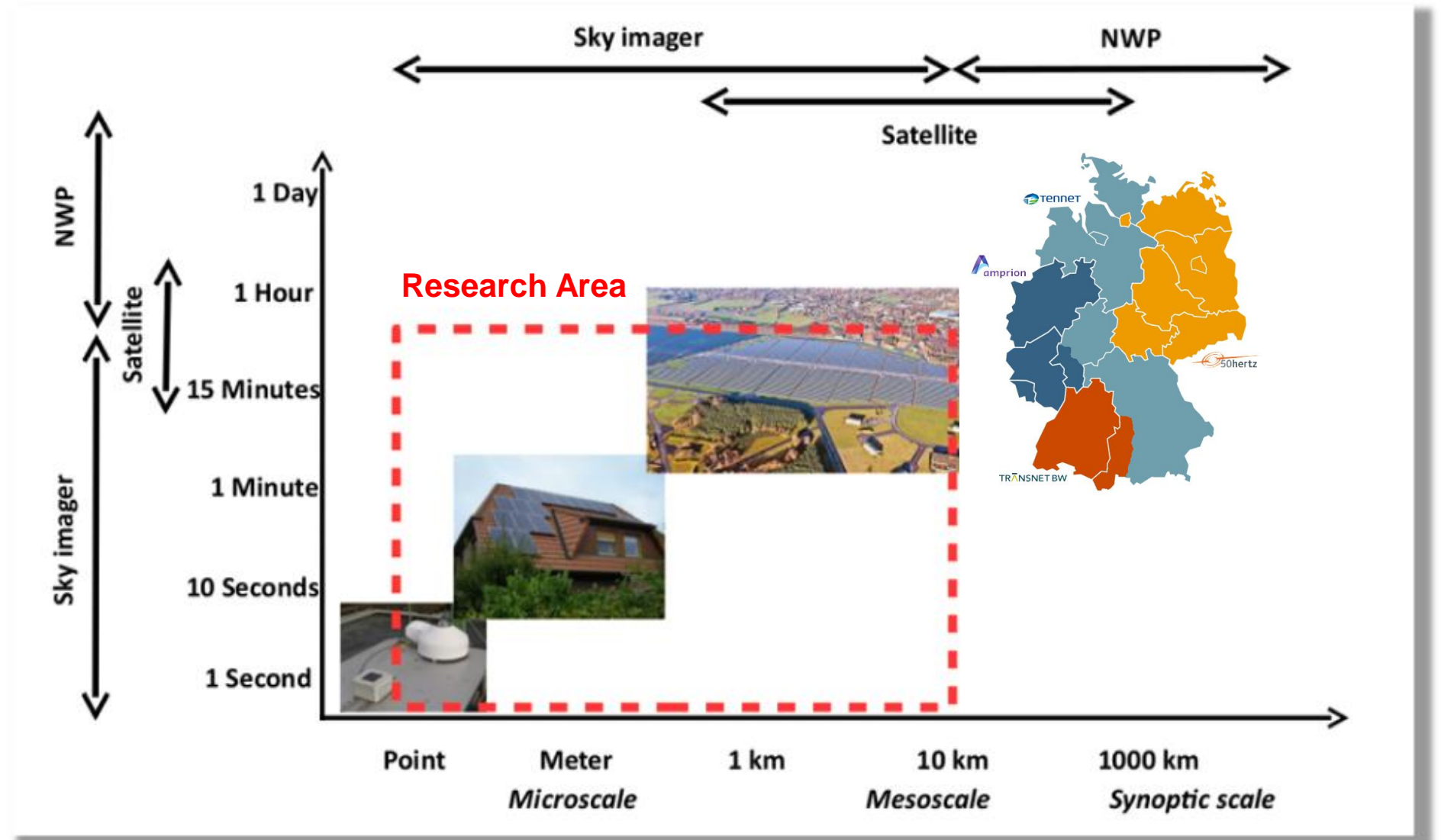






# Motivation und Datenbasis

# Variabilität der Solarstrahlung – Modelle und Instrumente für unterschiedliche Skalen

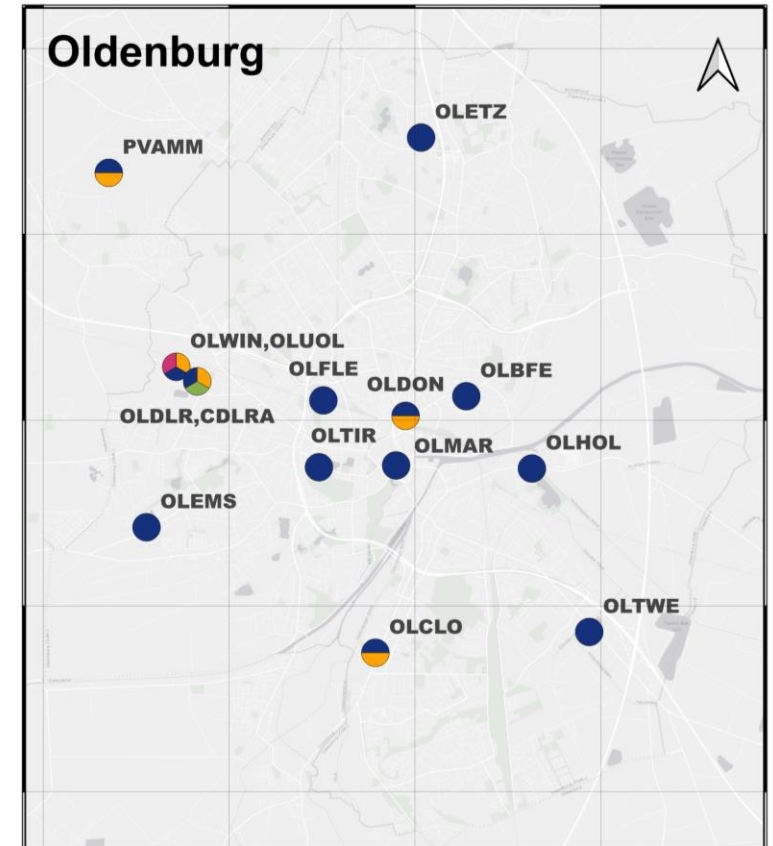
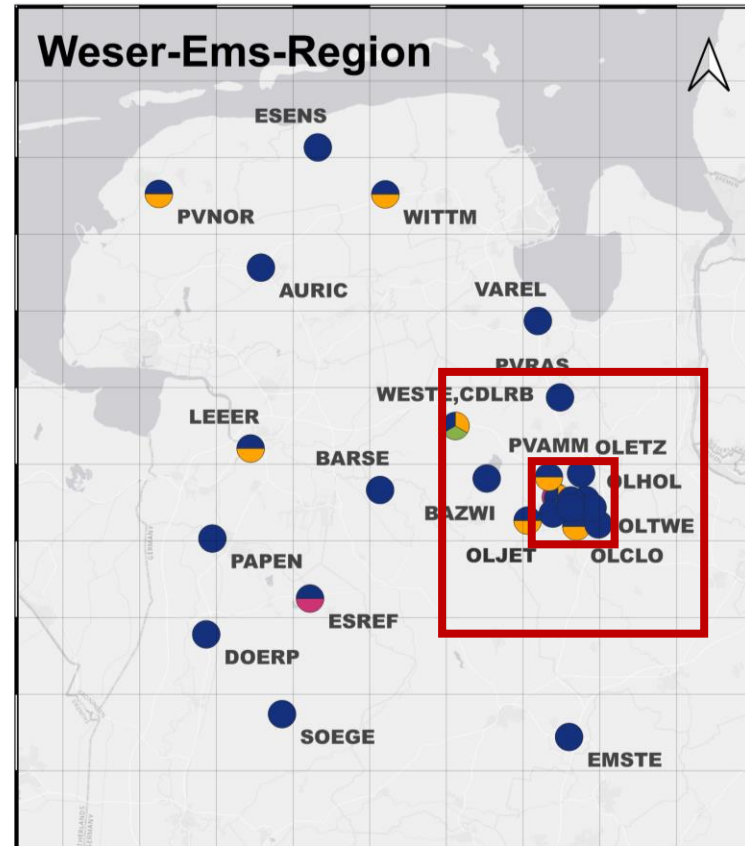




