



FACHAGENTUR  
WINDENERGIE AN LAND

# Flächendarstellung des Hemmnispotenzials für den Windenergieausbau durch militärische Luftraumüberwachung

## 30. Windenergietage

Dr. Anja Pagenkopf

Linstow, 10. November 2022

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

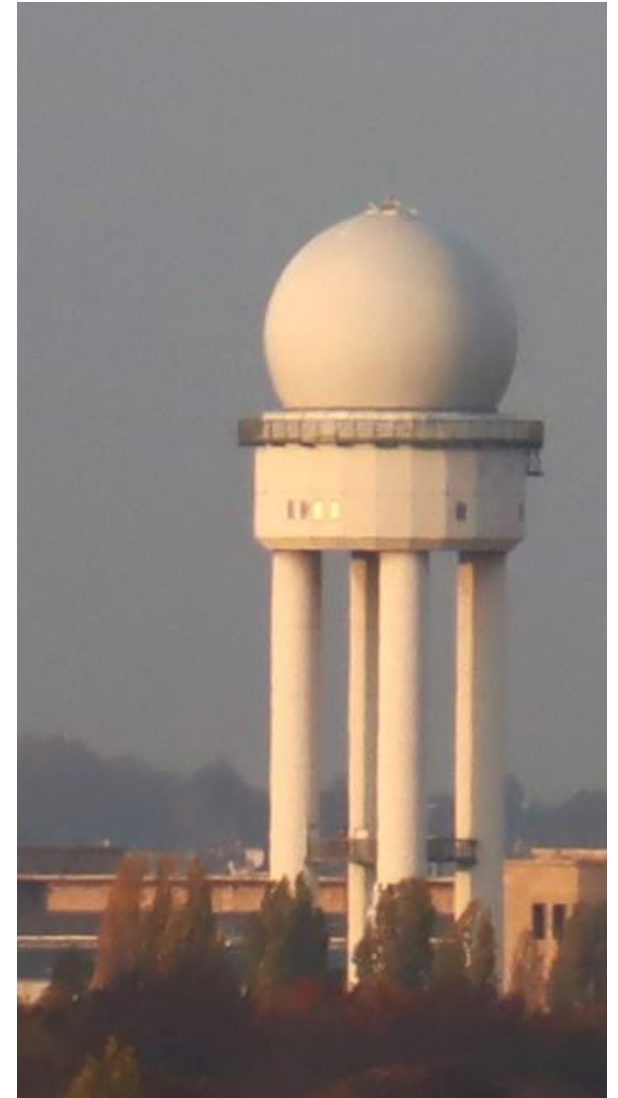


## Luftverteidigungsradar der Bundeswehr

- Auftrag: *“Die Sicherheit des deutschen Luftraumes zu gewährleisten und dessen Souveränität [...] sicherzustellen”.*
- 18 stationäre Anlagen zur Luftraumüberwachung in Deutschland
- angestrebte Reichweite der LV-Radare beträgt bis zu 450 km
- Erdkrümmungseffekt bei 450 km zirka 12 km Abstand zwischen Radarstrahl und Erdoberfläche



mit einem möglichst niedrigen Höhenwinkel  
die Luftraumerfassung beginnen



Luftverteidigungsradar Berlin-Tempelhof, © A. Pagenkopf

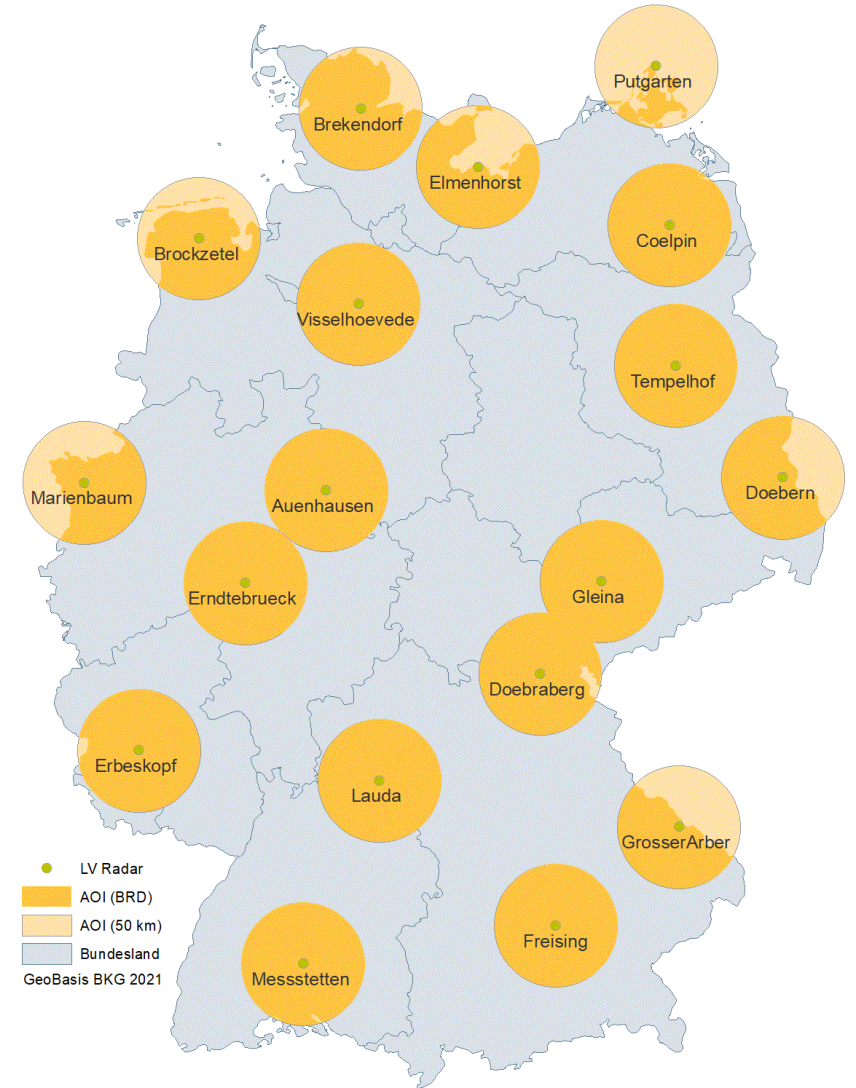


## Interessensgebiet (AOI) um LV Radare

- Prüfung im AOI mit Radius von 50 km auf potentielle Störwirkung durch geplante WEA
- AOI (Kreisflächen) 141.372 km<sup>2</sup> ≈40% BRD
- davon Bundesgebiet 118.910 km<sup>2</sup> ≈33% BRD
- aktuelle Umfrage zu Hemmnisgründen für WEA durch militärische Belange (Utsch 2022, S. 15)

Platz 3

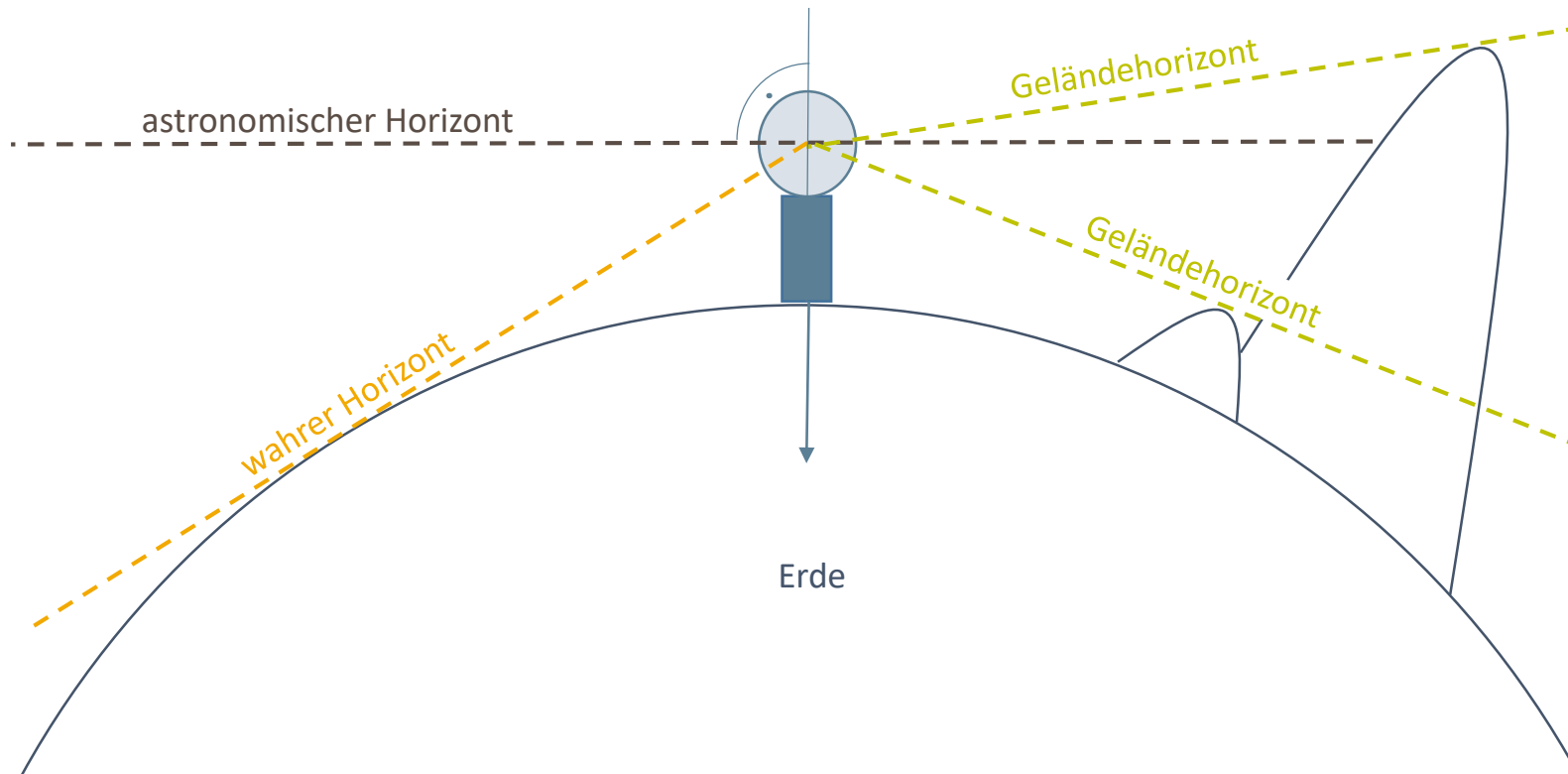
Viel oder wenig bezogen auf den Flächenanteil der AOI ?