# Eye2Sky Messnetz



- 30 Stationen mit All-Sky Imagern (ASI)
- davon 12 Stationen mit meteorologischen Instrumenten
- ~110km x 100km in Nord-West-Deutschland



Background: OpenStreetMap ESRI light gray

# Eye2Sky - Instrumente

## Meteorologische Messungen

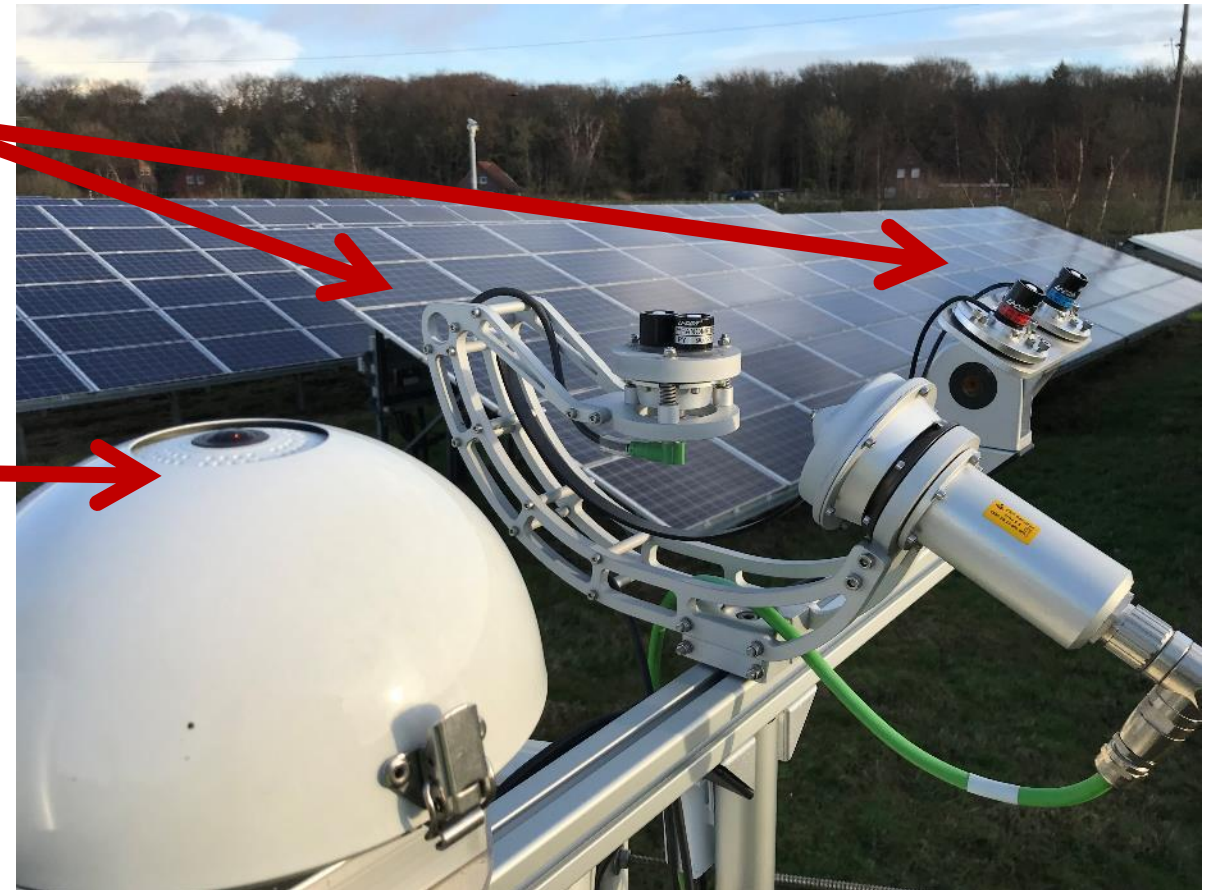
- Solarstrahlung (GHI, DHI, DNI, GTI)
- Lufttemperatur und -feuchtigkeit

## All-sky imagers (ASI)

- Kommerzielle Überwachungskameras
- Fischaugenlinsen mit 180° Rundumsicht
- Aufzeichnung alle 30s