LVR Interessensgebiet (AOI) der Bundeswehr bezüglich WEA in Deutschland



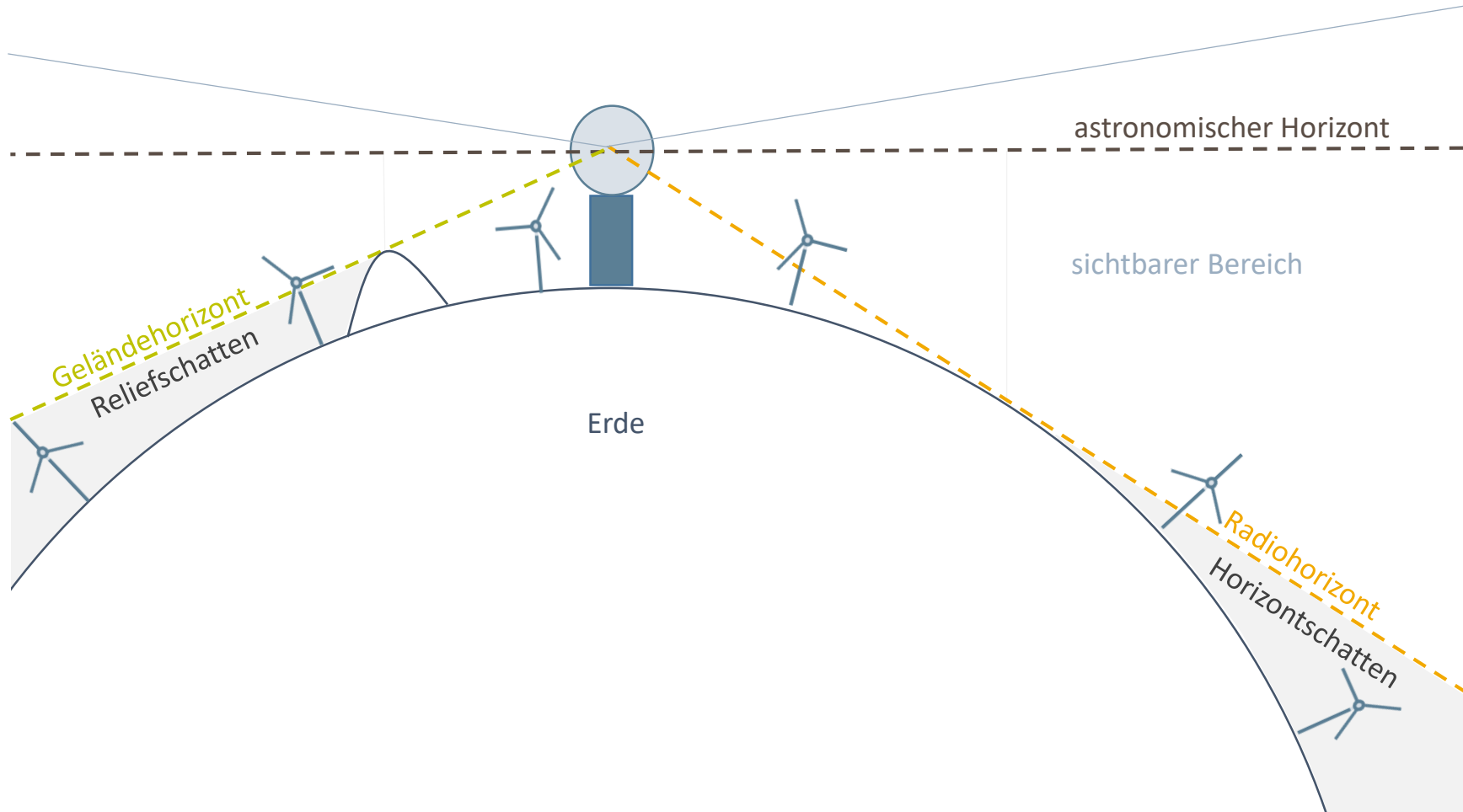
# Horizonte



in Anlehnung an: David Morgan-Mar: „100 Proofs that the Earth is a Globe “ (<https://www.mezzacotta.net/100proofs/archives/127>)



# Sichtschatten

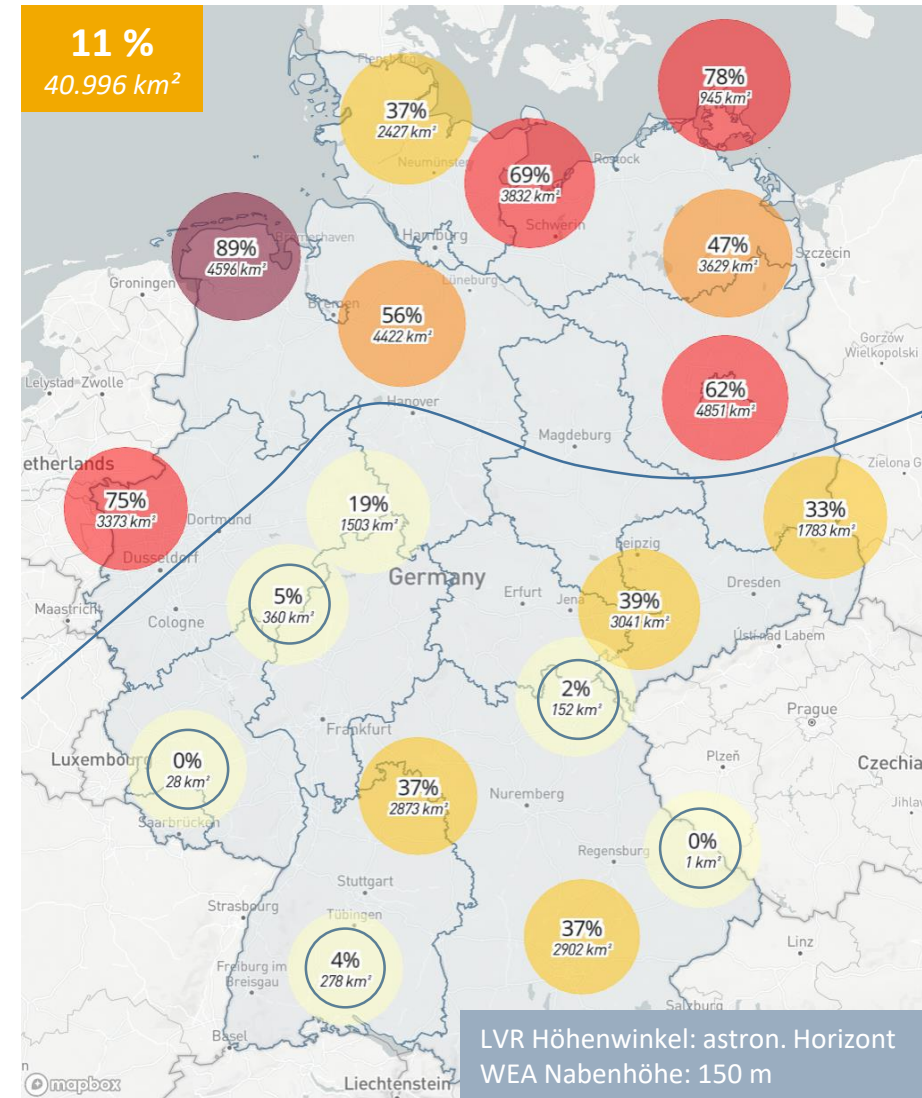




## LVR Erfassungsbereich von WEA

- Erfassungsbereich nimmt sehr unterschiedliche Anteile des Interessensgebietes ein, zwischen 0 und 89%
- Gesamtdeutschland 11%
- Nord-Süd-Unterschied
- Gipfelstandorte

→→→ <https://www.fachagentur-windenergie.de/veroeffentlichungen/militaerische-luftraumueberwachung/luftverteidigungsradare/>



LVR Erfassungsbereich von WEA



# Bestimmung des LVR Erfassungsbereiches von WEA

## Radarstrahlhöhe

- Ausgangshöhe  $\sim$  Bezugsniveau bis zur geschätzten Unterkante der Radarantenne
- Erdkrümmungseffekt mit zunehmender Entfernung
- Höhenwinkel mit zunehmender Entfernung
- Einfluss der Refraktion in der Standardatmosphäre - Korrekturfaktor

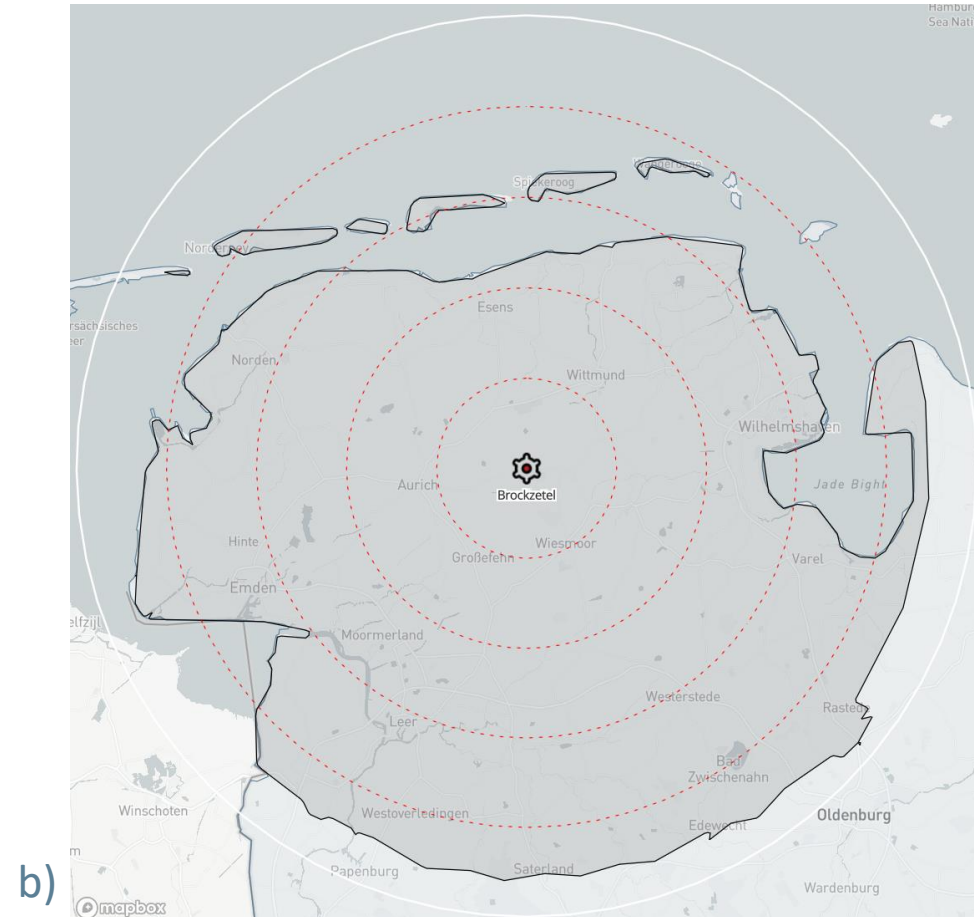
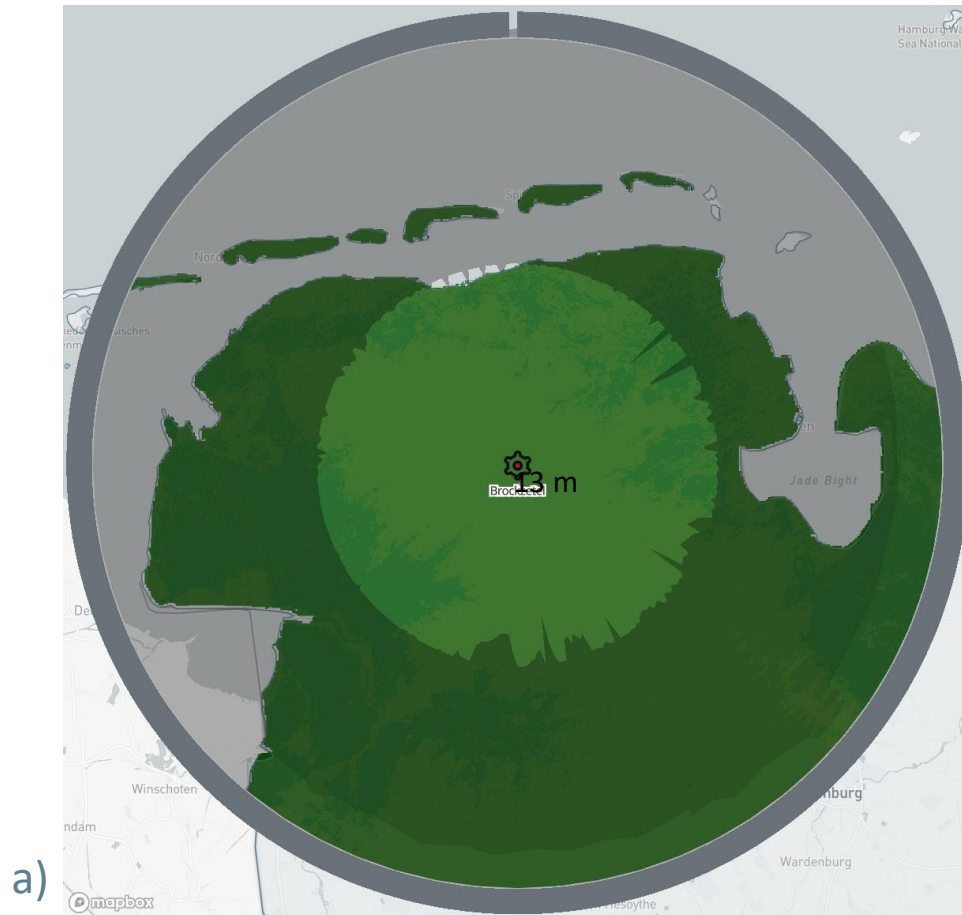
## Erfassungsbereich

- Differenz zwischen Erdoberfläche und der untersten Radarstrahlhöhe  $<$  betrachtete WEA Nabenhöhe





# LVR Schattenzone und Erfassungsbereiches von WEA - Brockzetel

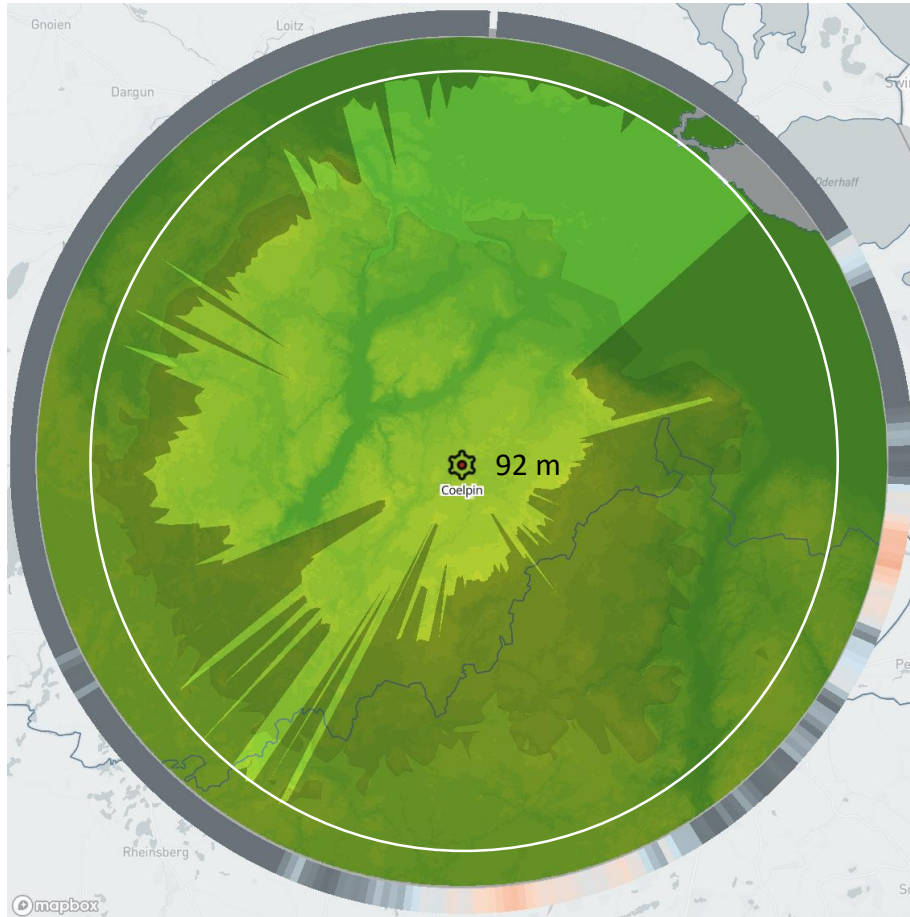


a) Radiohorizont und Schattenzone am LVR Brockzetel mit Höhenwinkel astronom. Horizont ( $0^\circ$ ) sowie b) der resultierende LVR Erfassungsbereich für WEA mit Nabenhöhe 150 m