## Wolkenhöhenlaser

- 6 Ceilometer zur Messung der Wolkenhöhe



Photography of Eye2Sky station PVNOR



# Beispiel – kleinskaliger Cumulus



# Wolkenbedeckung am 17. Juli 2022 von Aqua/MODIS aus gesehen

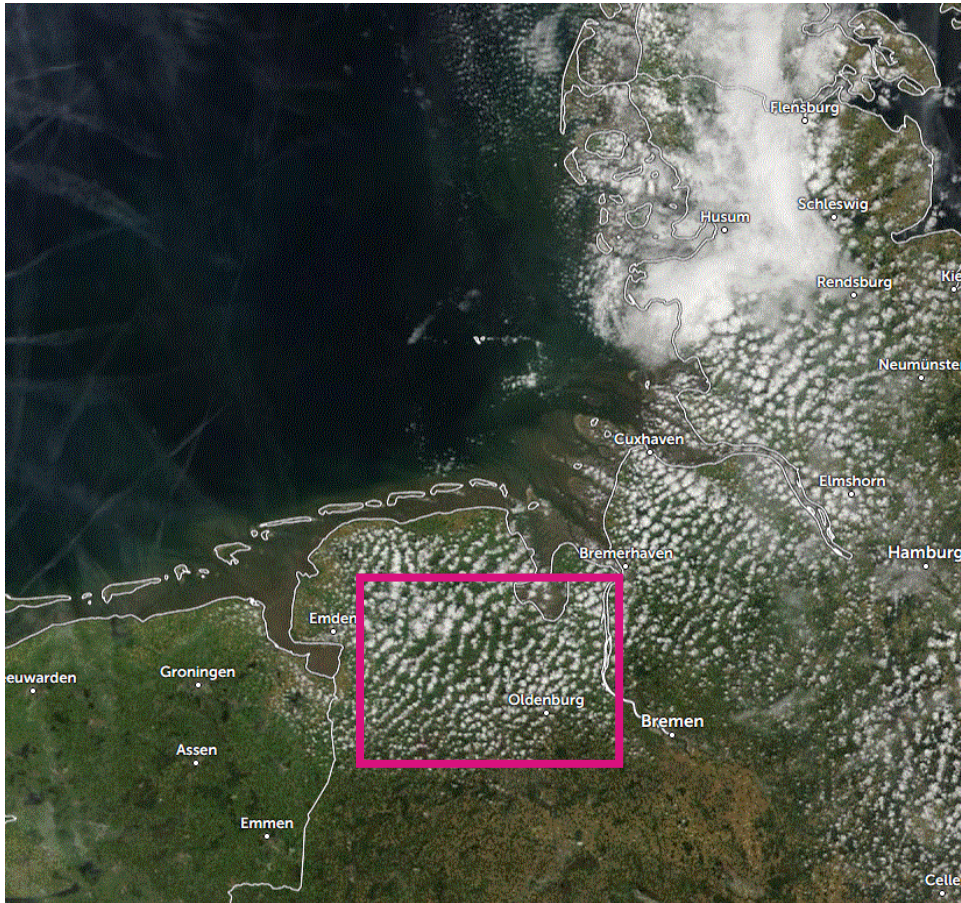
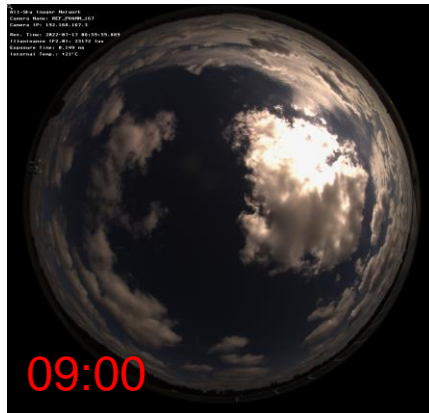
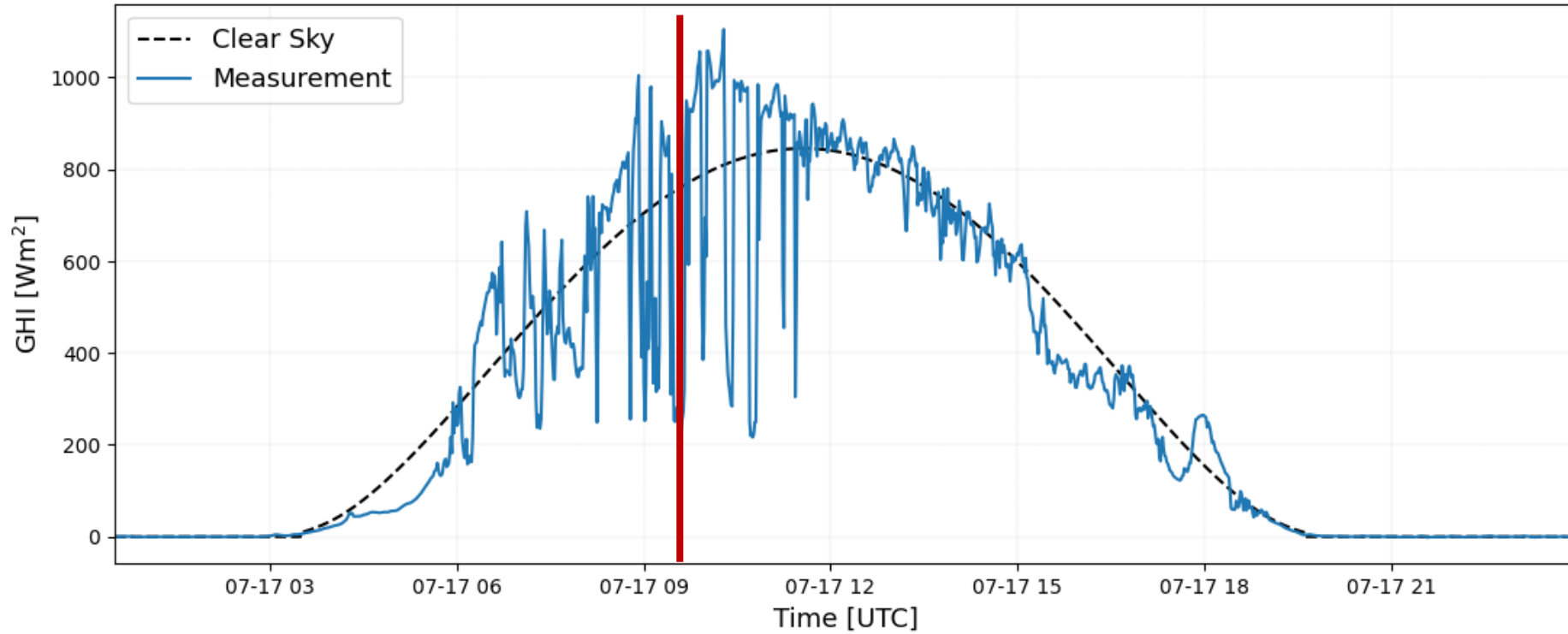


Image sources: Snapshots from from <https://zoom.earth>

Modellregion Oldenburg+: 17 ASI zur Analyse und Nowcasting der Einstrahlung im Stadtgebiet Oldenburg



# Beispieltag 2022-07-17





## Eye2Sky

DLR

$\Delta x = 50\text{m}$

$\Delta t = 1 \text{ min}$

## Meteosat Seviri HRV

DLR-  
Heliosat3

$\Delta x \sim 2\text{km}$

$\Delta t = 15 \text{ min}$

## NWP ICON-D2

Run 3 UTC

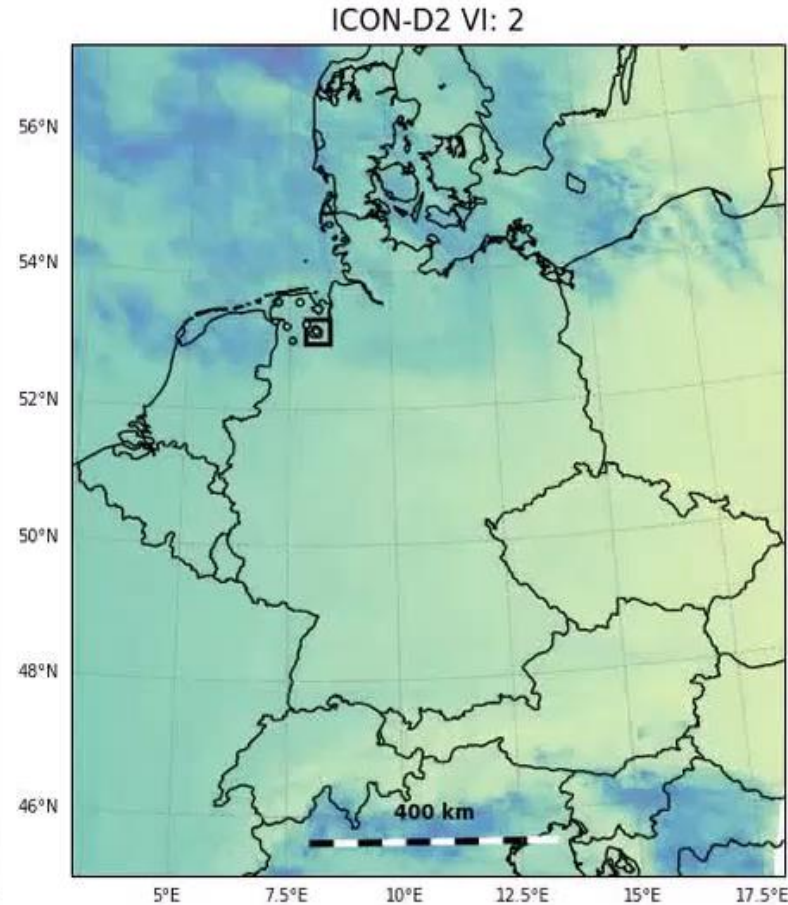
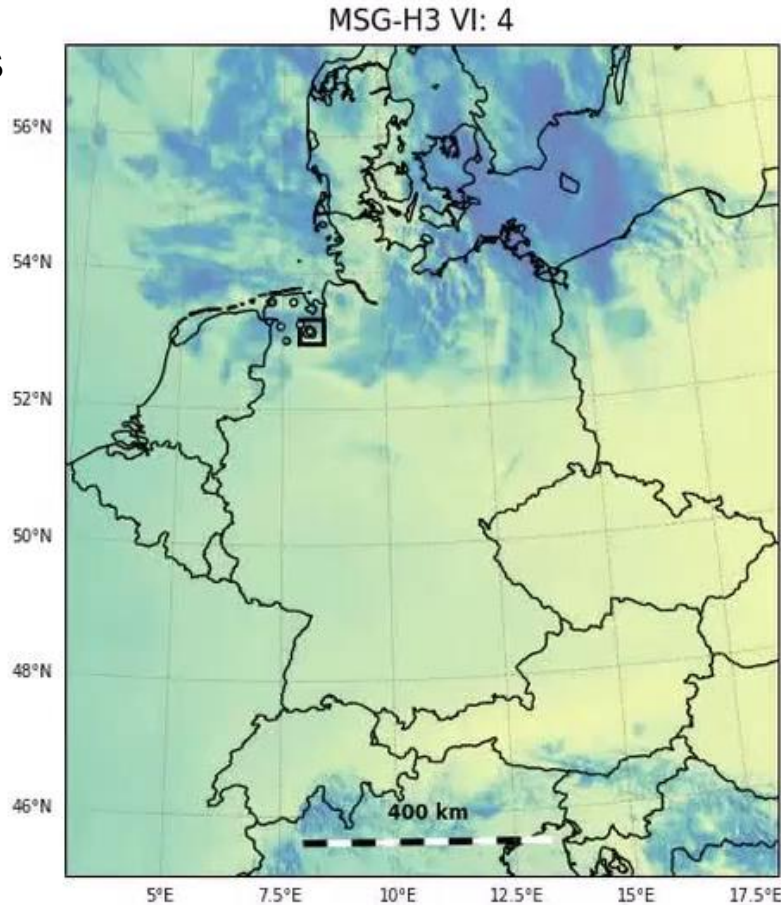
$\Delta x \sim 2.2 \text{ km}$