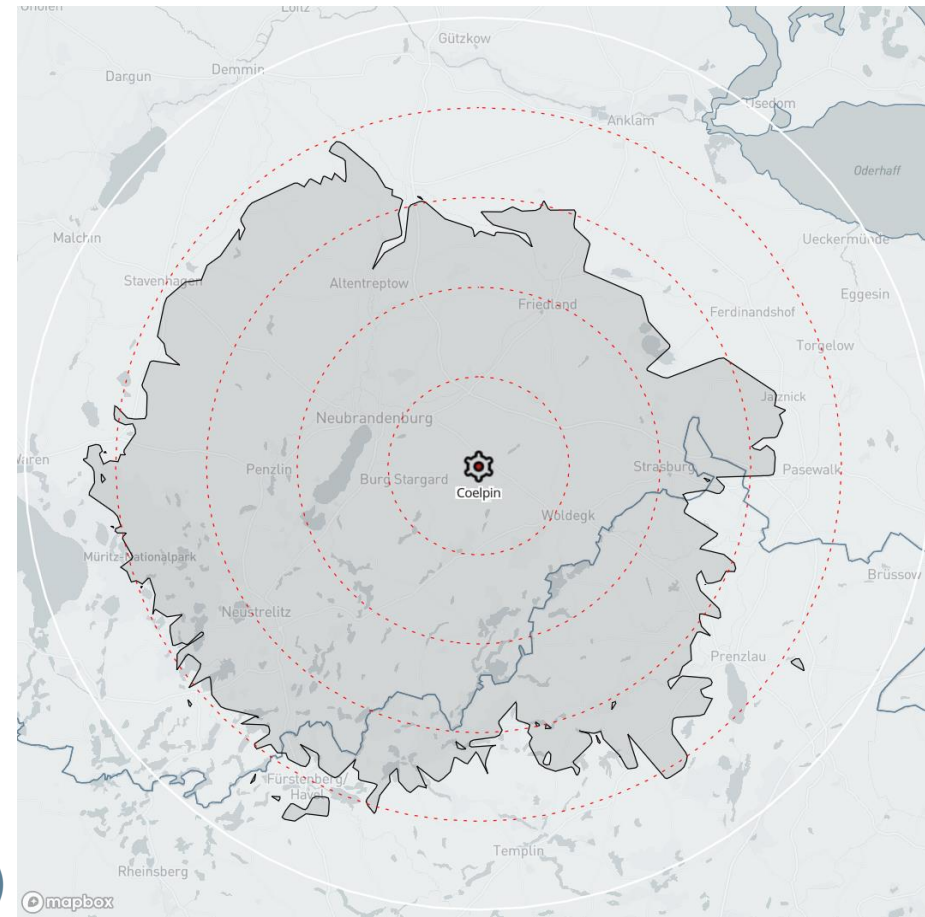




# LVR Schattenzone und Erfassungsbereiches von WEA - Cölpin



a)

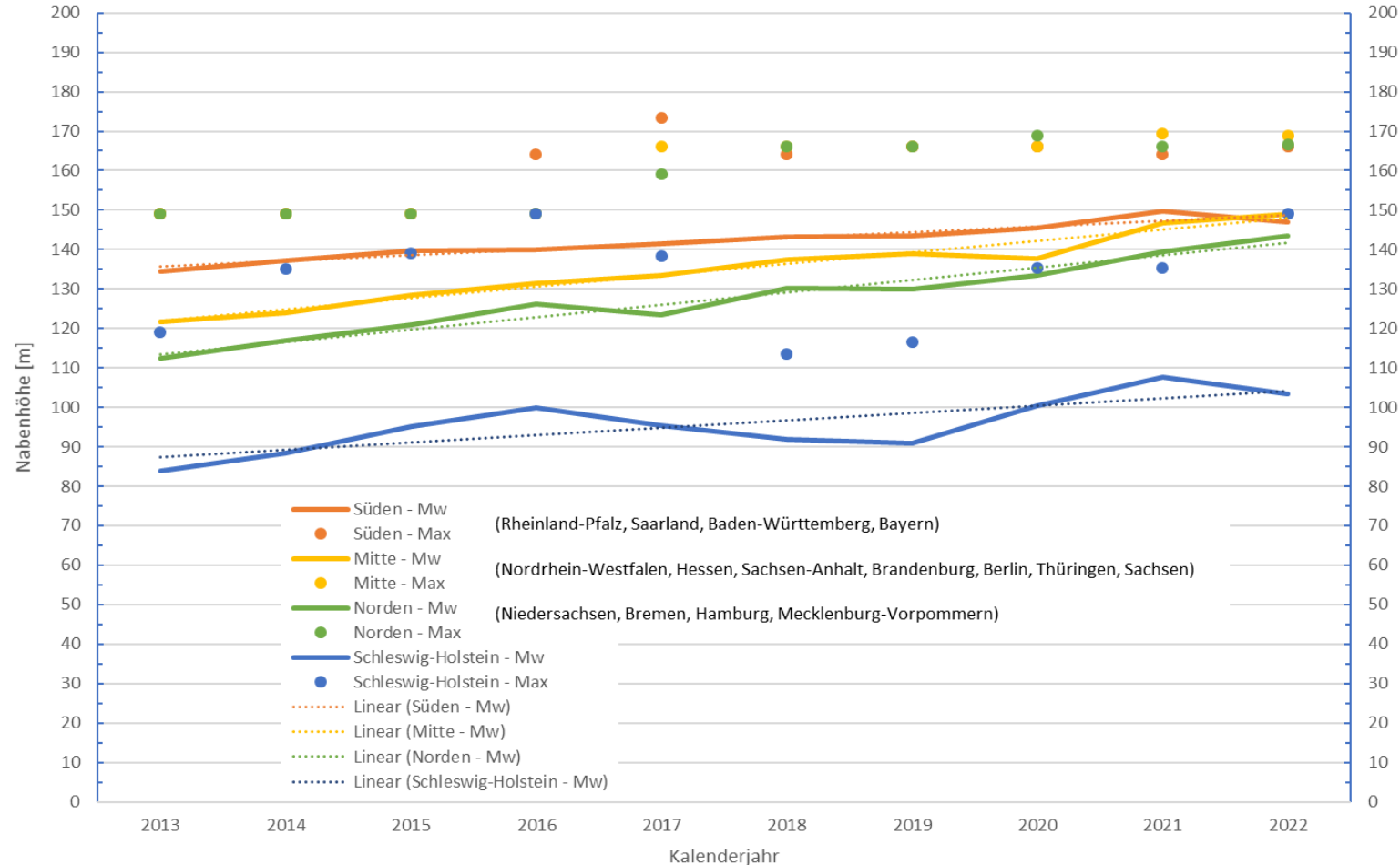


b)

a) Radiohorizont und Schattenzone am LVR Cölpin mit Höhenwinkel astronom. Horizont ( $0^\circ$ ) sowie b) der resultierende LVR Erfassungsbereich für WEA mit Nabhöhe 150 m



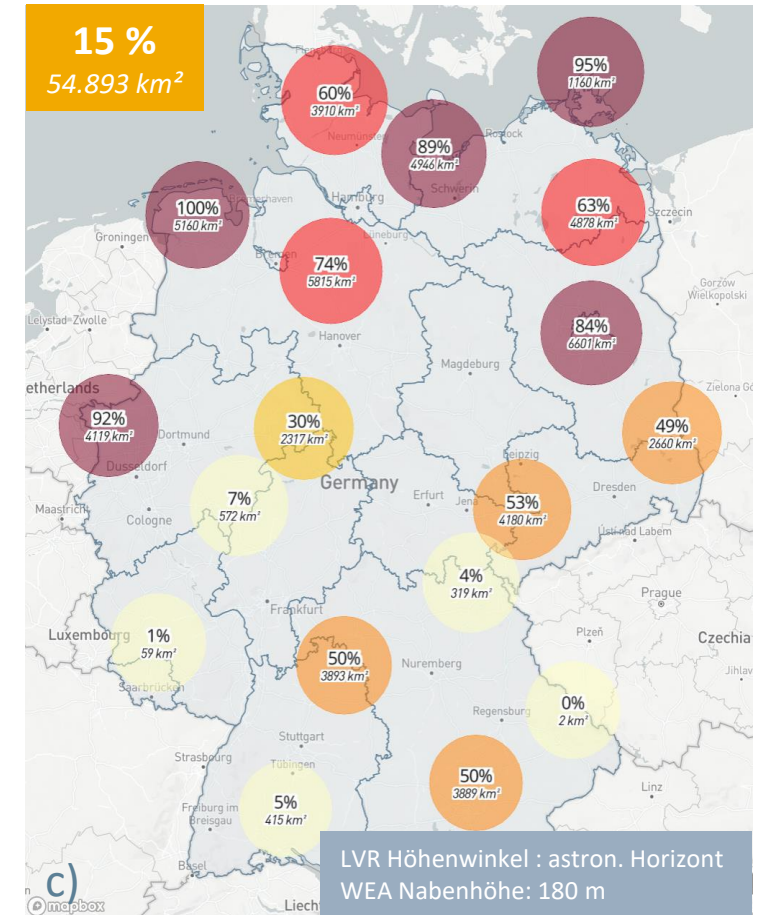
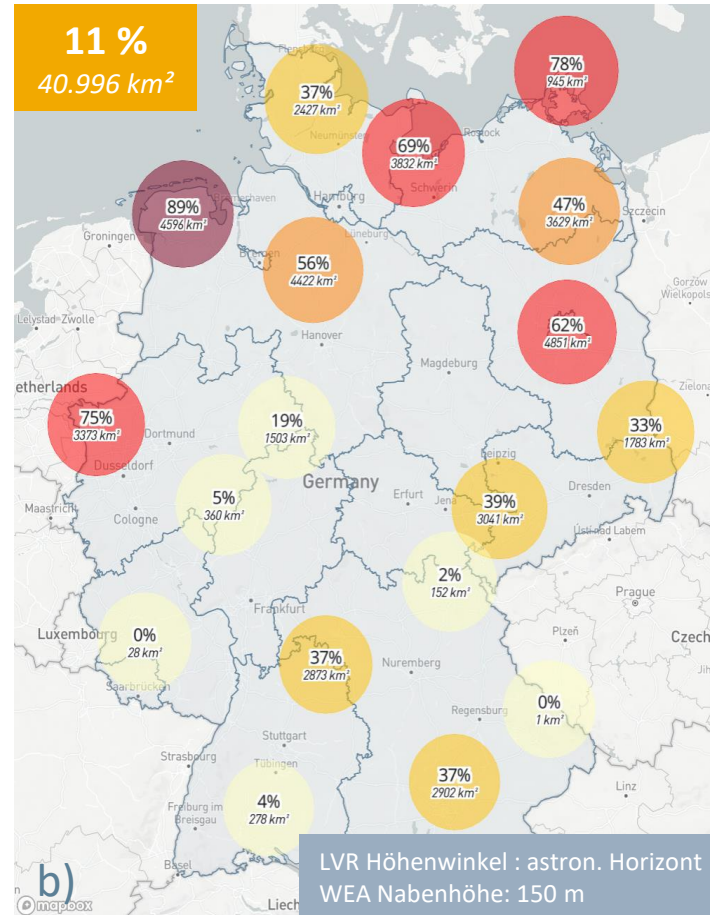
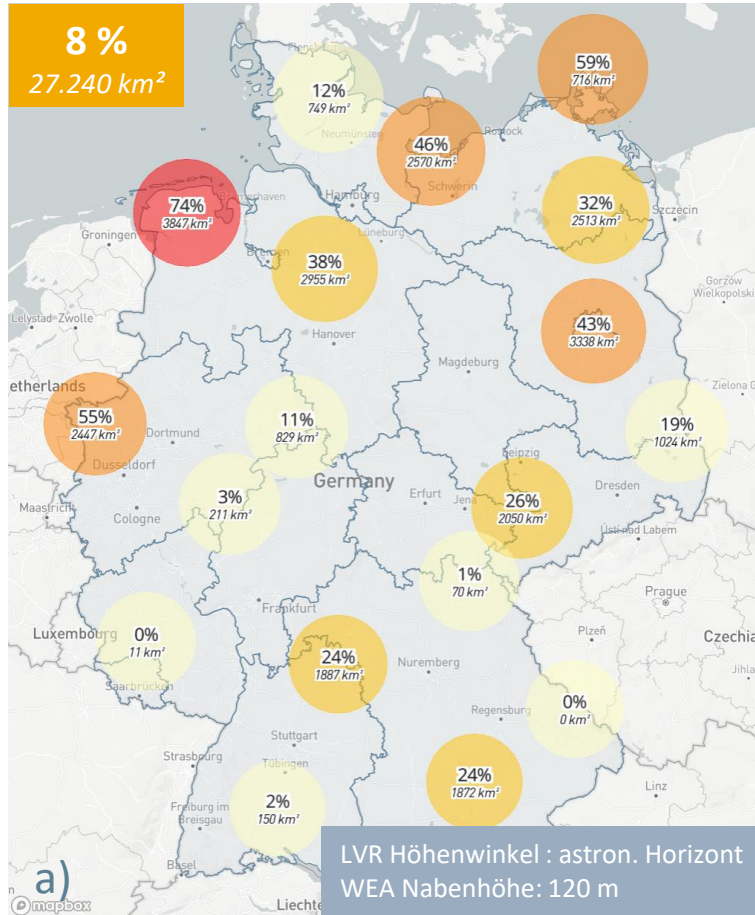
# Mittlere Nabelhöhen in Betrieb genommener WEA in Deutschland



Mittlere jährliche Nabelhöhen WEA-Inbetriebnahmen von 2013 bis Mitte 2022 für vier Regionen in Deutschland nach WindGuard (2020); Daten: FA Wind basierend auf MaStR



# Nabenhöhenabhängiger Erfassungsbereich - Astronomischer Horizont

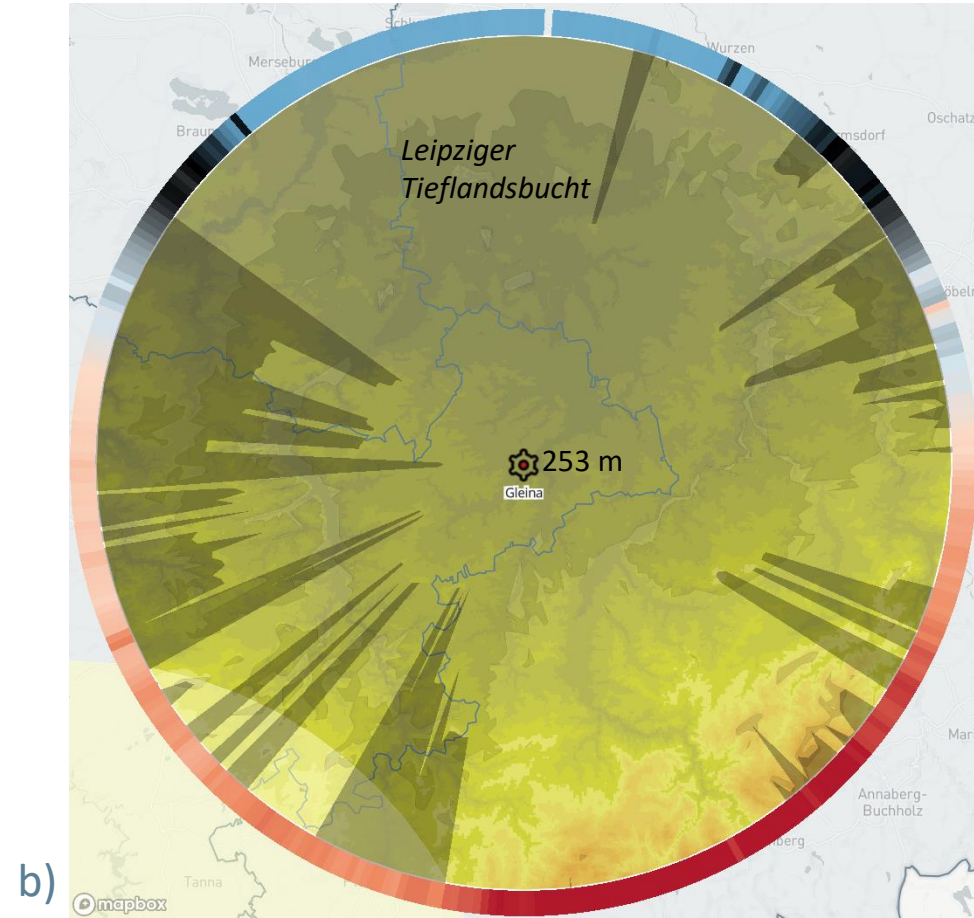
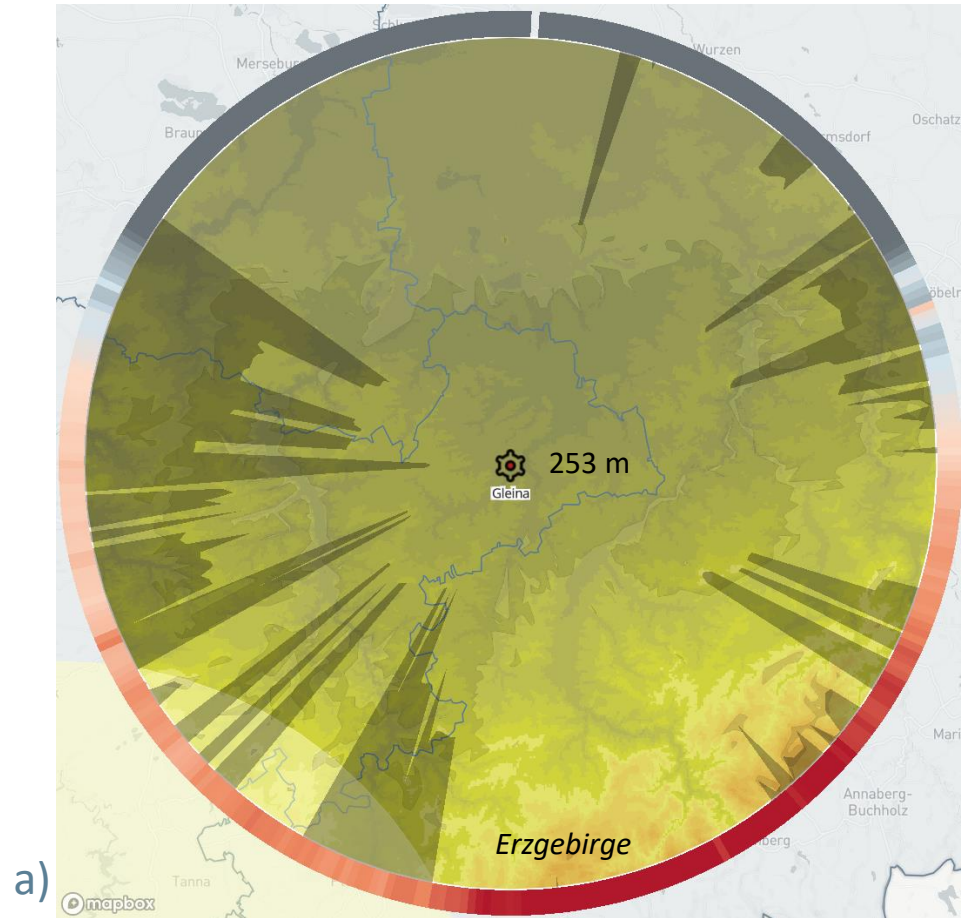