$\Delta t = 15 \text{ min}$

# Vergleich Satelliten- und Wettermodellldaten

GHI - 2022-07-17 06:00:00 UTC - Gridsize: (667, 590) - Resolution: 2.0km - Interpolation: linear

GHI Analyse aus  
MSG-Satellit  
Heliosat3



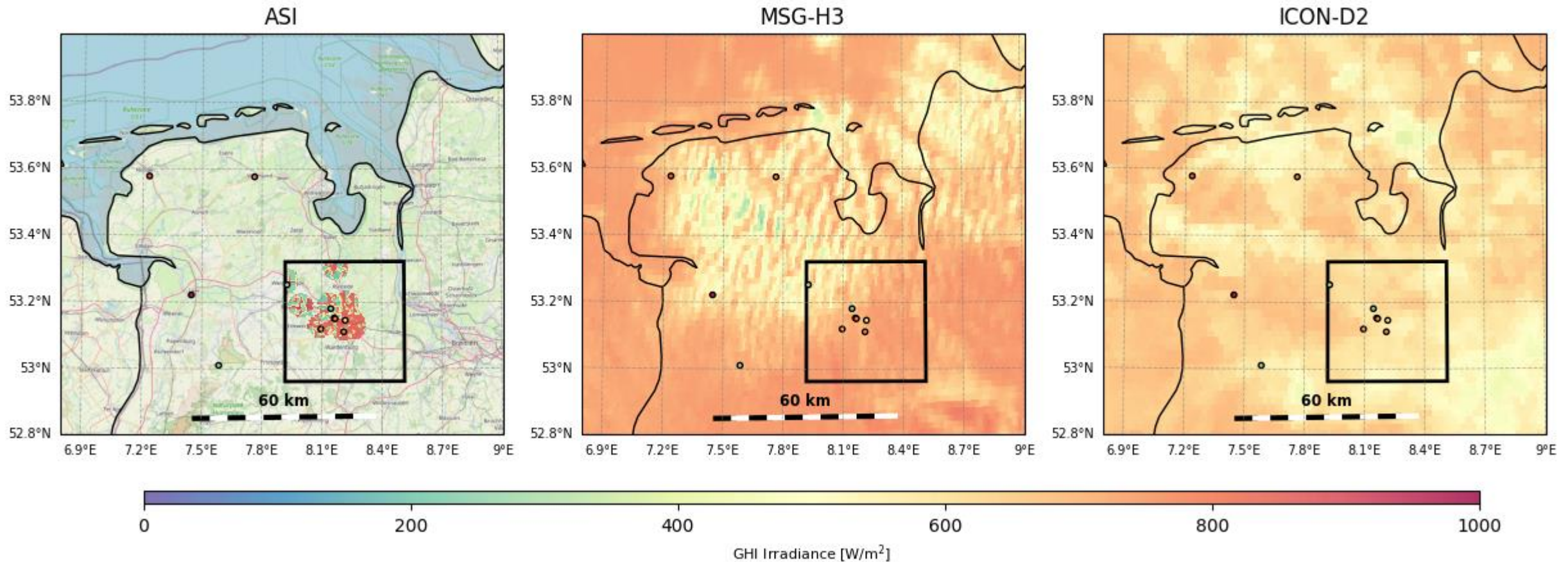
GHI-Prognose aus  
ICON-D2  
(von 3 UTC)





# Globalstrahlung der gleichen Situation aus drei verschiedenen Datenquellen

GHI - 2022-07-17 09:30:00 UTC - Gridsize: (267, 296) - Resolution: 0.5km - Interpolation: nearest

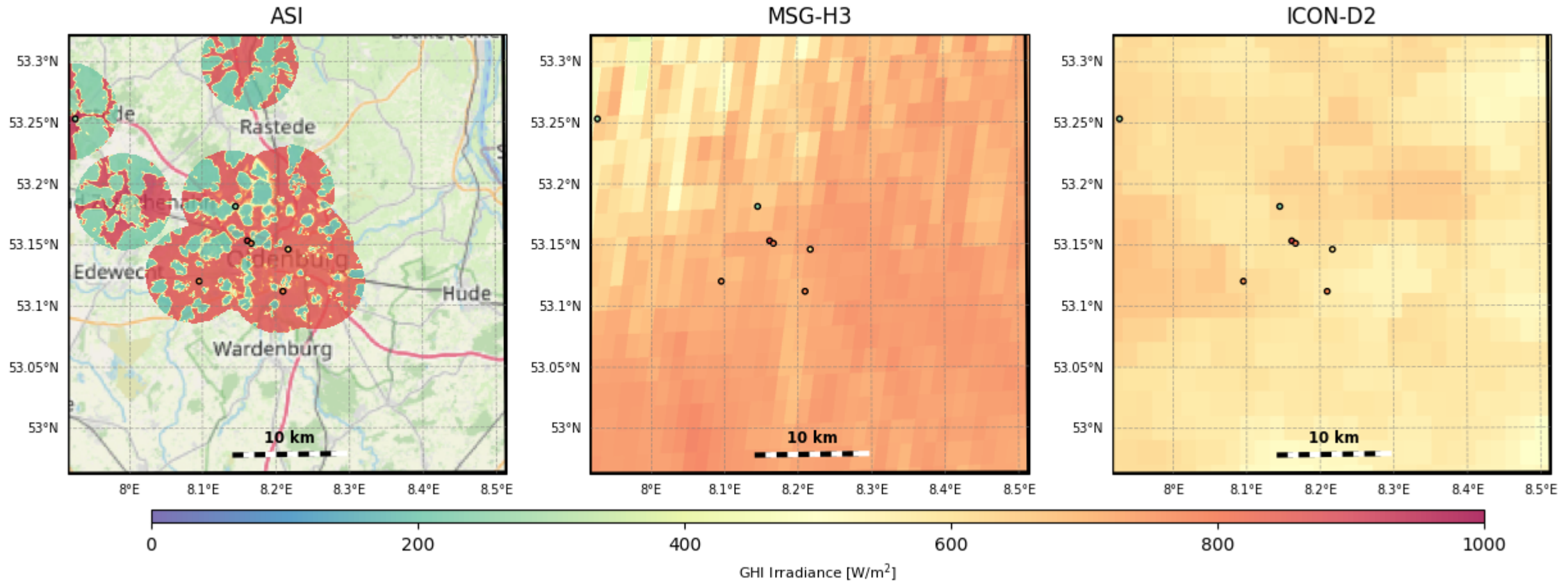


# Detailaufnahme für Modellregion Oldenburg 40 x 40km

Satelliten- und Modelldaten auf ASI Gitter interpoliert (dx=50m)