Prozentualer Anteil des Erfassungsbereiches am AOI für WEA mit Nabenhöhen von a) 120 m, b) 150 m und c) 180 m um LVR mit Höhenwinkeln entlang des astronom. Horizontes (0°)





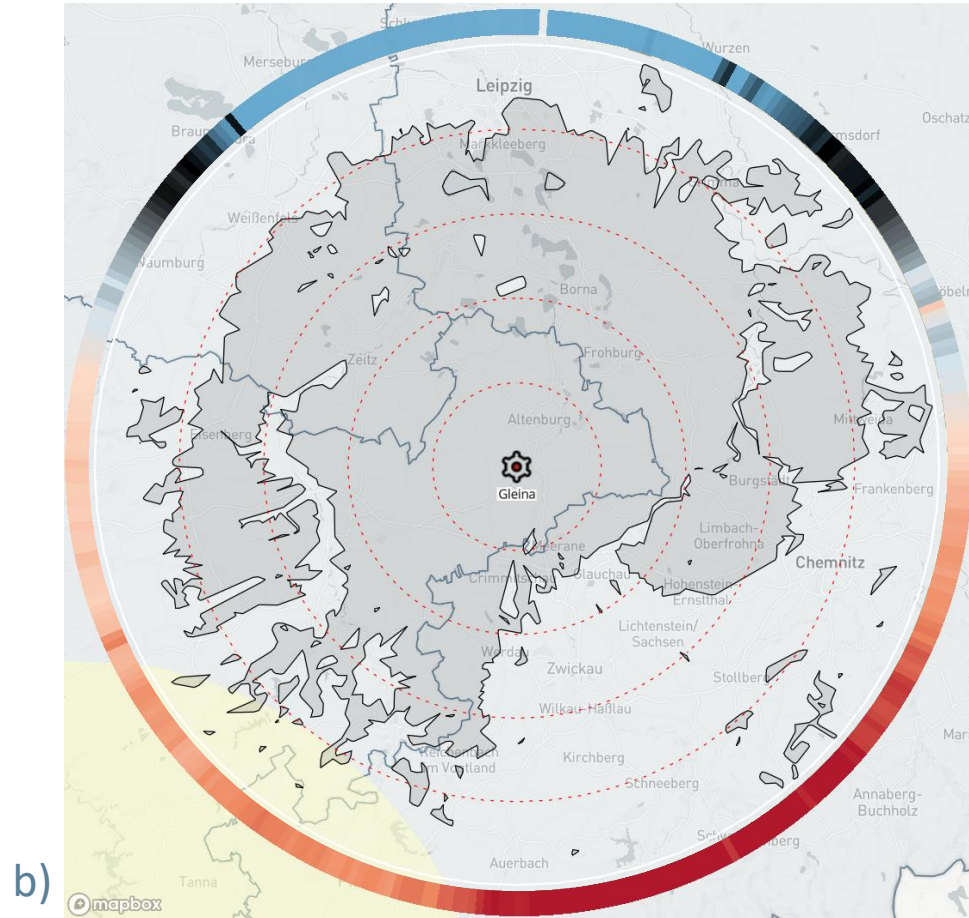
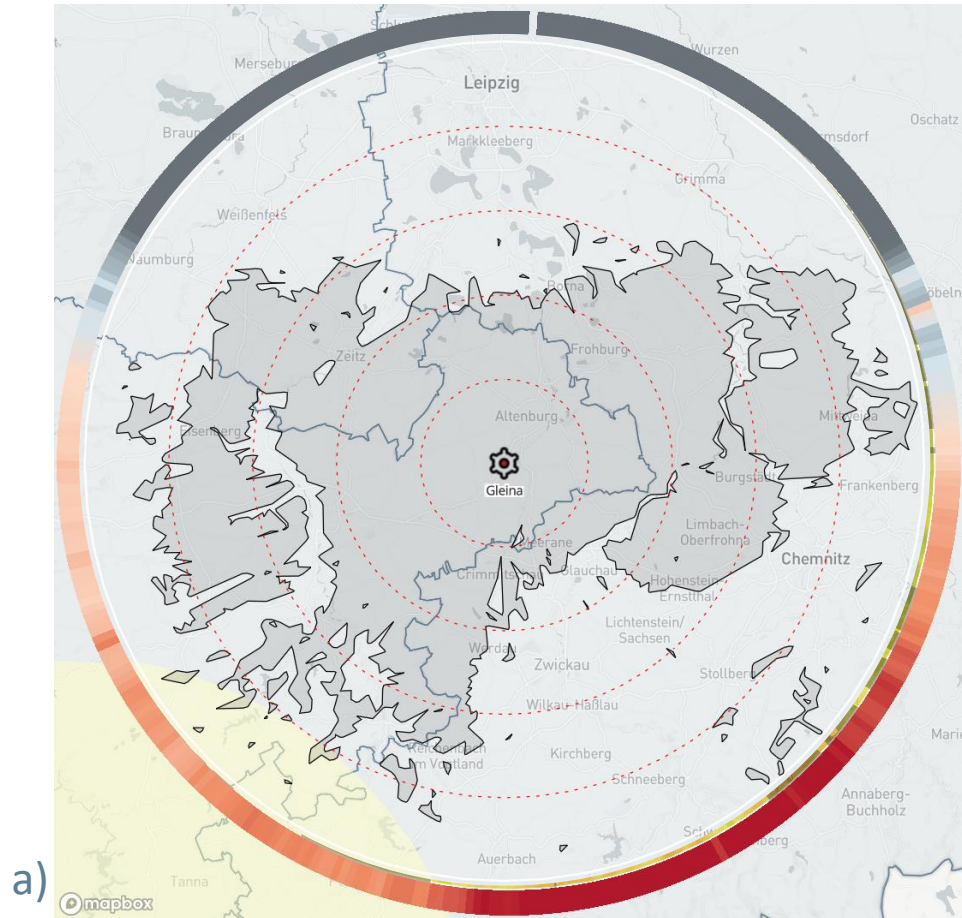
## Vergleich des astronom. und Geländehorizont - Gleina



Schattenzone für WEA Nabenhöhe 150 m am Standort Gleina mit Höhenwinkeln a) astronomischer Horizont und b) Geländehorizont



# Vergleich des astronom. und Geländehorizont - Gleina

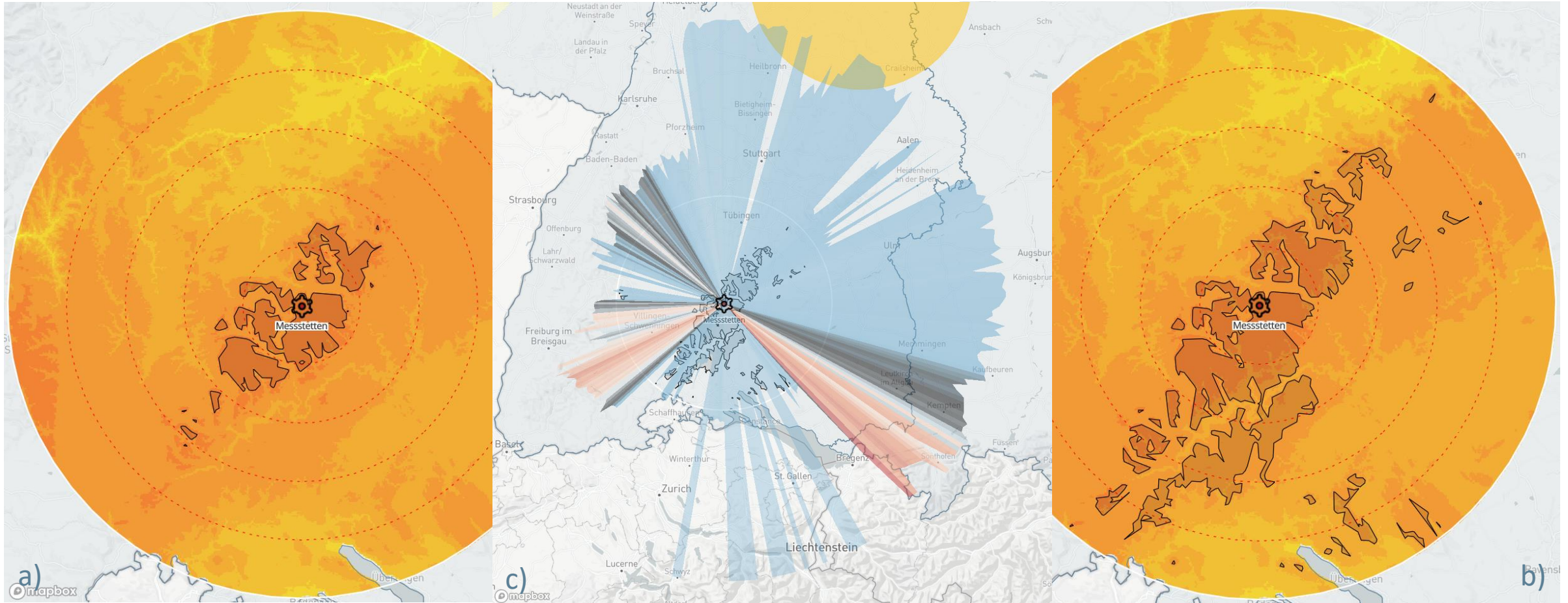


LVR Erfassungsbereich für WEA Nabenhöhe 150 m am Standort Gleina mit Höhenwinkeln a) astronomischer Horizont und b) Geländehorizont





# Vergleich des astronom. und Geländehorizont - Meßstetten

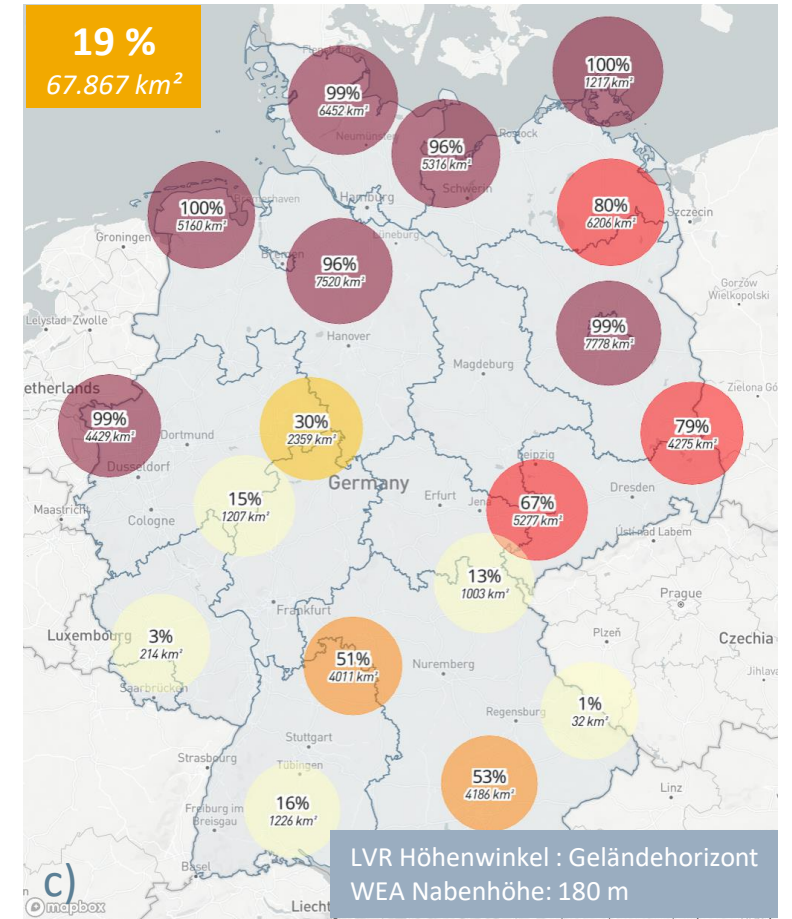
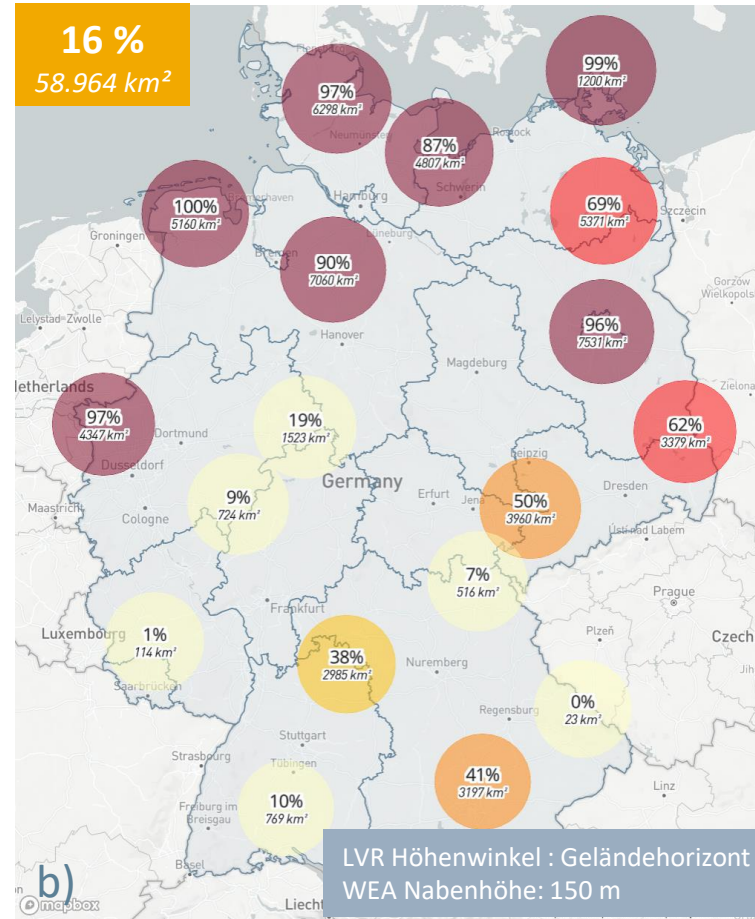
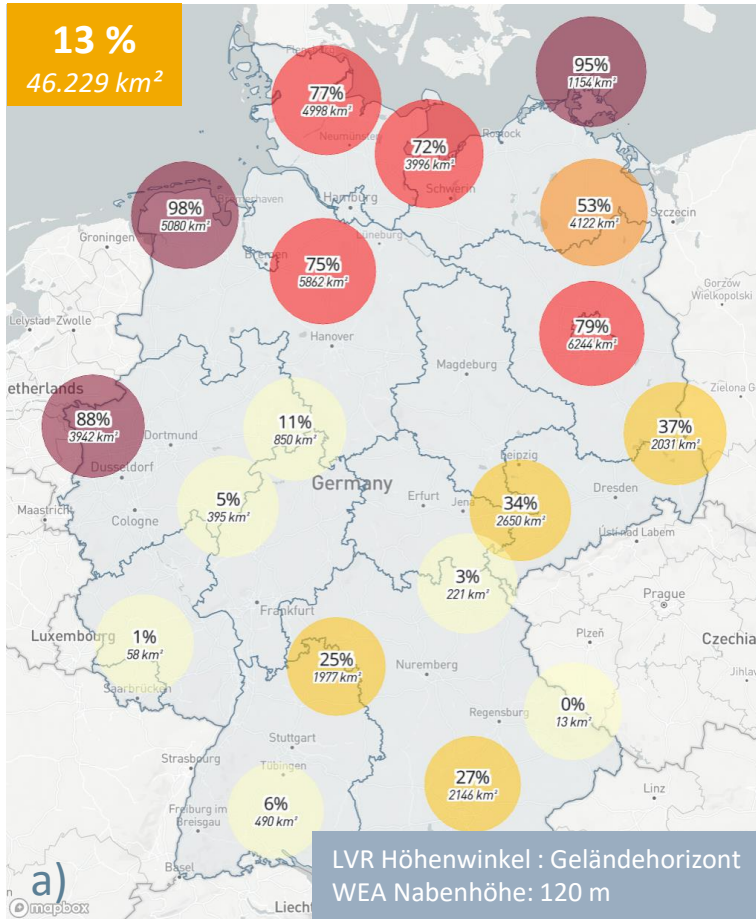