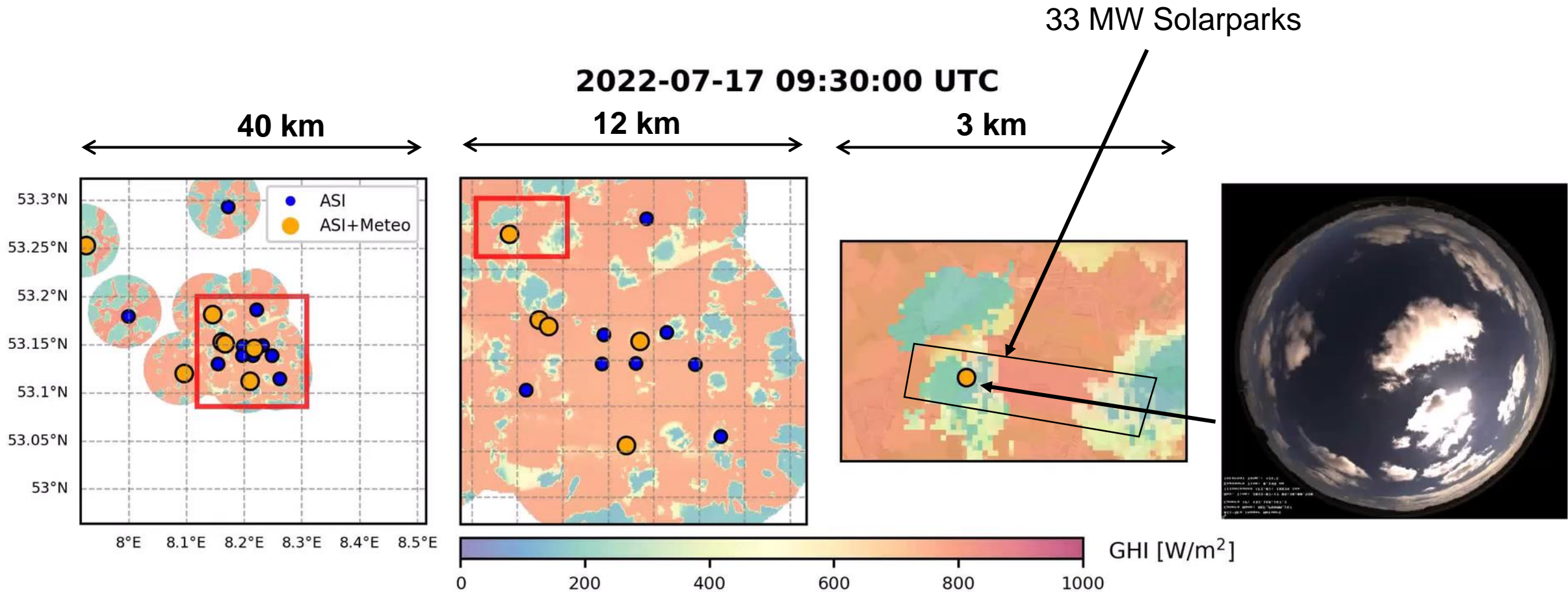


GHI - 2022-07-17 09:30:00 UTC - Gridsize: (800, 800) - Resolution: 0.05km - Interpolation: nearest





# Analyse der Einstrahlung aus ASI-Daten für Beispielsituation



# Variabilitätsmaß

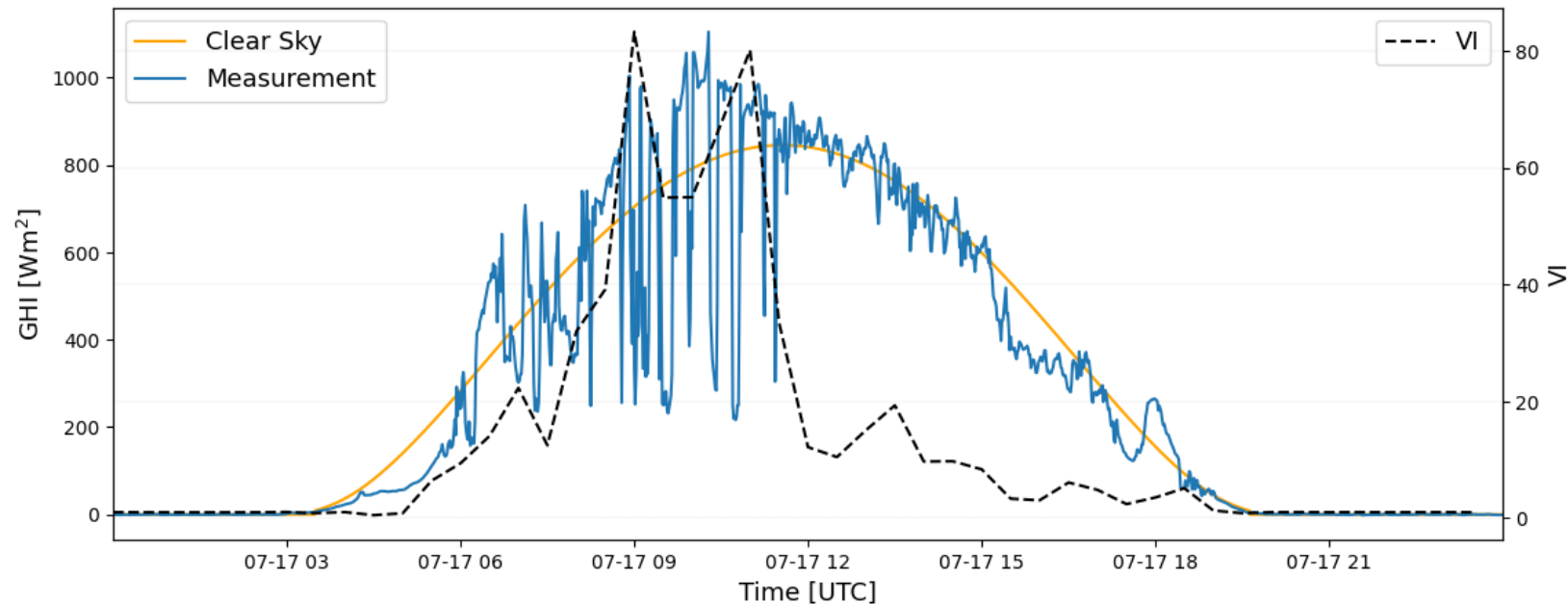


# Variabilitäts - Index VI

- Stein, J., Hansen, C. W., and Reno, M. J.  
*The Variability Index: A New and Novel Metric for Quantifying Irradiance and PV Output Variability.*  
United States: N. p., 2012. Web.

$VI = \frac{\text{Länge der bewölkten Kurve}}{\text{Länge der unbewölkten Kurve}}$

- Berücksichtigt Schrittweite
- Abhängig von Tages/Jahreszeit
- $VI \geq 1$
- VI für 30 Minutenabschnitte



# Übertragung auf räumliche Gradienten

Messung

Clear Sky

$$VI = \sum_{i=2}^N \sqrt{(G_i - G_{i-1})^2 + (t_i - t_{i-1})^2} / \sum_{i=2}^N \sqrt{G_{Ci} - G_{Ci-1})^2 + (t_i - t_{i-1})^2}$$



Messung

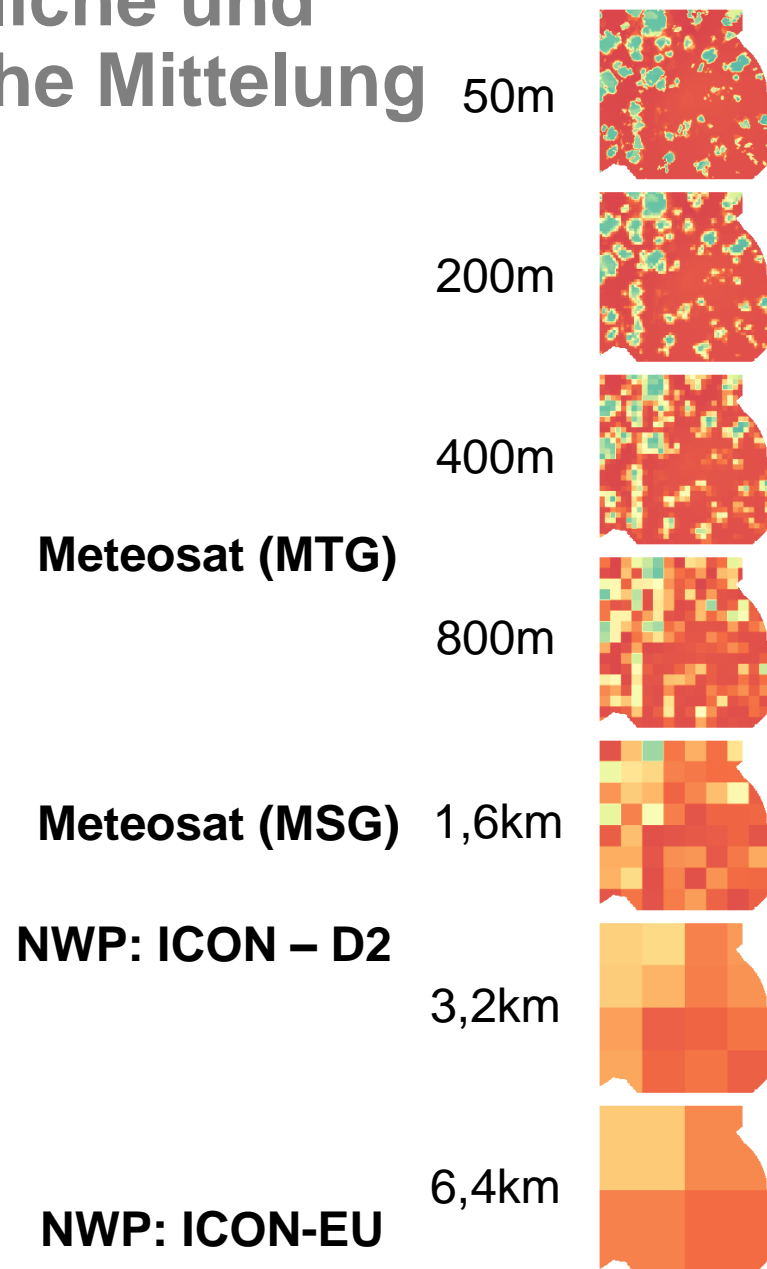
Clear Sky

$$VI = \sum_{i=2}^N \sqrt{(G_{x_i} - G_{x_{i-1}})^2 + (x_i - x_{i-1})^2} / \sum_{i=2}^N \sqrt{G_{Cx_i} - G_{Cx_{i-1}})^2 + (x_i - x_{i-1})^2}$$



# Räumliche und zeitliche Mittelung

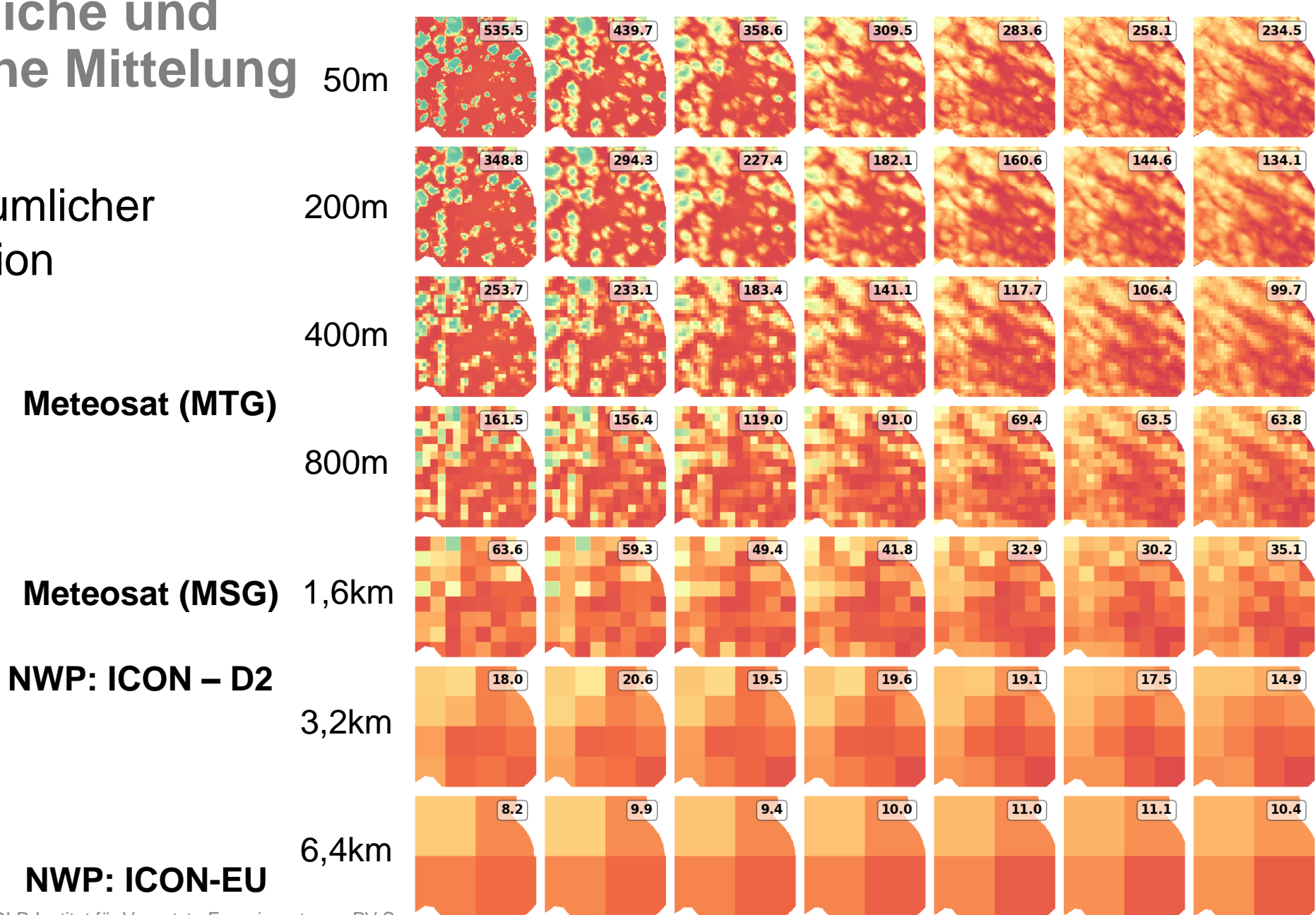
inst



# Räumliche und zeitliche Mittelung

VI in räumlicher Dimension

inst 5min 10min 15min 20min 25min 30min

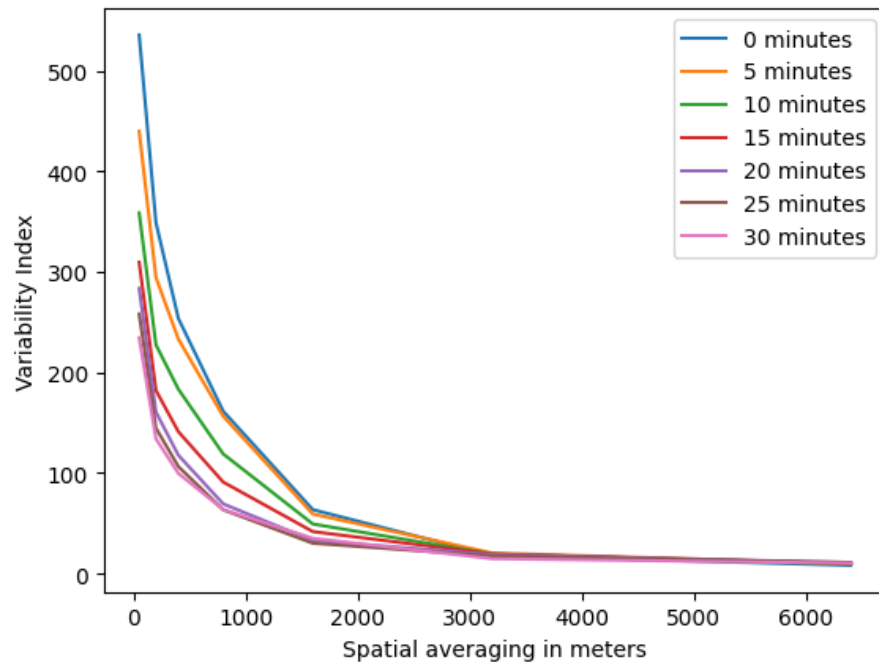




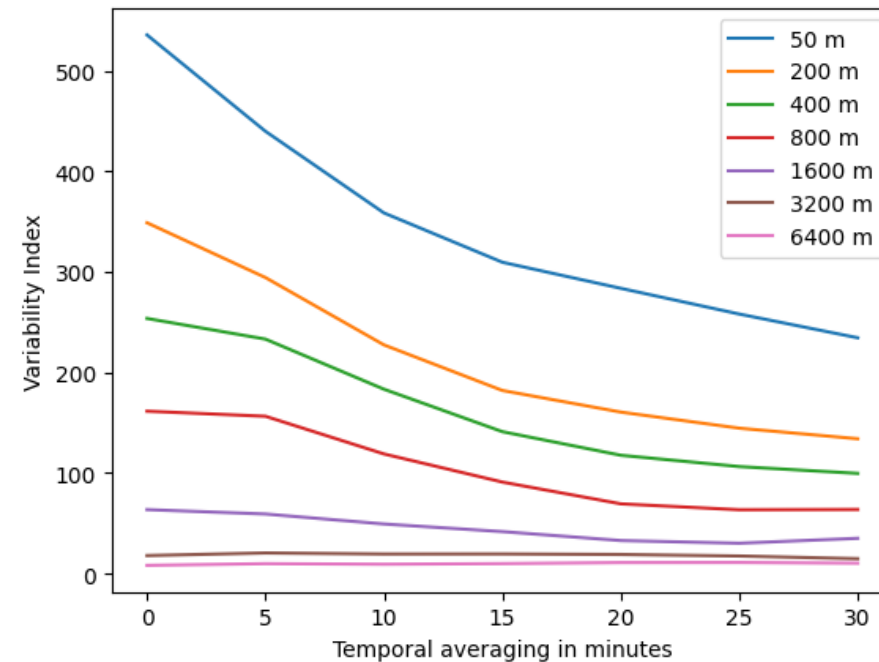
# Räumliche und zeitliche Mittelung

## Einfluss auf Variabilitätsindex VI

**Räumliche Mittelung**  
beeinflusst durch Wolkengröße



**Zeitliche Mittelung**  
beeinflusst durch Wolkendynamik +  
Wolkengröße



# Statistiken



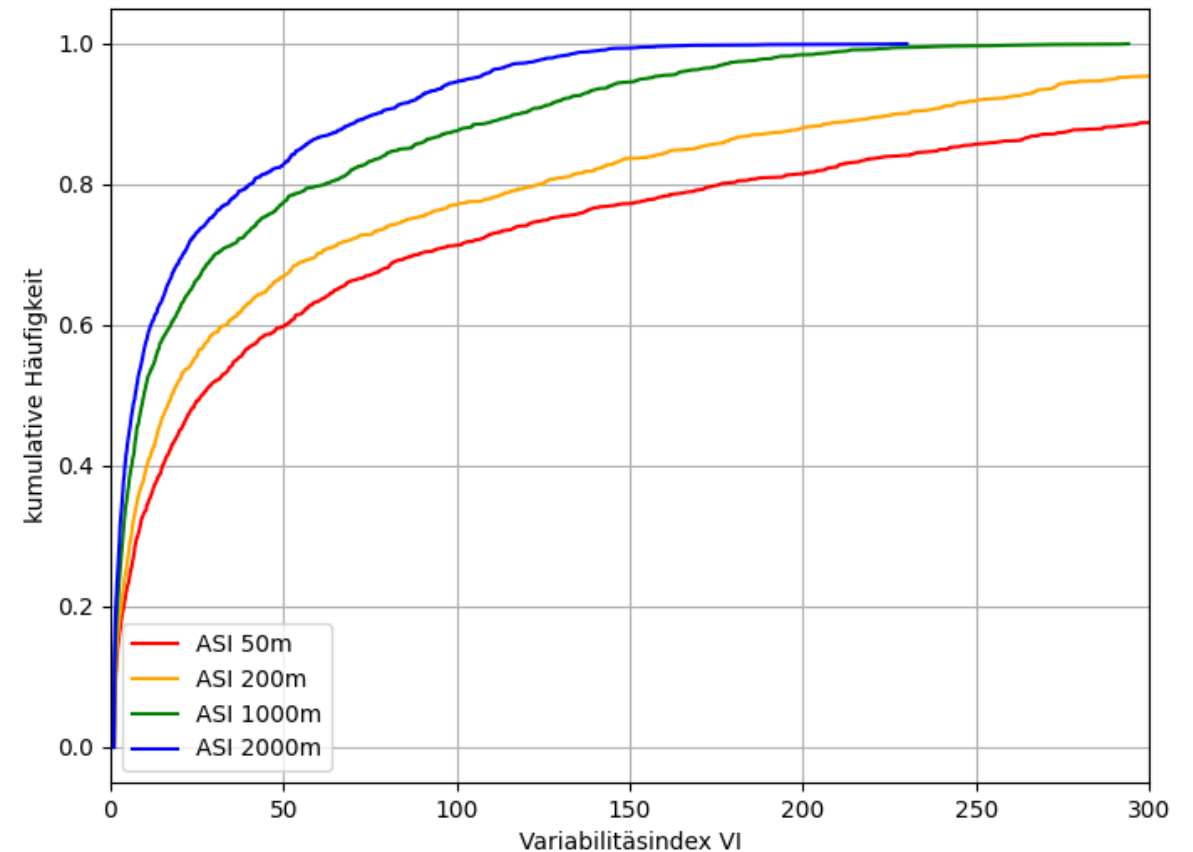
# Variabilitätsstatistik

Juli – Dezember 2022



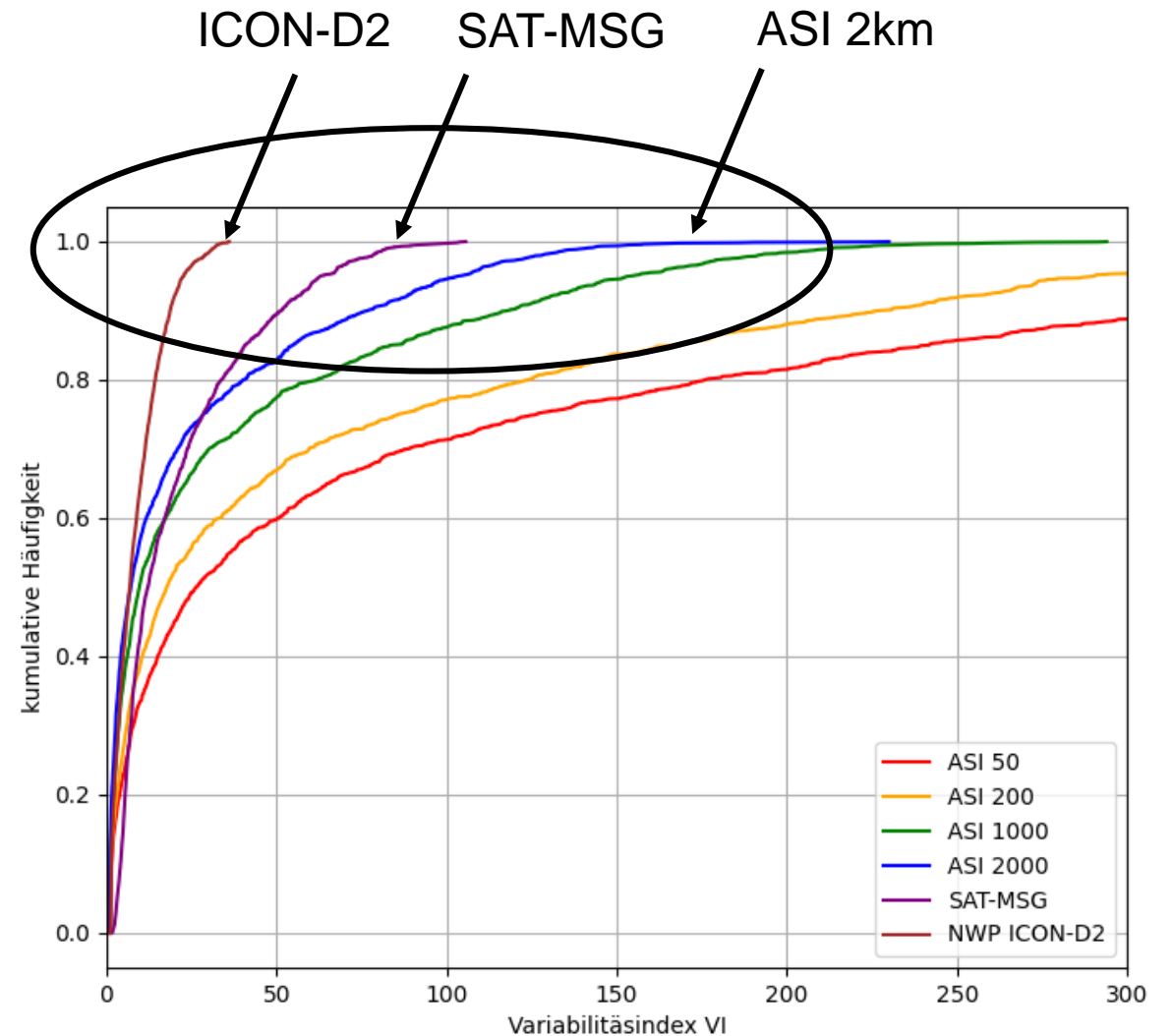
- Auswertung des räumlichen VI der Globalstrahlung von Juli – Dezember 2022
- Untersuchung des Einflusses der räumlichen Mittelung der Eye2Sky ASI Daten im Gebiet Oldenburg

deutlicher Rückgang hoher VI bei Mittelung bis 2 km Gitterweite



- Auswertung des VI von Satellitendaten(SAT-MSG) und Wettermodell (NWP ICON-D2)

- Seltener hohe VI in beiden Datensätzen im Vergleich zu ASI
- Ebenso im Vergleich zu den auf die native Auflösung (2,2km ICON-D2, ~2km MSG) der Datensätze gemittelten Daten aus Eye2Sky-ASI immer noch reduzierte Maximal-VI





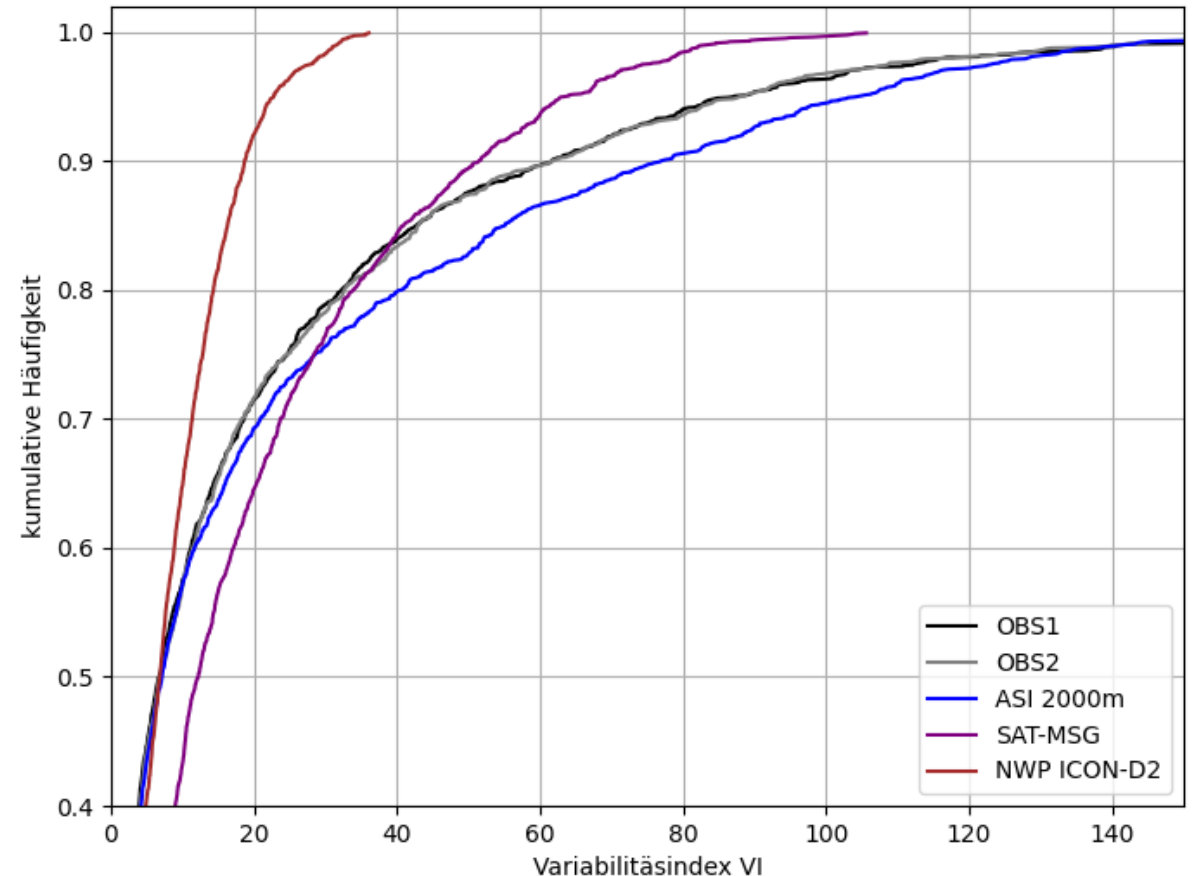
# Variabilitätsstatistik

## Vergleich räumlicher und zeitlicher Maße



- Im Vergleich die Auswertung des zeitliches VI an zwei Messstandorten (Minutenmittel, 30 Minuten Zeitfenster)

Hohe Ähnlichkeit der Verteilungen für die am Boden gemessene zeitliche Variabilität mit der räumlichen Variabilität aus dem ASI Messnetz



# Zusammenfassung

- Eye2Sky ASI-Strahlungskarten enthalten Wolkenstrukturen in hoher Auflösung.
- Sehr kleinskalige Bewölkung kann im Gegensatz zu Standarddatensätzen abgebildet werden.
- Dies ist insbesondere für kleinräumige PV-Anlagen und kurzfristige Horizonte von Vorteil.



- Bei Variabilitätsmetrik sollten Gitter, zeitliche- und räumliche Auflösung und Interpolationsmethode sinnvoll abgestimmt werden
- Eye2Sky ASI-Daten zeigen in höchster Auflösung sehr hohe VI, die von anderen Datensätzen nicht abgebildet werden (können)
- Bei vergleichbarer Auflösung (2 km) zeigen ASI- und Satellitendaten sich annähernde Statistiken
- Daten des hochaufgelösten ICON-D2 lösen ebenfalls kleinräumige Strukturen auf, maximale VI sind aber noch deutlich reduziert (-> zeitliche Mittelung?)

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!



**Website:**

<https://www.dlr.de/ve/en/eye2sky>

**Video:**

[Portrait of Eye2Sky in 5 Min Video](#)

**Kontakt:**

[th.schmidt@dlr.de](mailto:th.schmidt@dlr.de)