LVR Erfassungsbereich für WEA Nabenhöhe 150 m am Standort Meßstetten mit Höhenwinkeln a) astronomischer Horizont (0°) und b) Geländehorizont, c) Sichtlinien mit Höhenwinkeln





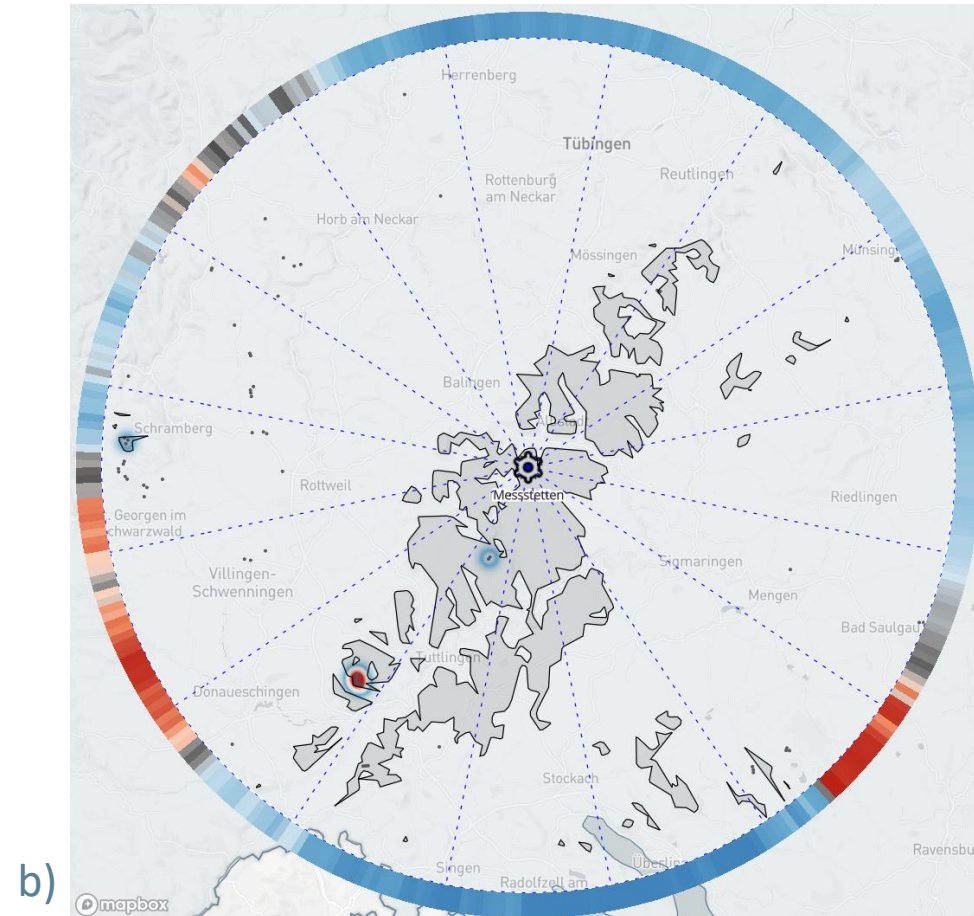
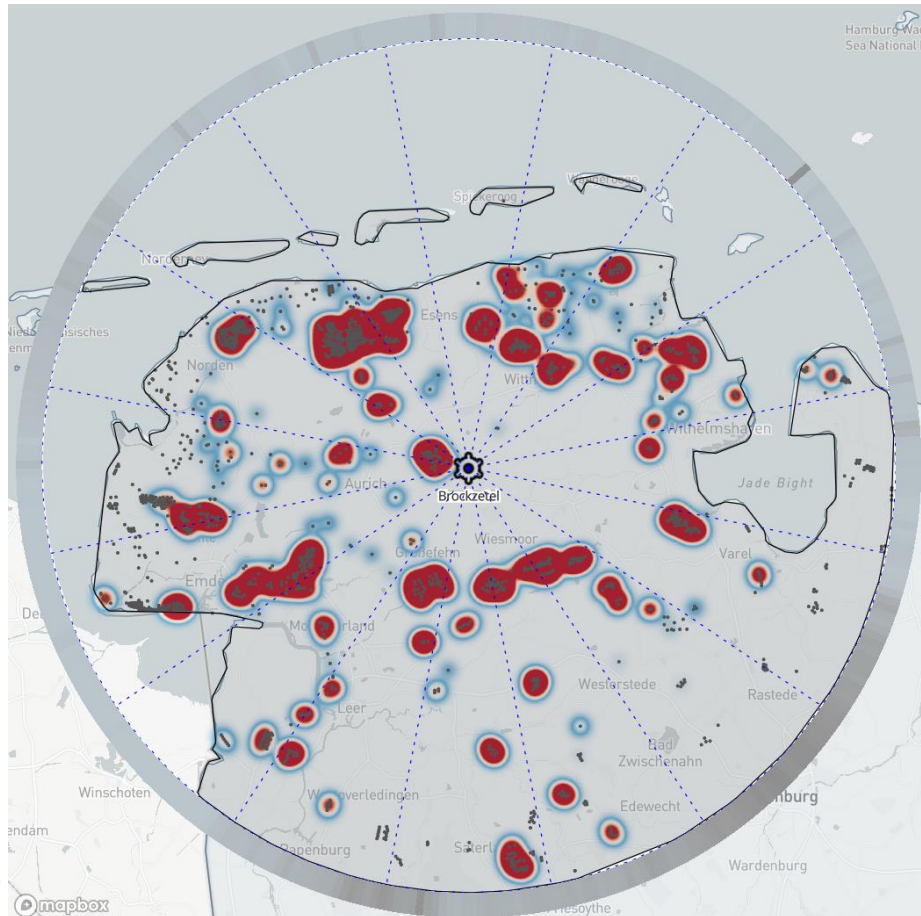
# Nabenhöhenabhängiger Erfassungsbereich - Geländehorizont



Prozentualer Anteil des Erfassungsbereiches am AOI für WEA mit Nabenhöhen von a) 120 m, b) 150 m und c) 180 m um LVR mit Höhenwinkeln entlang des Geländehorizontes



# Heatmap der Vorbelastung durch Bestandswindenergieanlagen



Vorbelastung durch Bestands-WEA am Standort a) Brockzetel und b) Meßstetten bei LVR Höhenwinkeln entlang des Geländehorizonts und WEA Nabenhöhe 150 m



# Zusammenfassung

Die Ausdehnung der LVR-Erfassungsbereich für WEA ist abhängig von:

1. Orographie
2. Standort des LV Radar
3. berücksichtigtem Höhenwinkel
4. Nabenhöhe der WEA

- I. In Norddeutschland überlappen sich LV Radar Erfassungsbereiche und Interessensgebiete zu großen Teilen und die Vorbelastung durch den WEA-Bestand ist hoch.
- II. In Süddeutschland, im Mittelgebirgsraum insbesondere auf Gipfelstandorten, ist das Hemmnispotenzial deutlich geringer.
- III. Für WEA mit einer Nabenhöhe bis 150 m und einem LVR Höhenwinkel von mind.  $0^\circ$  entspricht die Summe der LVR Erfassungsbereiche ca. 11% der bundesdeutschen Landesfläche.



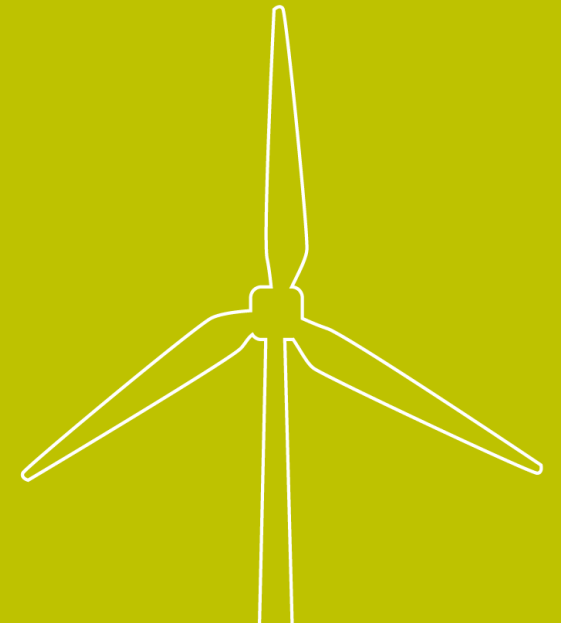


FACHAGENTUR  
WINDENERGIE AN LAND

**Dr. Anja Pagenkopf**

Referentin GIS

T +49 30 64 494 60-72  
pagenkopf@fa-wind.de



**PTJ**  
Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages