

3. WORKSHOP

PROJEKTENDPRÄSENTATION



ALTERNATIVE PHOTOVOLTAIK -POTENZIALE

27. NOVEMBER 2023
14:15 – 16:15 UHR
HOTEL WIESLER / ONLINE STREAM

FH | JOANNEUM
University of Applied Sciences



CAMPUS 02
GRAZ
FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT



dwh
technical solutions
simulation services



FFG
Forschung wirkt.

3. WORKSHOP

PROJEKTENDPRÄSENTATION



ALTERNATIVE PHOTOVOLTAIK -POTENZIALE

HERZLICH WILLKOMMEN

FH | JOANNEUM
University of Applied Sciences



FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT



dwh
technical solutions
simulation services



FFG
Forschung wirkt.

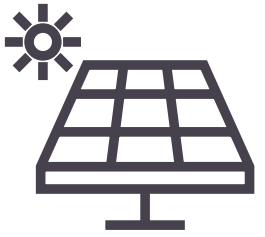


Programm

- | | |
|-----------|---|
| 14:30 Uhr | Einleitung und Begrüßung |
| 14:45 Uhr | Projekt „Wrap-Up“ Vorstellung Projektergebnisse Ausblick und nächste Schritte |
| 15:45 Uhr | Fragen und Diskussion |
| 16:15 Uhr | Ende / Vernetzungstreffen (optional) |

Wichtig:

- Es erfolgt **keine Aufzeichnung**; keine direkte Veröffentlichung der Diskussionsergebnisse und Statements einzelner Teilnehmer:innen
- Fotos werden im Rahmen der Projektdissemination verwertet



PV4EAG - Steckbrief

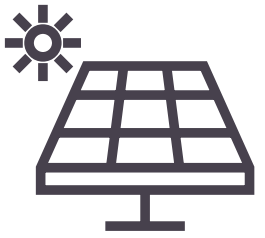
- **Energieforschung - 7. Ausschreibung**
- **Laufzeit: 01.2022 – 12.2023**
- **Projektleitung: FH JOANNEUM Gesellschaft mbH**
- **Projektpartner:**



dwh
technical solutions
simulation services



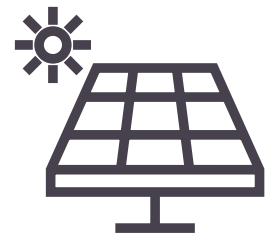
ENERGIE AGENTUR
Steiermark



PV4EAG - Projektvorstellung

- Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz: Ausbau der Photovoltaik-Kapazitäten auf 11 TWh bis 2030
- Projektziel: **Identifikation & Darstellung alternativer PV-Flächenpotenziale in ausgewählten Testgebieten**
 - PV auf Verkehrsflächen & Lärmschutzwänden
 - Gebäudeintegrierte PV (Fassadenanlagen)
 - Floating PV
 - Agri PV (horizontale Anlagen auf Weingärten)
- Ergebnisse sollen **Entscheidungshilfe für mögliche Projektentwicklung** darstellen und als **Basis für konkrete Umsetzungsplanung** dienen





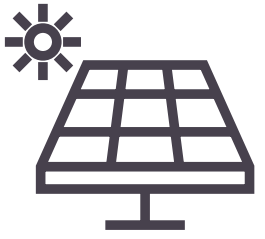
Einleitung

DI Gertrud AICHBERGER

Programm-Managerin

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

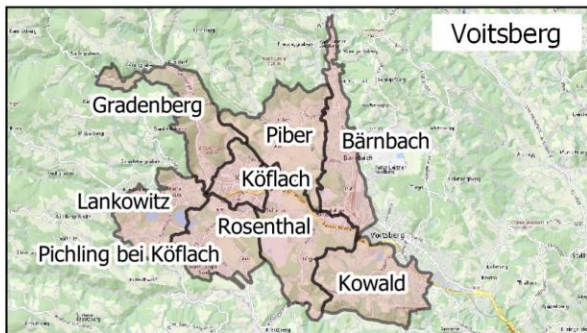
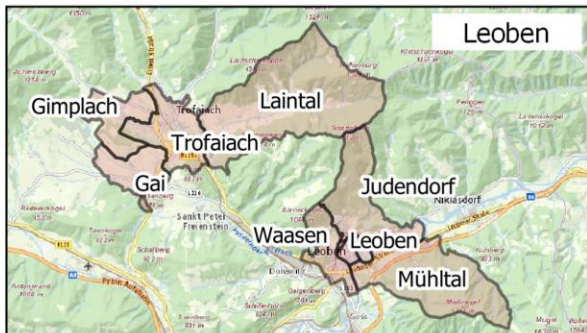
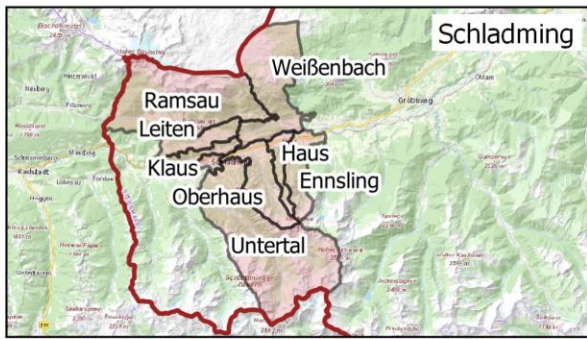




Flächenpotenzialanalyse

Auswahl der Testgebiete

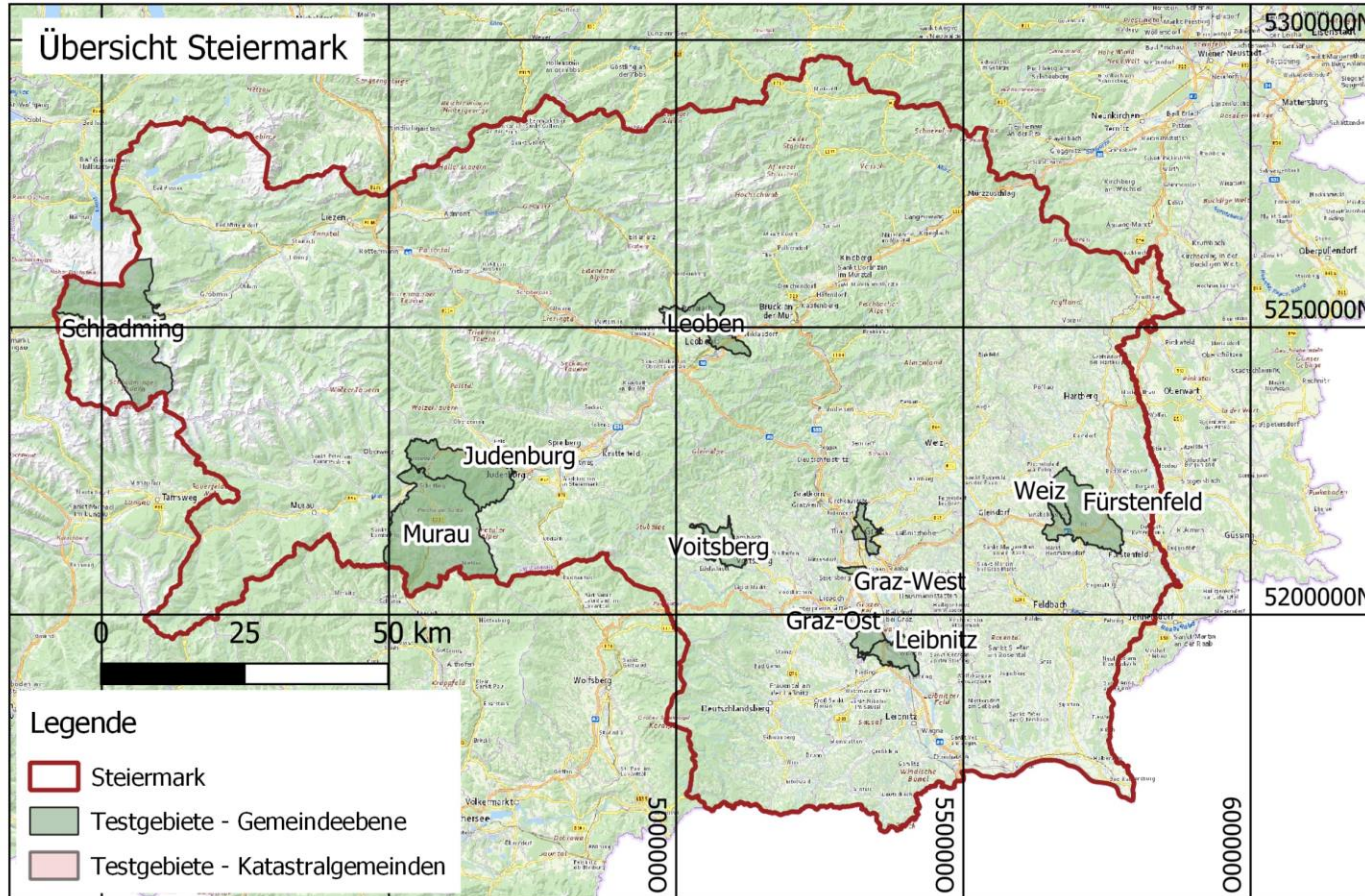
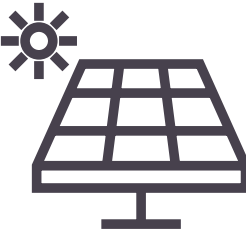
- Auswahl von **7 Testregionen in der Steiermark**
- **Aussagekraft und Repräsentanz** gewährleistet durch:
 - Flächenabdeckung der Testgebiete von **min. 5% der Steiermark**
 - ca. 820 km²
- Flächenauswahl auf Katastralgemeindeebene **proportional zur Urban-Rural-Typologie** der Steiermark

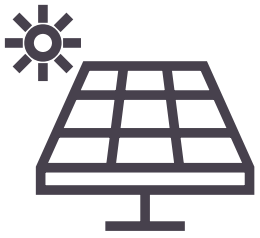


Datenquellen: GIS Steiermark, Geoland
EPSG: 32633

pv4eag - Testgebiete

Kartenautor: F. Hübl TUG
Datum: 09.09.2022





Flächenpotenzialanalyse

Methodik

GEODATEN der Steiermark

- Frei verfügbar:
 - Gebäude (ALS Gebäudemasken)
 - Landnutzung (OpenStreetMap, Digitales Kataster Modell, INVEKOS)
 - Geschützte Gebiete (Ramsar, EU, Naturschutzgebiete etc.)
 - Geländemodelle (DTM and DSM)
 - Solarstrahlungsdaten
 - ...
- Beschränkter Zugang oder kostenpflichtig:
 - 3D Gebäude der Stadt Graz
 - Bodenschätzungsdaten
 - Lärmschutzwände

Analyse der PV-Kriterien

Literatur
Durchsicht

&

Expertenwissen
(Interviews und
Workshop)

**Spezifikation von
Kriterien (pro PV-Typ)
und ML-Features**

aus der Literatur und
vorläufigen
wissenschaftlichen
Erkenntnissen,
Experteninterviews
und Workshop-
ergebnissen

**Filtern ungeeigneter
Flächen**

mittels binärer Maske
bestehend aus
Flächen wie z.B.
geschützten
Landschaftsteilen und
ungeeigneten
Landnutzungsklassen

Analyse der Testgebiete

Multi-Kriterien Analyse

HORIZONTALE PV-Typen:

- Parkplatz
Überdachungen
- Floating PV
- Agrar-Doppelnutzung
(Agri-PV)

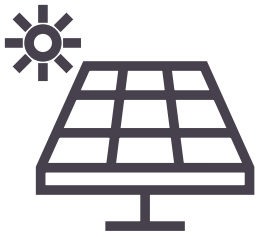
VERTIKALE PV-Typen:

- Gebäudeintegriert
(GIPV)
- auf Lärmschutzwänden

Machine Learning Ansatz
zur Bestimmung von
Schattenflächen und -tiefe

GEODATENBANK

Frei verfügbare
Ergebnislayer der
Testgebiete mit
Flächeneignungsklassen



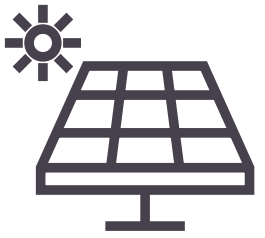
Flächenpotenzialanalyse

Daten und Kriterien

Allgemein:

- **Digitale Höheninformation** als 1x1m² Raster
 - Oberflächenmodell, Geländemodell, Ausrichtung & Steigung des Geländes
- **Solarstrahlung**
 - Langzeitmesswerte der Globalstrahlung (SOLARGIS: 250x250m² Raster)
 - Generiertes Solarpotenzial unter Berücksichtigung des Geländes (1x1m² Raster)
- **Verschattung**
- **Schutzzonen und –gebiete**
 - Wildbach- und Lawinenschutzzonen; Schon- und Schutzgebiete...
- **Abstand zu besiedeltem Gebiet ca. 500m**





Flächenpotenzialanalyse

Daten und Kriterien

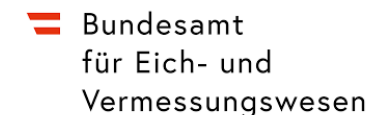
Spezifische Kriterien je PV Typ:

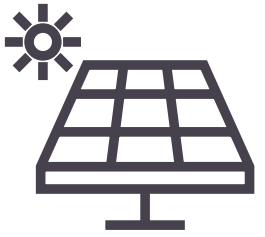
• Definition der Basisflächen

- Parkplätze: Flächennutzung des Digitalen Kataster Modells, OpenStreetMap
- GIPV: ALS Gebäudemasker, Gebäude der Stadt Graz
- Lärmschutzwände: Daten des Landes Steiermark, ASFINAG und ÖBB
- Floating PV: Seen und Teiche
- Agri PV: INVEKOS Feldstücke

• Bewertung der Flächen

- Ausrichtung
- Mindestflächen, -längen, -höhen und -Abstände
- Attributwerte der Datensätze z.B. Typ, Zweck, Bebauungsart, Bodenqualität



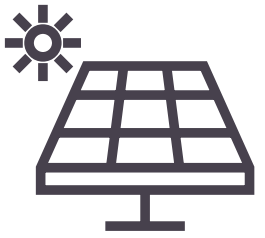


Flächenpotenzialanalyse

Daten und Kriterien

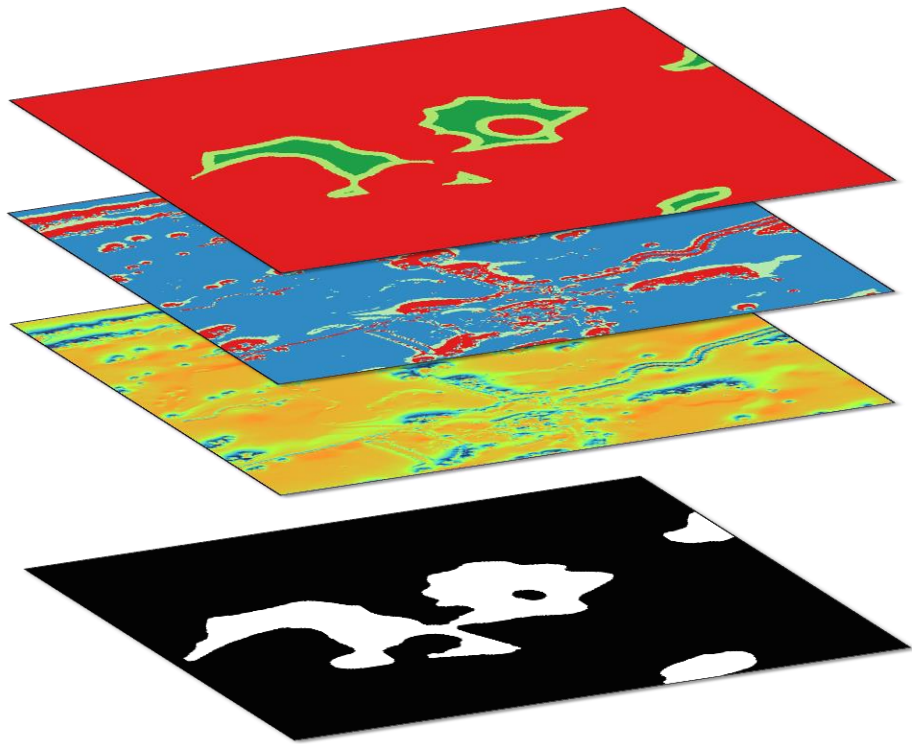
Weitere relevante Kriterien, allerdings **durch Daten NICHT** abgebildet:

- **Nutzungsart** der Parkplätze
- **Eigentumsverhältnisse**
- **Alter** der Gebäude und Lärmschutzwände (Sanierungsbedürftigkeit)
- **Denkmal- und Ortsbildschutz** (bewusst ausgeschlossen, da potenzial dennoch strategisch relevant)
- **Material der Lärmschutzwände** und Bewuchs
- Tatsächlicher **Netzanschlusspunkt**



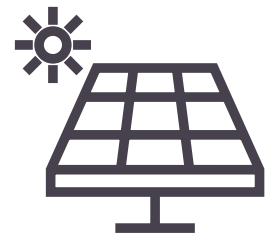
Flächenpotenzialanalyse

Multi-Kriterien-Analyse



- **Gewichtete Kriterien** als Rasterdatensätze
→ Anteilmäßige Gewichtung und Aufsummierung
- **Binärmaske**
→ Multiplikation und Ausschluss gänzlich ungeeigneter Flächen

Flächeneignung als
Score (1-100%)



Flächenpotenzialanalyse

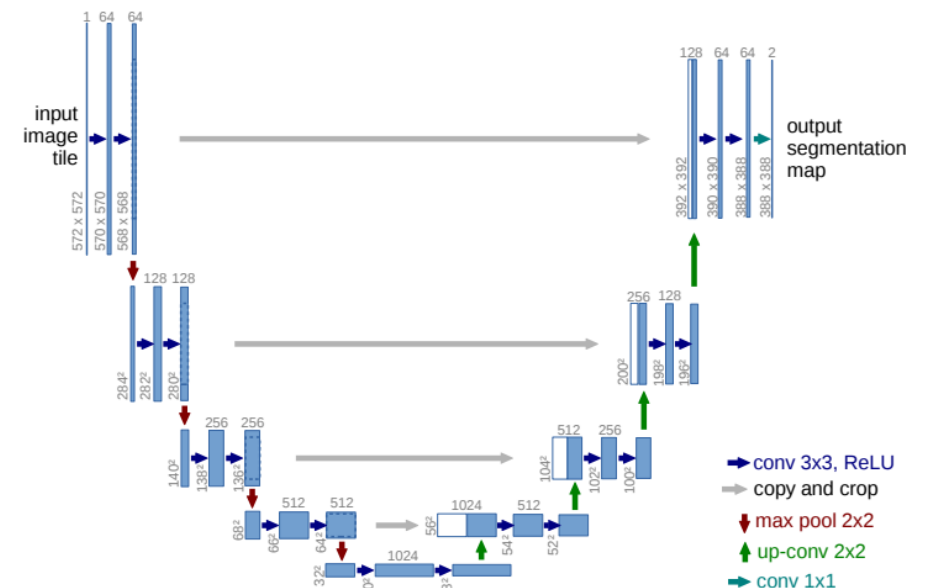
Maschine Learning (ML) Ansatz

- **Berechnung der Beschattung meistens sehr rechenintensiv**

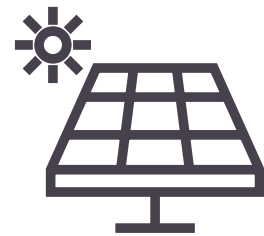
- State-of-the-art: für einen jeden Punkt wird Sichtlinie zur Sonne berechnet und kontrolliert ob ein anderes Objekt sich in dieser befindet

- **Idee: Verwendung von ML-Methoden**

- Kann größere Daten verarbeiten, wenn ein Modell einmal trainiert wurde
- Verwendung eines U-Netzes^[1]



[1] Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, and Thomas Brox.
U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. 2015



Flächenpotenzialanalyse

Maschine Learning (ML) Ansatz

- Aufteilung der Steiermark in 64x64 Tiles, wobei 1 Pixel \triangleq 1m²

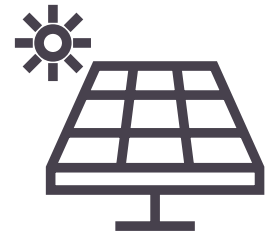


- **64x64 Tiles mit Features**

- Höhe (Oberflächenmodell)
- Durchschnittliche Objekthöhe (absolut)
- Neigung
- Ausrichtung
- Sonnenwinkel (zu einem best. Zeitpunkt)
- Azimut (zu einem best. Zeitpunkt)

- **Beispielwerte**

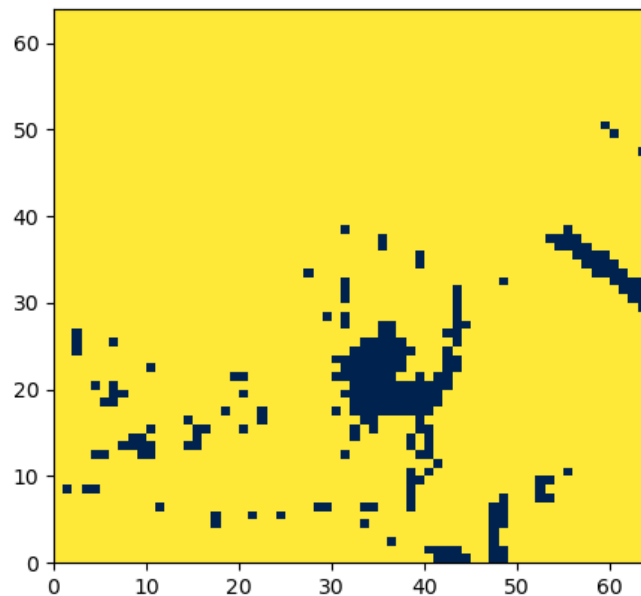
- 352,3 Meter
- 354,59 Meter
- 0,23°
- 15,77°
- 39,17° (19.02.2022 12:00)
- 240,97° (19.02.2022 12:00)



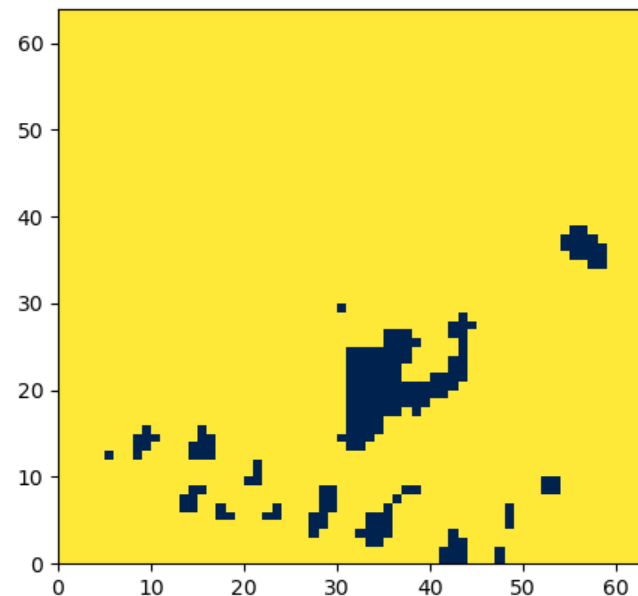
Flächenpotenzialanalyse

Maschine Learning (ML) Ansatz

- Zuerst Berechnung, ob Pixel beschattet ist (Binärer Ansatz)

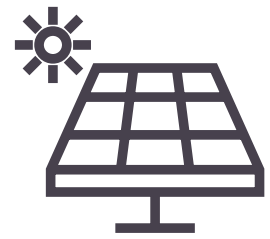


Beschattete Pixel eine Beispielfläche
(QGIS Berechnung)



Ergebnis des ML Ansatzes

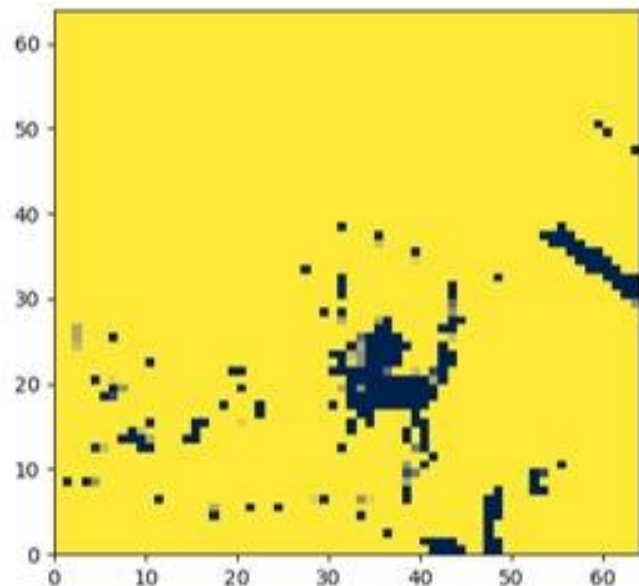
■ 1 = beschattet
■ 0 = nicht beschattet



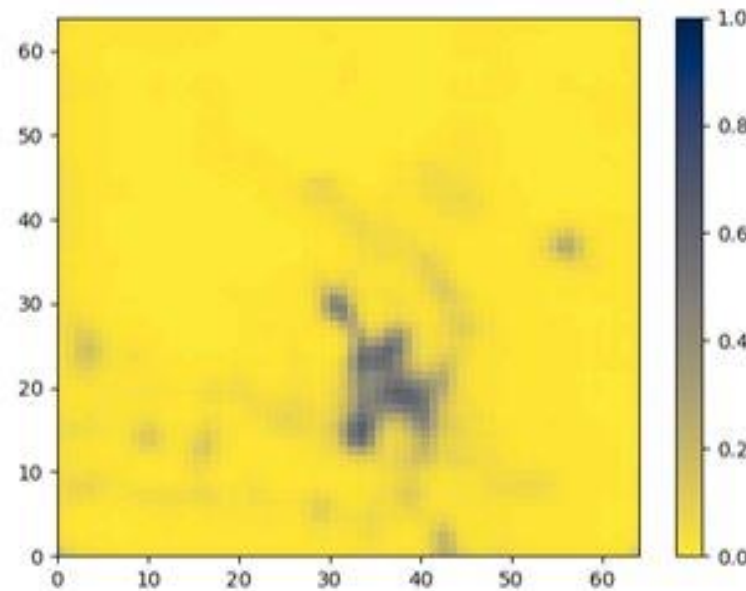
Flächenpotenzialanalyse

Maschine Learning (ML) Ansatz

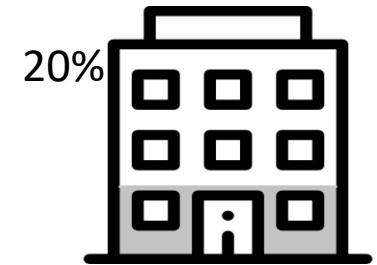
- Für vertikale Flächen: Berechnung der Schattentiefe





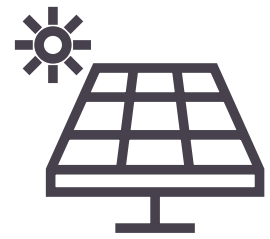
Beschattete Pixel eine Beispielfläche
(QGIS Berechnung)



Ergebnis des ML Ansatzes

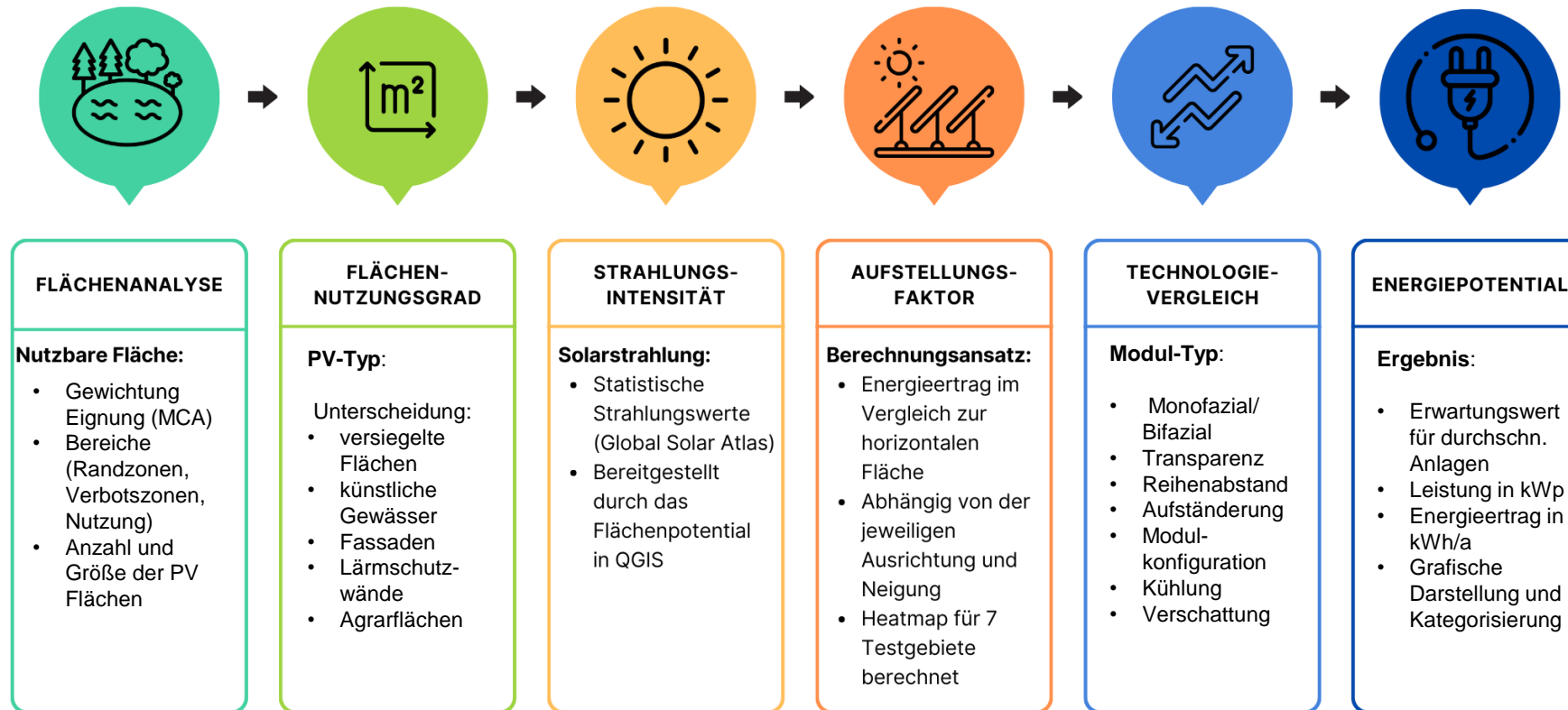


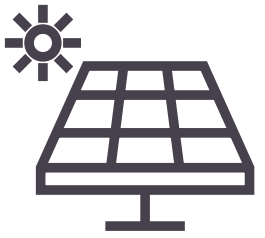
-  1 = beschattet
-  0 = nicht beschattet



Energiepotenzialanalyse

Methodik

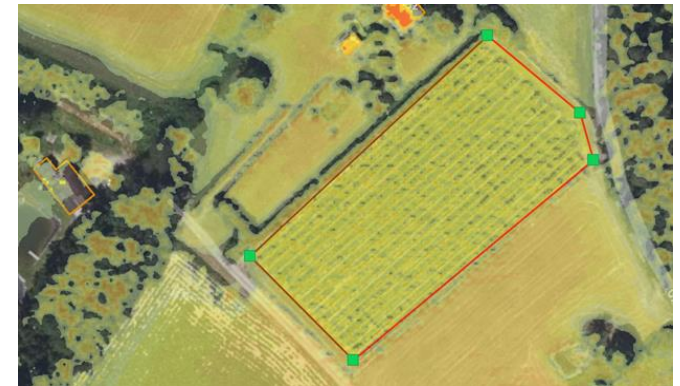


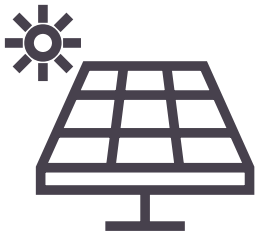


Energiepotenzialanalyse

Komplexität - Beispiel Agrar-PV-Anlage

- **Art der Pflanzen:** erforderlicher Transparenzgrad der Bifazialmodule wegen Lichtdurchlässigkeit
- **Verlauf und Höhe der Pflanzenreihen:** Orientierung der Reihen und mögliche Aufständering
- **Abstand der Pflanzenreihen:** Eignung von Ost/West oder Südanlagen, Neigungswinkel der Module
- Erforderliche Abstände zum Rand (Wenderadius Traktoren)
- Weitere Faktoren wie **erforderliche Bewässerung, Fundierung der Gestelle**
- **Moduldaten (Transparenz)** unbekannt
- Im Projekt wurden **ausschließlich Weingärten** berechnet, da für andere Kategorien uns keine Daten zugänglich waren (Art der Pflanzen, Höhe, reihenverlauf usw.)



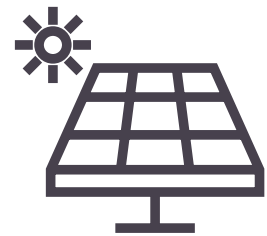


Energiepotenzialanalyse

Szenarien - Beispiel Agrar-PV-Anlage

- **Verwendete Basisdaten**
 - **Flächenneigung, -nutzung und Strahlung**
 - **Aufstellung: Orientierung, Hangneigung, Form des Grundstücks**
- **Szenarien**
 - **Ost-West / Süd: Neigung und Reihenabstand**
 - **Transparenz der Module**
 - **Variation von minimaler Flächengröße (1000m²) und Flächeneignung (75%) aus Multikriterienanalyse (Verschattung, Randabstand udgl)**



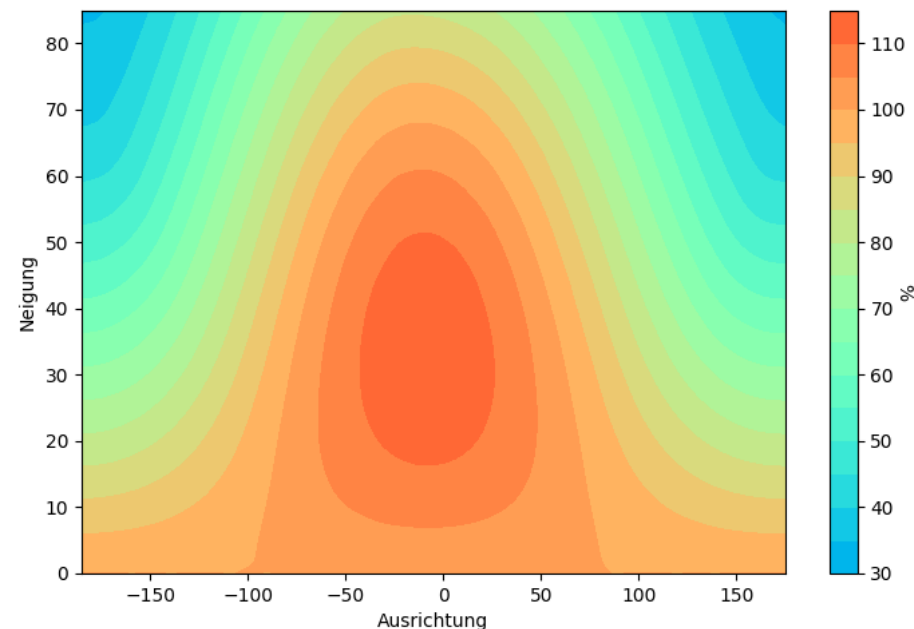


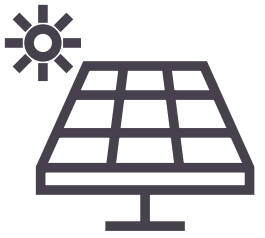
Energiepotenzialanalyse

Simulationsmodell

- **Entwicklung eines Simulationsmodells** zur Berechnung der standortspezifischen Jahreserträge unterschiedlicher Ausrichtungen und Neigungen
- Als Grundlage dienen **statistische Strahlungswerte des jeweiligen Testgebietes** (SARAH Solar Radiation Datenbank)
- Bestimmung des **Faktors zur Adaptierung des horizontalen Strahlungsenergieertrages** ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)
 - Berechnung der Strahlungsenergie am Standort auf einer geeigneten Fläche / Photovoltaik-Anlage
- **Heatmap** wurde für die 7 Testgebiete berechnet und analysiert

Rel. Jahresertrag im Vergleich zur horizontalen PV-Anlage

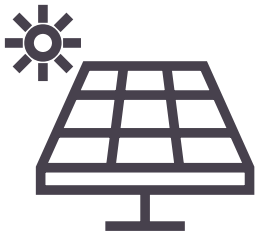




Energiepotenzialanalyse

Berechnungsformel - Weingärten

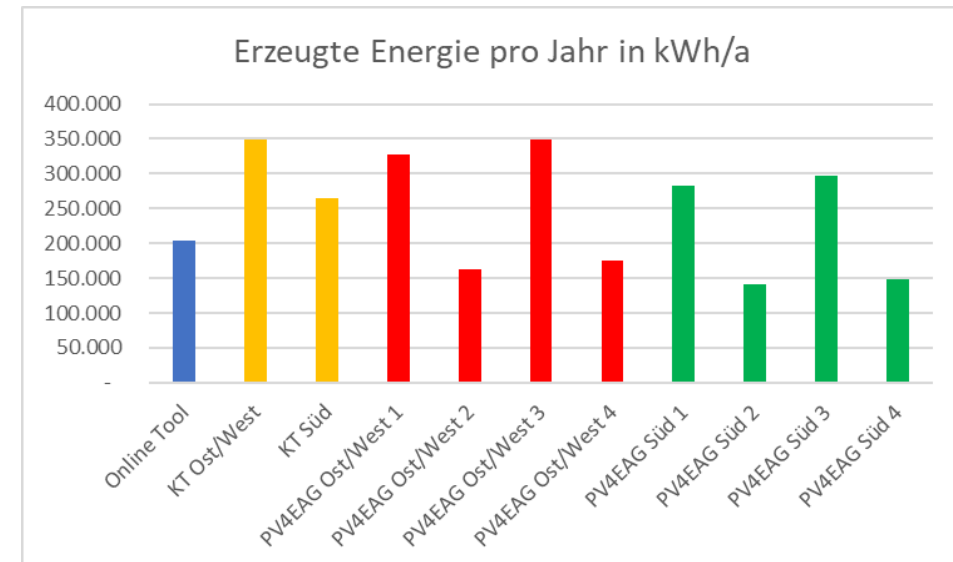
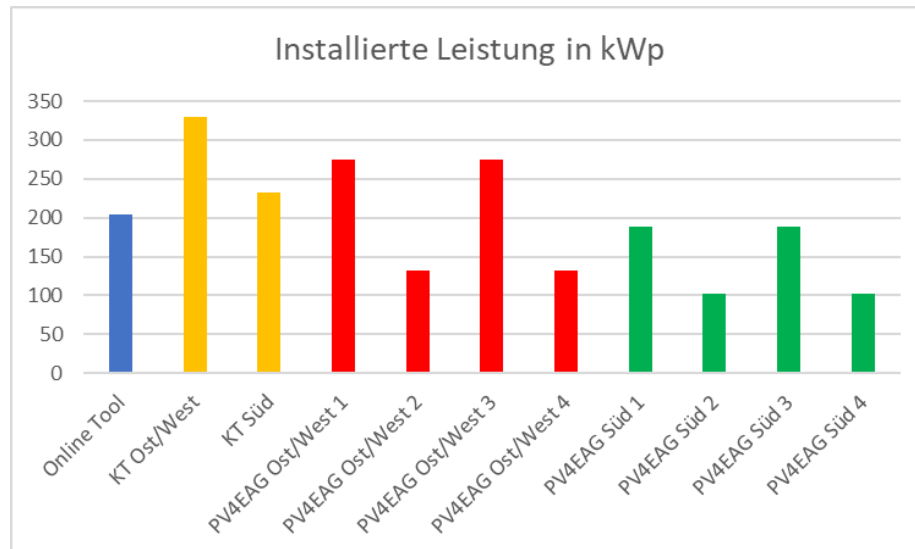
- $P = A_{\text{Polygon}} \times FN \times \eta_{\text{Modul}}$
- $E_{\text{Ost-West}} = GHI \times A_{\text{Polygon}} / 2 \times FN \times \eta_{\text{Anlage}} \times (1 + BF) \times (AF_{\text{O}} + AF_{\text{W}})$
- $E_{\text{Süd}} = GHI \times A_{\text{Polygon}} \times FN \times \eta_{\text{Anlage}} \times (1 + BF) \times (AF_{\text{S}})$
- **Legende:**
 - P... Anlagenleistung [kWp]
 - E... Energiepotenzial [kWh/a]
 - GHI... Globalstrahlungsenergie [kWh/m²/Tag]
 - A_{Polygon}... Polygonfläche [m²]
 - FN... Flächennutzungsgrad [%]
 - η_{Modul}... Spez. Leistung der Module [kWp/m²]
 - AF... Aufstellungsfaktor Ost/West bzw. Süd (Ausrichtung, Neigung, Reihenabstand)
 - BF ... Bifazialitätsfaktor (Lichtdurchlässigkeit, Modultyp)
 - η_{Anlage}... Anlagenwirkungsgrad [%]

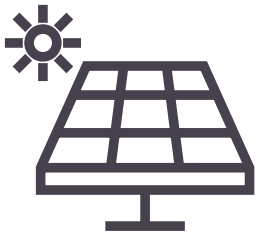


Energiepotenzialanalyse

Mittlerer Energieertrag - Vergleich

- Online Planungstool: Fläche/Dach
- Kommerzielle PV-Software: Ost-West und Süd
- PV4EAG: je 4 Szenarien Ost-West und Süd



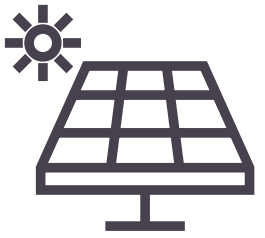


Energiepotenzialanalyse

Vergleich Simulation / Berechnung und Messung

- PV-Carport an der FH Joanneum in Kapfenberg
 - 18 bifaziale 300W Module (5,4kWp)
- **Online Planungstool:** 5.415kWh/a, 985kWh/kWp
- **Kommerzielle PV-Software:** 5.699kWh/a, 1.056 kWh/kWp
- **PV4EAG Parkplatz:** 5.712kWh/a, 1.058kWh/kWp
- **Messung 2021:** 5.370kWh/a, 994kWh/kWp
- **Messung 2022:** 5.180kWh/a, 958kWh/kWp

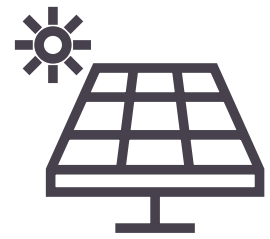




Energiepotenzialanalyse

Berechnungsformel - Fassadenanlagen

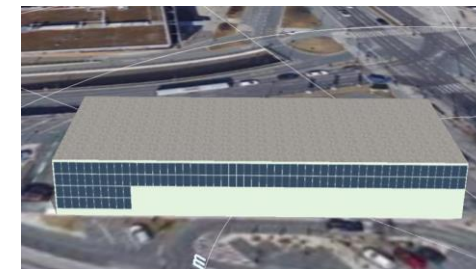
- $P = A_{\text{Polygon}} \times FN \times \eta_{\text{Modul}}$
- $E = A_{\text{Polygon}} \times FN \times \eta_{\text{Modul}} \times GHI \times 365 \times AF \times \eta_{\text{Anlage}}$
- Legende:
 - P... Anlagenleistung [kWp]
 - E... Energiepotenzial [kWh/a]
 - GHI... Globalstrahlungsenergie [kWh/m²/Tag]
 - A_{Polygon}... Polygonfläche/Sunarea/von der Sonne beschienene Fassadenfläche [m²]
 - FN... Flächennutzungsgrad [%]
 - η_{Modul} ... Spez. Leistung der Module [kWp/m²]
 - AF... Aufstellungsfaktor []
 - η_{Anlage} ... Anlagenwirkungsgrad [%]



Energiepotenzialanalyse

Flächenauslastung bei Fassadenanlagen/GIPV

Flächenauslastung



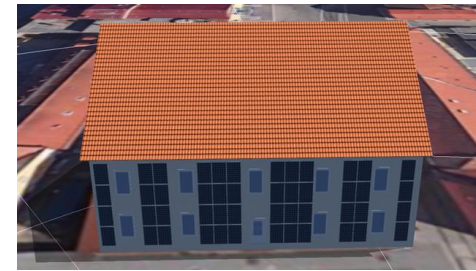
55 %



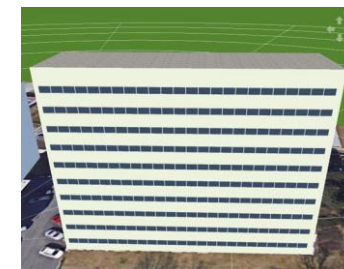
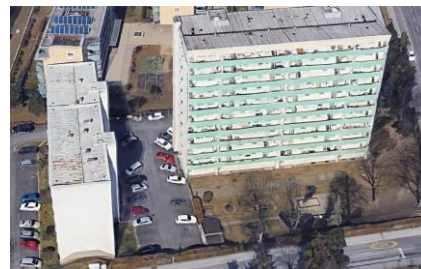
Fassadenanalyse



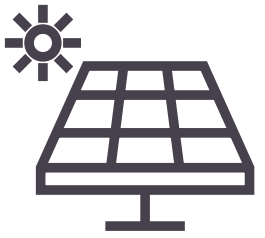
Bestimmung der
Flächenauslastung
& Ertragssimulation



45 %



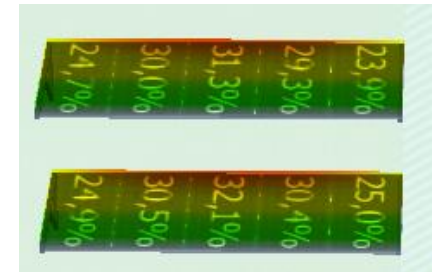
30 bzw. 83 %



Energiepotenzialanalyse

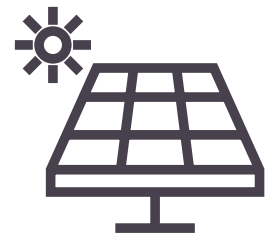
Aufstellungswinkel bei Fassadenanlagen/GIPV

| Aufstellungswinkel | 90° | 60° | 60° | 60° | 75° | 75° |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Reihenabstand | 0 m | 0,5 m | 1 m | 1,5 m | 0,5 m | 1,0 m |
| Anlagenleistung [kWp] | 48,80 | 42,70 | 33,55 | 27,45 | 36,60 | 30,50 |
| Spez. Ertrag [kWh/kWp] | 820 | 554 | 743 | 844 | 676 | 874 |
| Jahresertrag [kWh/a] | 40.017 | 23.839 | 25.061 | 23.321 | 24.988 | 26.817 |



Fazit:

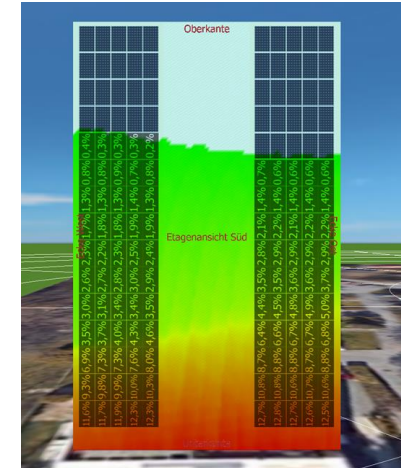
- Neigung häufig kontraproduktiv
- Hohe Schattenverluste im Sommer
- Erhöhter Reihenabstand notwendig



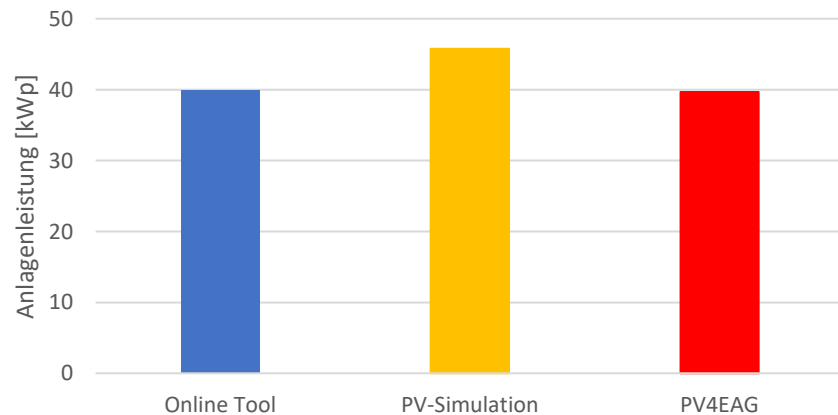
Energiepotenzialanalyse

Mittlerer Energieertrag - Vergleich

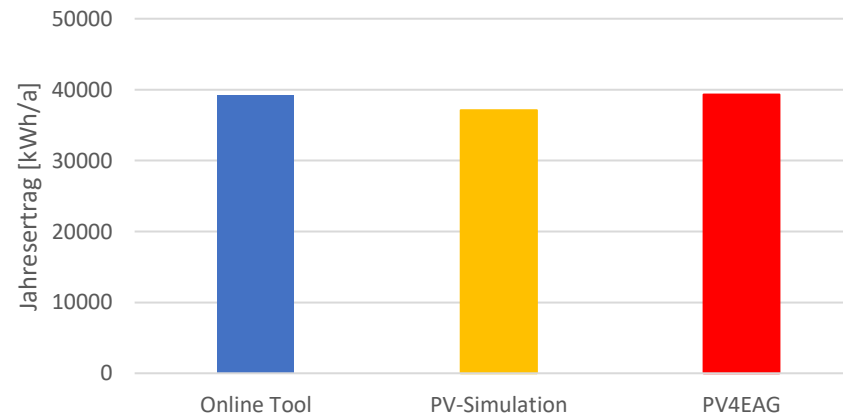
- Beispiel: Wohnhaus mit Südfassade und Balkon
- Online Planungstool: [Fassade / GIPV](#)
- Kommerzielle PV-Software: [Fassade / GIPV](#)
- **PV4EAG: Berechnung mit Flächenauslastung 50 %**

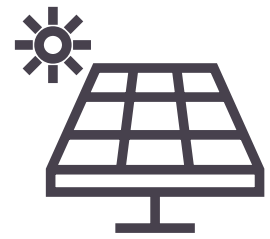


Installierte Leistung [kWp]

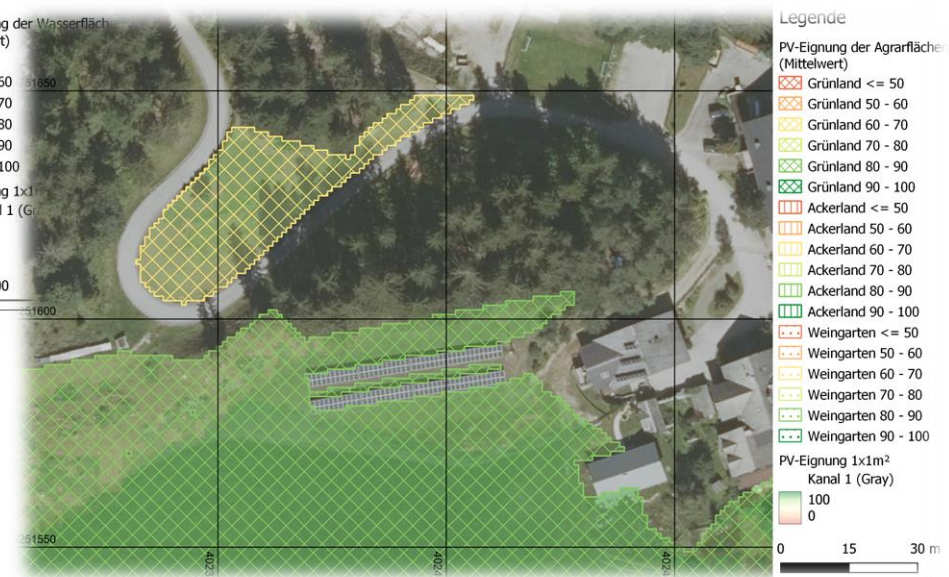


Erzeuge Energie pro Jahr [kWh/a]





Ergebnisdarstellung



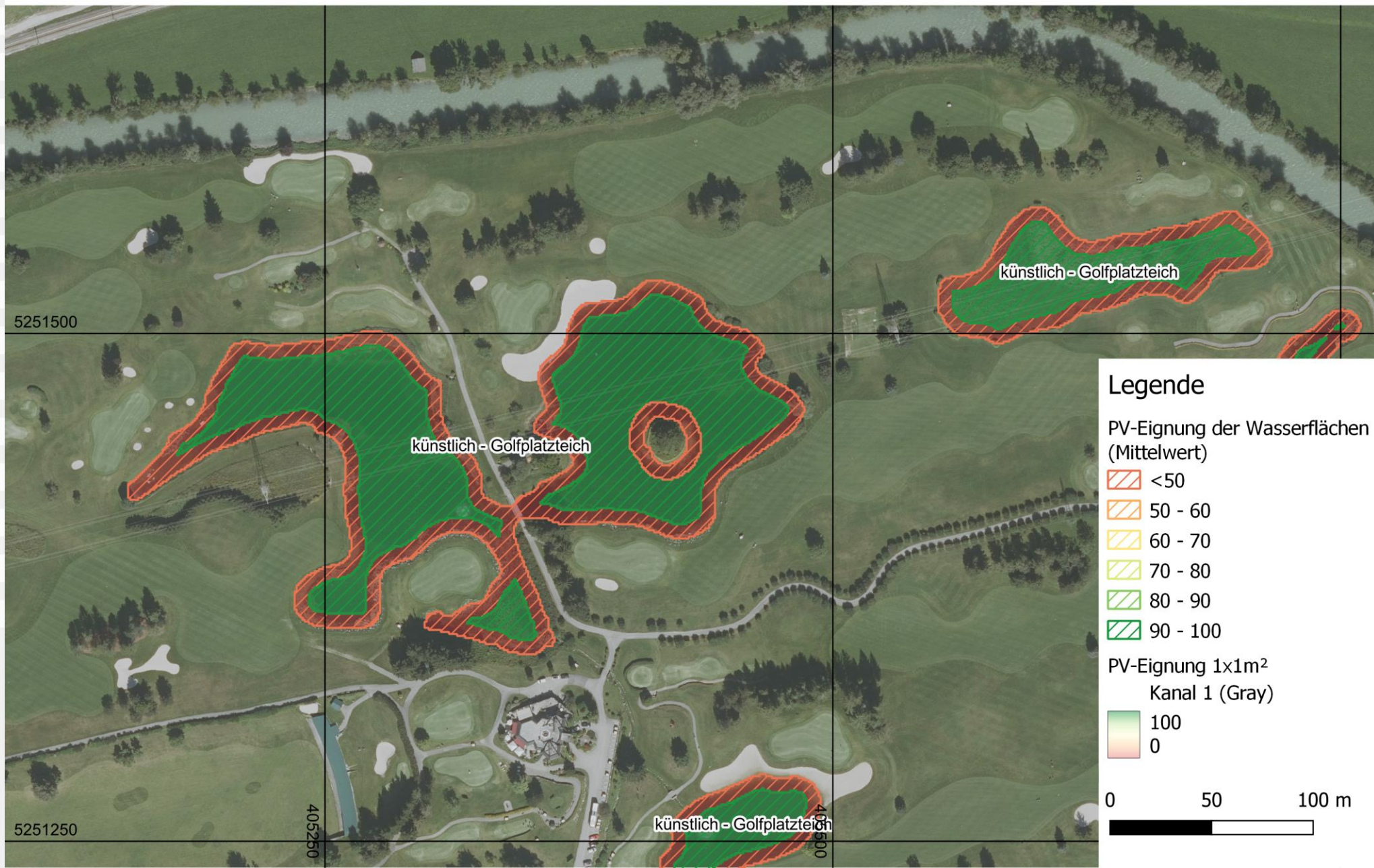
| | |
|---------------|--------------------|
| fid | 108 |
| weight_binary | |
| weight_mean | 97,5487822531593 |
| weight_stddev | 2,6274946767489284 |
| weight_min | 79,16666412353516 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 1052,7901570635192 |
| SP_JS_stddev | 63,74488205887118 |
| SP_JS_min | 214,19900512695313 |
| SP_JS_max | 1106,9659423828125 |
| DIF_mean | 567,2329711914063 |
| DNI_mean | 1138,1190185546875 |
| GHI_mean | 1192,176025390625 |
| area | 7196,174 |
| area_2 | 7192 |
| perimeter | 666 |



Beispielergbnis der Flächenpotentialanalyse für Floating-PV im Testgebiet Schladming

Datum: 28.04.2023
 Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
 Basisdaten: GIS Steiermark
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Wasserflächen (Mittelwert)

- <50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100

PV-Eignung 1x1m²
 Kanal 1 (Gray)

100
 0

0 50 100 m

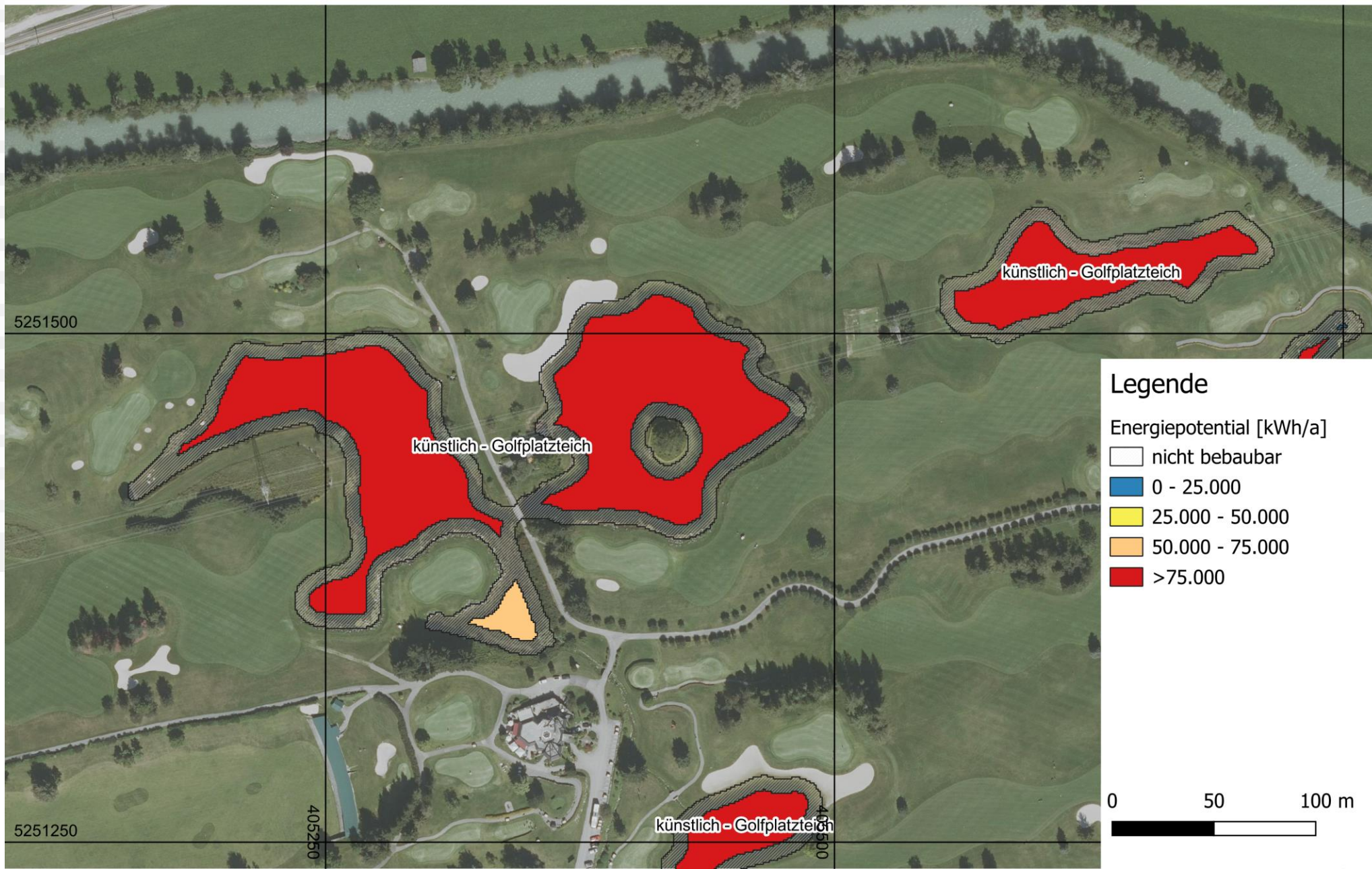
| | |
|---------------------------|--------------------|
| fid | 108 |
| weight_binary | |
| weight_mean | 97,5487822531593 |
| weight_stddev | 2,6274946767489284 |
| weight_min | 79,16666412353516 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 1052,7901570635192 |
| SP_JS_stddev | 63,74488205887118 |
| SP_JS_min | 214,19900512695313 |
| SP_JS_max | 1106,9659423828125 |
| DIF_mean | 567,2329711914063 |
| DNI_mean | 1138,1190185546875 |
| GHI_mean | 1192,176025390625 |
| area | 7196,174 |
| area_2 | 7192 |
| perimeter | 666 |
| performance_potential | 755,59827 |
| energy_potential | 915768,532344578 |
| energy_potential_weighted | 915768,532344578 |



Beispielerggebnis der Energiepotentialanalyse für Floating-PV im Testgebiet Schladming

Datum: 05.09.2023

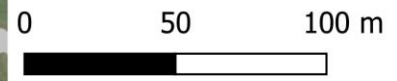
EPSG: 32633
 Basisdaten: GIS Steiermark
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- nicht bebaubar
- 0 - 25.000
- 25.000 - 50.000
- 50.000 - 75.000
- >75.000



fid 110

weight_binary

weight_mean 84,97490779230773

weight_stdev 5,255049090640132

weight_min 66,66666412353516

weight_max 87,5

SP_JS_mean 950,1586640869541

SP_JS_stdev 154,80987771356985

SP_JS_min 1,4290000200271606

SP_JS_max 1193,0069580078125

DIF_mean 599,010009765625

DNI_mean 1199,2979736328125

GHI_mean 1267,9655151367188

area 41046,737

area_2 41015

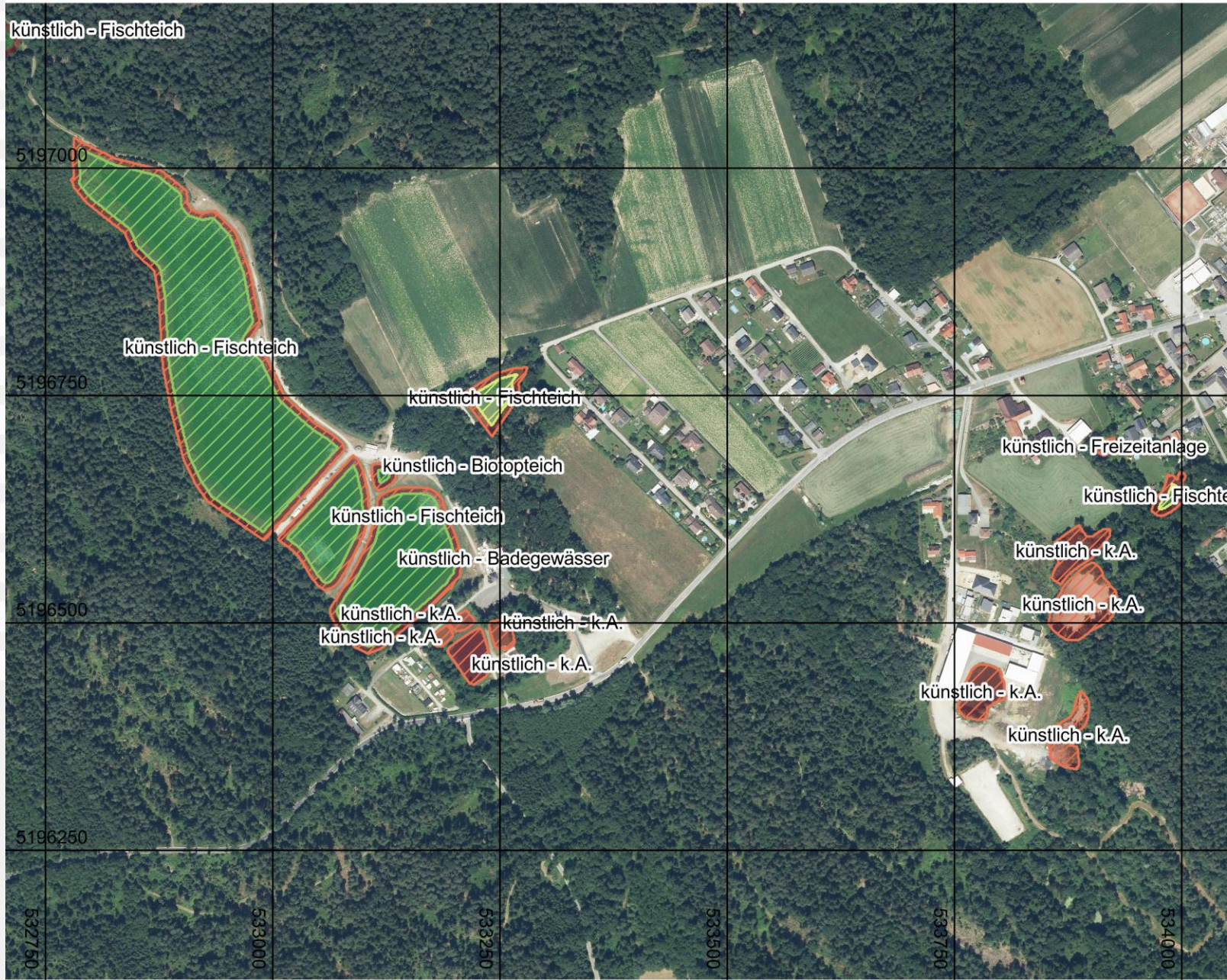
perimeter 1440



Beispielergbnis der Flächenpotentialanalyse für Floating-PV im Testgebiet Leibnitz

Datum: 28.04.2023
Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Wasserflächen (Mittelwert)

- < 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100

PV-Eignung 1x1m²
Kanal 1 (Gray)

- 100
- 0

0 100 200 m



Beispielerggebnis der Energiepotentialanalyse für Floating-PV im Testgebiet Leibnitz

Datum: 05.09.2023

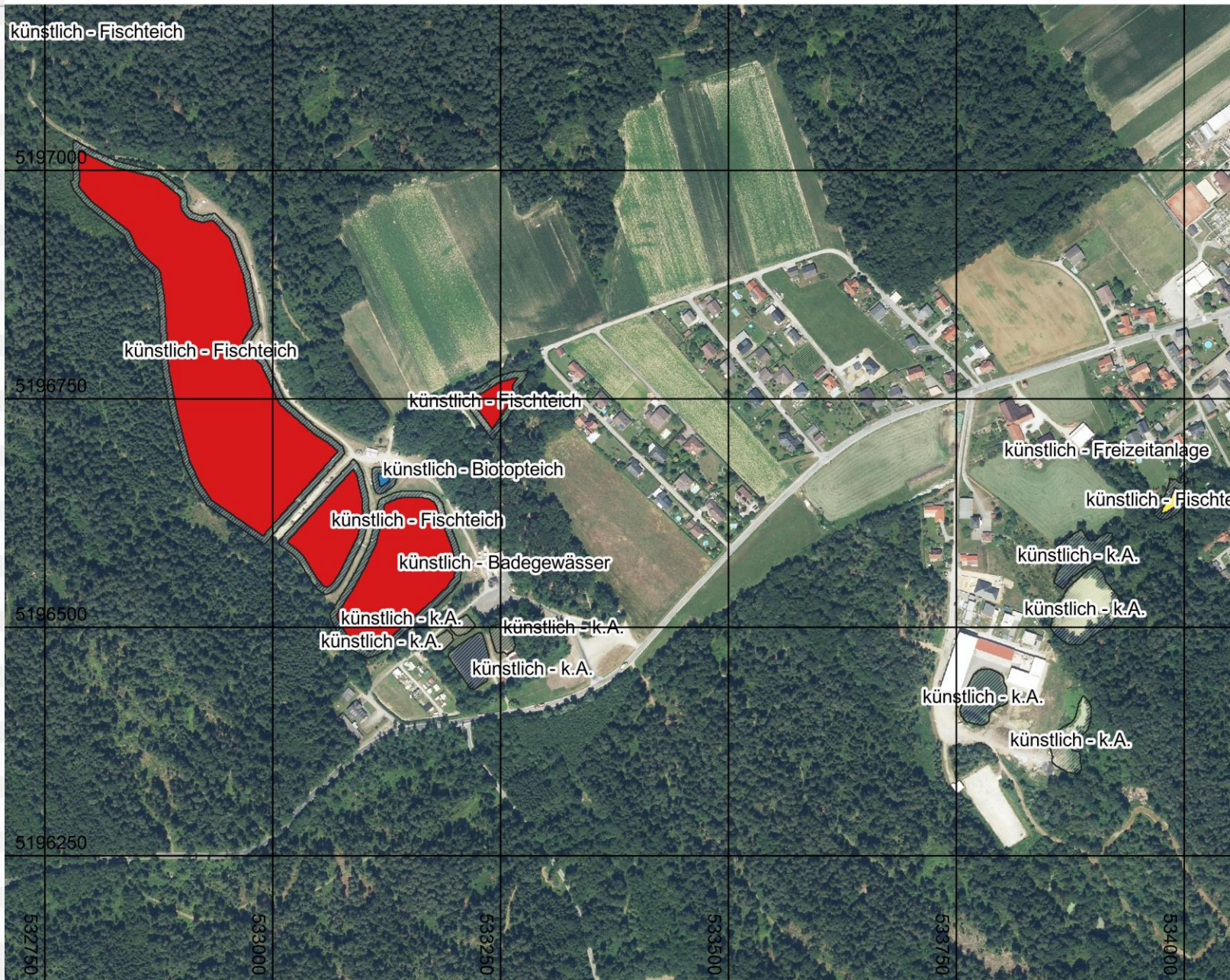
EPSG: 32633

Basisdaten: GIS Steiermark

Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



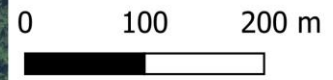
| | |
|---------------------------|--------------------|
| fid | 110 |
| weight_binary | |
| weight_mean | 84,97490779230773 |
| weight_stdev | 5,255049090640132 |
| weight_min | 66,66666412353516 |
| weight_max | 87,5 |
| SP_JS_mean | 950,1586640869541 |
| SP_JS_stdev | 154,80987771356985 |
| SP_JS_min | 1,4290000200271606 |
| SP_JS_max | 1193,0069580078125 |
| DIF_mean | 599,010009765625 |
| DNI_mean | 1199,2979736328125 |
| GHI_mean | 1267,9655151367188 |
| area | 41046,737 |
| area_2 | 41015 |
| perimeter | 1440 |
| performance_potential | 4309,9073849999995 |
| energy_potential | 5558398,876294698 |
| energy_potential_weighted | 5558398,876294698 |



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- nicht bebaubar
- 0 - 25.000
- 25.000 - 50.000
- 50.000 - 75.000
- > 75.000



| | |
|---------------------------|-------------------|
| Index | 247774 |
| id | 538186 |
| dissolved_id | 42244 |
| facade_id | 320687 |
| southness_indicator | 0,158131710546060 |
| length | 88,7956730796815 |
| weighted_avg_height | 14,15518308046954 |
| facade_area | 1256,919009196412 |
| mean_shadow | -7,21654796600341 |
| GHI | 3,40499997 |
| DIF | 1,63999999 |
| DNI | 3,22600007 |
| shadow_area | 640,7982339530801 |
| sun_area | 616,1207752433326 |
| shadow_area_perc | 0,509816646311015 |
| sun_area_perc | 0,490183353688984 |
| southness_indicator_score | 15,8131710546060 |
| sun_area_perc_score | 49,01833536889841 |
| facade_area_score | 100 |
| total_score | 47,47546896915011 |
| wid_class | 0 |



Beispielergbnis der Flächenpotentialanalyse für Gebäudefassaden im Testgebiet Graz

Datum: 28.04.2023
 Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
 Originaldaten Gebäude: Stadt Graz
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Fassaden

- < 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100
- Gefilterte Fassaden (Mindesthöhe und -fläche)
- Gebäude

0 15 30 m

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Index | 247774 |
| id | 538186 |
| dissolved_id | 42244 |
| facade_id | 320687 |
| southness_indicator | 0,15813171054606098 |
| length | 88,7956730796815 |
| weighted_avg_height | 14,155183080469547 |
| facade_area | 1256,9190091964128 |
| mean_shadow | -7,216547966003418 |
| GHI | 3,40499997 |
| DIF | 1,63999999 |
| DNI | 3,22600007 |
| shadow_area | 640,7982339530801 |
| sun_area | 616,1207752433328 |
| shadow_area_perc | 0,5098166463110159 |
| sun_area_perc | 0,49018335368898414 |
| southness_indicator_score | 15,813171054606098 |
| sun_area_perc_score | 49,01833536889841 |
| facade_area_score | 100 |
| total_score | 47,47546896915011 |
| wid_class | 0 |
| Aufstellungsfaktor | 0,3806293624604929 |
| performance_potential | 55,450869771899946 |
| energy_potential | 26231,3490857587 |



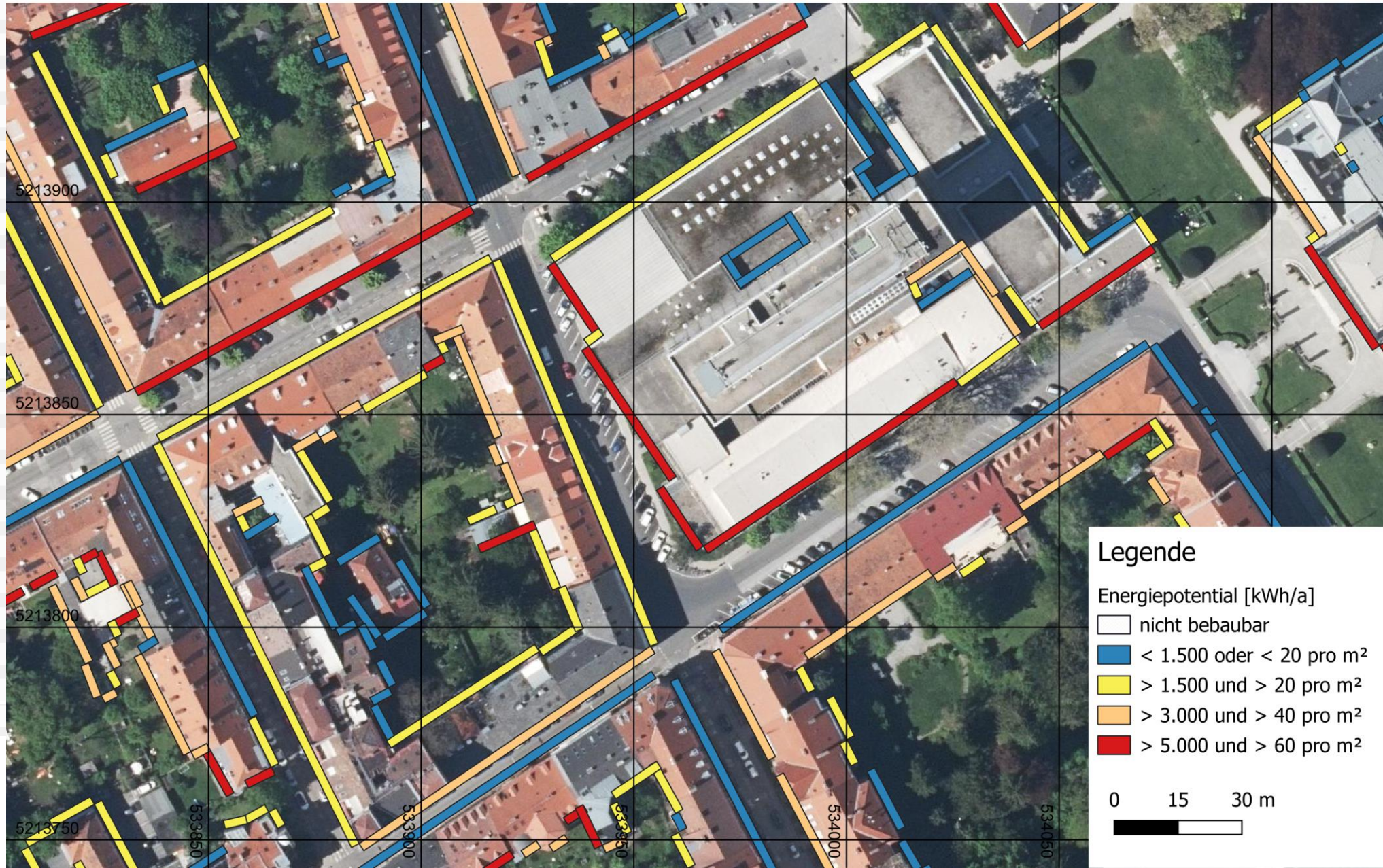
Beispielerggebnis der Energiepotentialanalyse für Gebäudefassaden im Testgebiet Graz

Datum: 20.10.2023

EPSG: 32633

Originaldaten Gebäude: Stadt Graz

Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- nicht bebaubar
- < 1.500 oder < 20 pro m²
- > 1.500 und > 20 pro m²
- > 3.000 und > 40 pro m²
- > 5.000 und > 60 pro m²

0 15 30 m



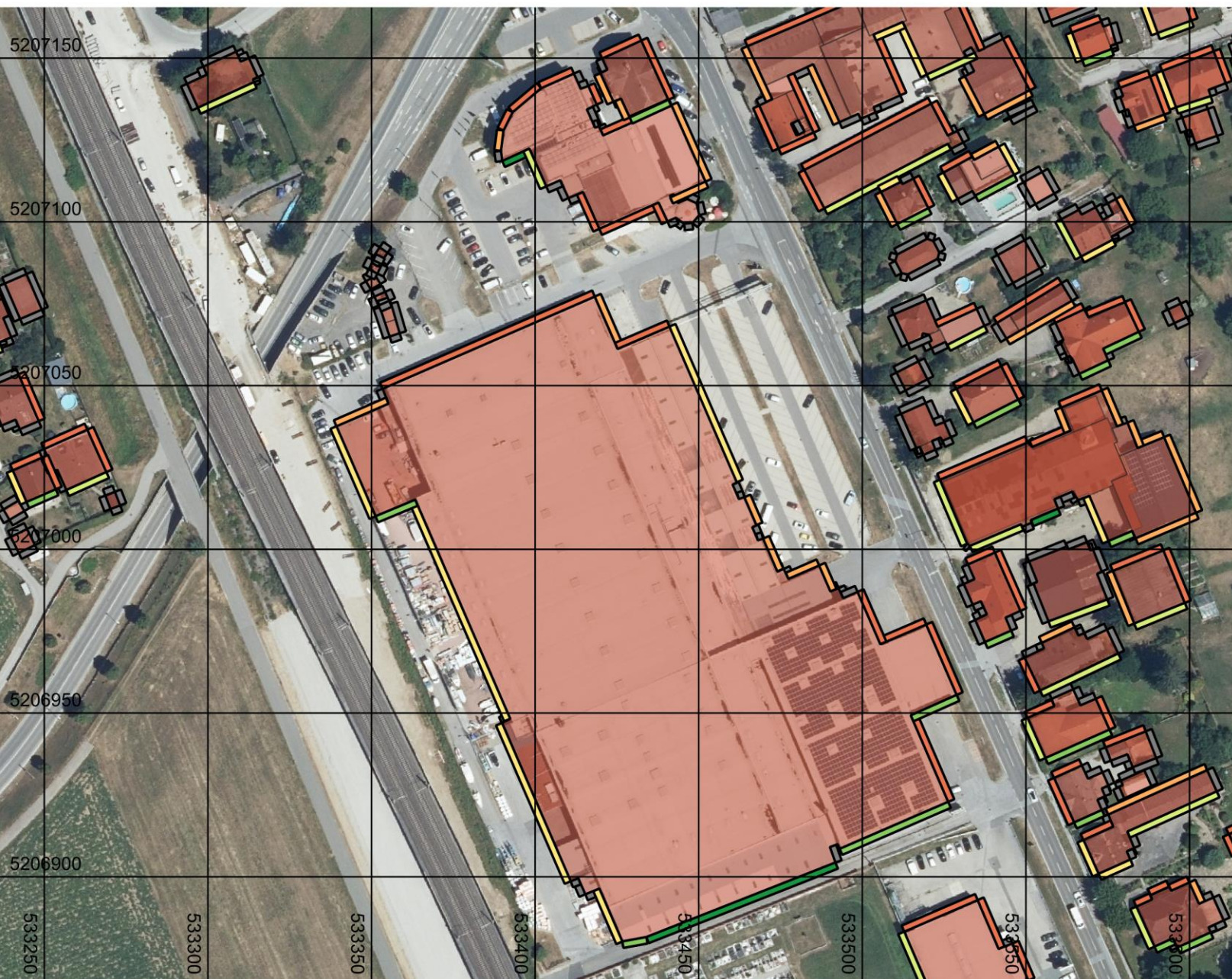
| | |
|---------------------------|-------------|
| Index | 222494 |
| id | 66659 |
| dissolved_id | 18354 |
| facade_id | 131645 |
| southness_indicator | 0,880572033 |
| length | 62,13132690 |
| weighted_avg_height | 6,86258906 |
| facade_area | 426,3817642 |
| mean_shadow | -0,30880108 |
| GHI | 3,4849999 |
| DIF | 1,63699996 |
| DNI | 3,29399991 |
| shadow_area | 19,18622114 |
| sun_area | 407,1955431 |
| shadow_area_perc | 0,044997752 |
| sun_area_perc | 0,955002247 |
| southness_indicator_score | 88,05720337 |
| sun_area_perc_score | 95,50022473 |
| facade_area_score | 75 |
| total_score | 91,96159799 |
| wid_class | 1 |



Beispielergebnis der Flächenpotentialanalyse für Gebäudefassaden im Testgebiet Graz

Datum: 28.04.2023
 Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
 Originaldaten Gebäude: Stadt Graz
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Fassaden

- < 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100
- Gefilterte Fassaden (Mindesthöhe und -fläche)
- Gebäude

0 15 30 m

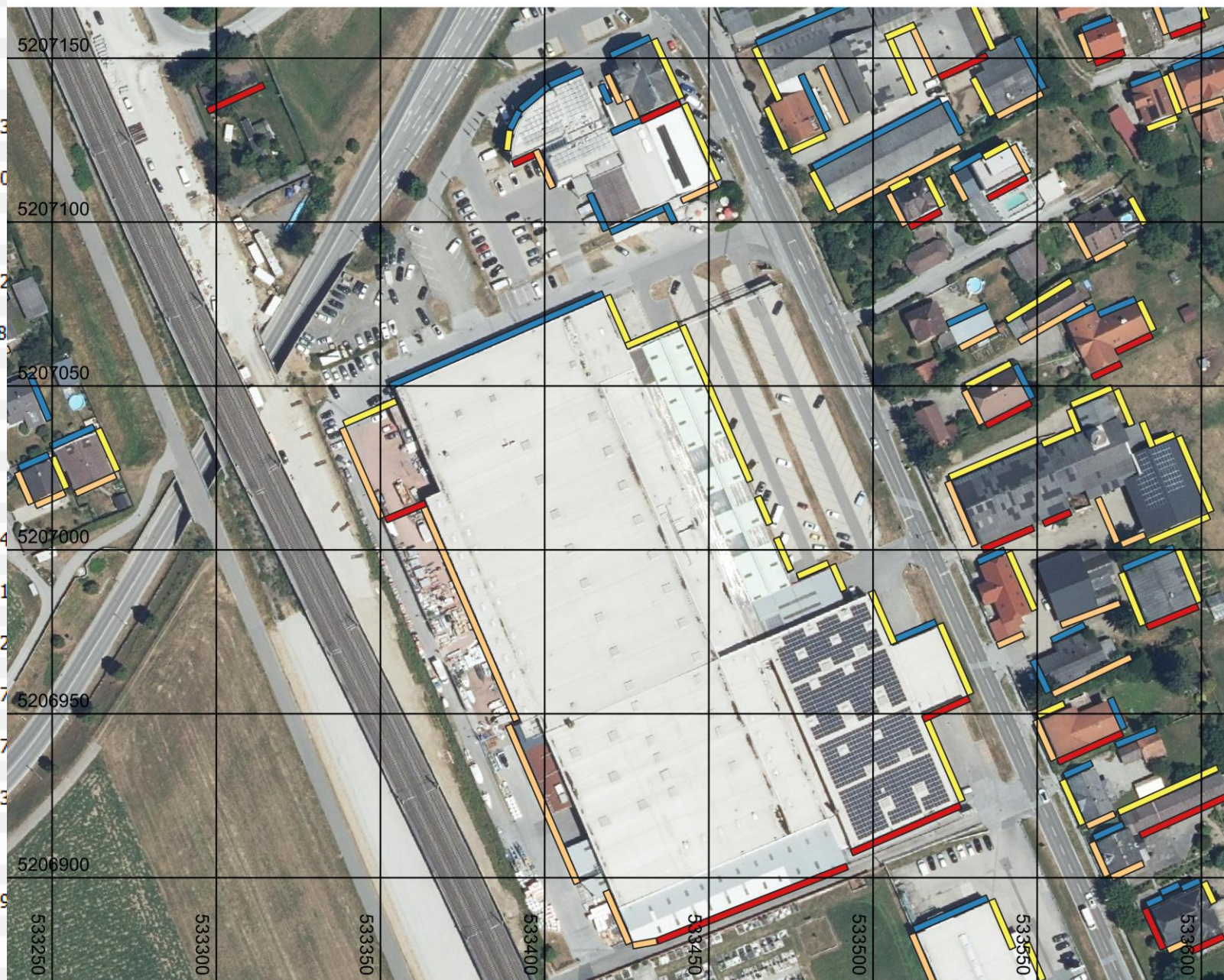
| | |
|---------------------------|-------------|
| Index | 222494 |
| id | 66659 |
| dissolved_id | 18354 |
| facade_id | 131645 |
| southness_indicator | 0,880572033 |
| length | 62,13132690 |
| weighted_avg_height | 6,86258906 |
| facade_area | 426,3817642 |
| mean_shadow | -0,30880108 |
| GHI | 3,4849999 |
| DIF | 1,63699996 |
| DNI | 3,29399991 |
| shadow_area | 19,18622114 |
| sun_area | 407,1955431 |
| shadow_area_perc | 0,044997752 |
| sun_area_perc | 0,955002247 |
| southness_indicator_score | 88,05720337 |
| sun_area_perc_score | 95,50022473 |
| facade_area_score | 75 |
| total_score | 91,96159799 |
| wid_class | 1 |



Beispielergbnis der Energiepotentialanalyse für Gebäudefassaden im Testgebiet Graz

Datum: 28.04.2023

EPSG: 32633
Originaldaten Gebäude: Stadt Graz
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- nicht bebaubar
- < 1.500 oder < 20 pro m²
- > 1.500 und > 20 pro m²
- > 3.000 und > 40 pro m²
- > 5.000 und > 60 pro m²

0 15 30 m

| | |
|---------------|--------------------|
| fid | 7069 |
| weight_binary | |
| weight_mean | 96,32915099574574 |
| weight_stddev | 8,848507936049238 |
| weight_min | 75 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 990,7399794979979 |
| SP_JS_stddev | 84,65450649589576 |
| SP_JS_min | 700,0540161132813 |
| SP_JS_max | 1209,3310546875 |
| DIF_mean | 600,1060180664063 |
| DNI_mean | 1196,4104738667793 |
| GHI_mean | 1253,6820175013067 |
| aspect_mean | 146,2604114641744 |
| aspect_stddev | 67,20333678783818 |
| aspect_min | 6,90276 |
| aspect_max | 354,3633 |
| slope_mean | 0,6459347573831776 |
| slope_stddev | 0,5032114013489116 |
| slope_min | 0,03201301 |
| slope_max | 2,668933 |
| area | 32463,034 |
| area_2 | 32438 |
| perimeter | 4522 |



Beispielerggebnis der Flächenpotentialanalyse für Parkplatz-PV im Testgebiet Graz

Datum: 28.04.2023
Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Parkplätze (Mittelwert)

- <50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100

PV-Eignung 1x1m²
Kanal 1 (Gray)

- 100
- 0

0 25 50 m

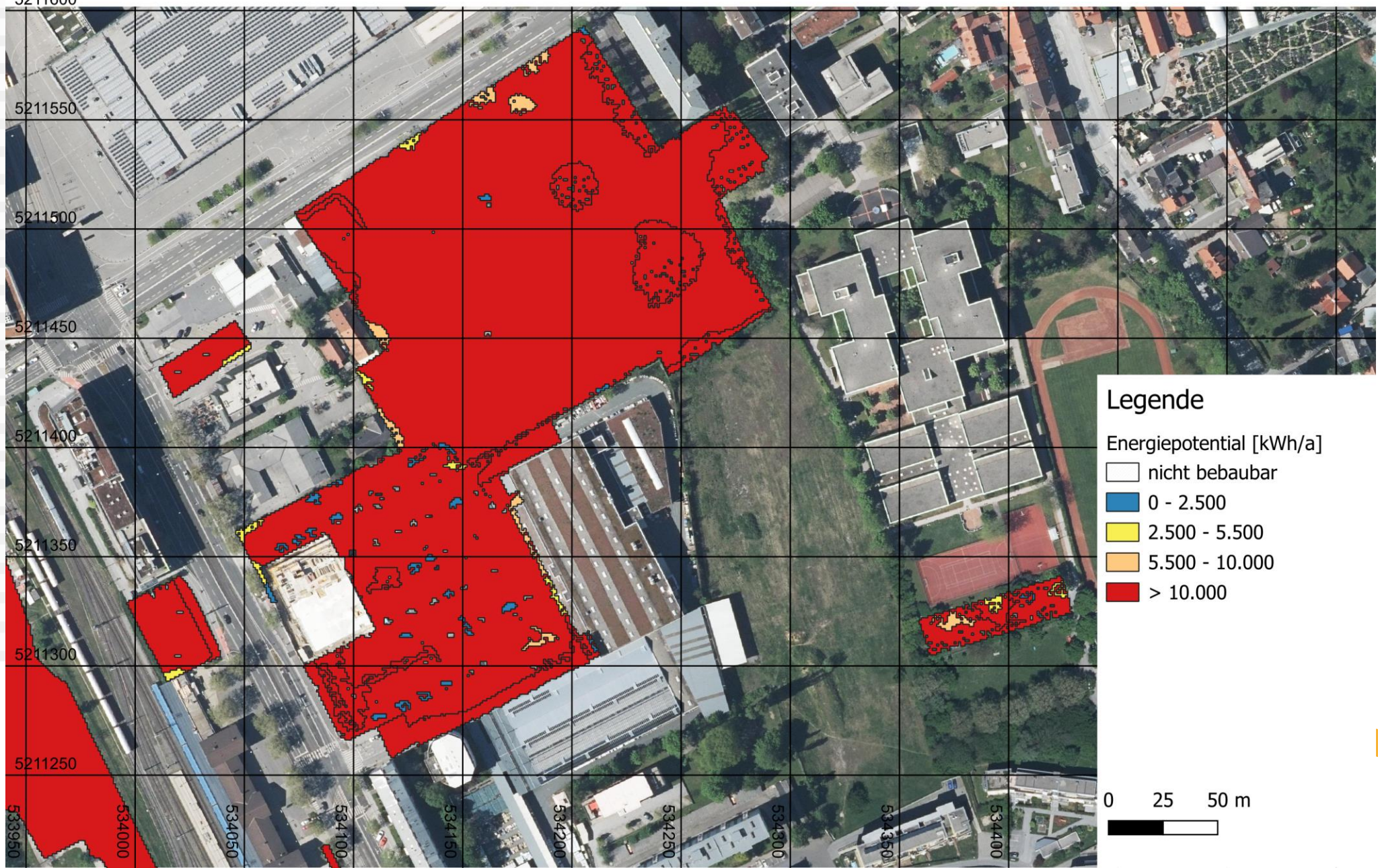
| | |
|---------------------------|--------------------|
| fid | 7069 |
| weight_binary | |
| weight_mean | 96,32915099574574 |
| weight_stddev | 8,848507936049238 |
| weight_min | 75 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 990,7399794979979 |
| SP_JS_stddev | 84,65450649589576 |
| SP_JS_min | 700,0540161132813 |
| SP_JS_max | 1209,3310546875 |
| DIF_mean | 600,1060180664063 |
| DNI_mean | 1196,4104738667793 |
| GHI_mean | 1253,6820175013067 |
| aspect_mean | 146,2604114641744 |
| aspect_stddev | 67,20333678783818 |
| aspect_min | 6,90276 |
| aspect_max | 354,3633 |
| slope_mean | 0,6459347573831776 |
| slope_stddev | 0,5032114013489116 |
| slope_min | 0,03201301 |
| slope_max | 2,668933 |
| area | 32463,034 |
| area_2 | 32438 |
| perimeter | 4522 |
| performance_potential | 2919,42 |
| energy_potential | 3660024,355533665 |
| energy_potential_weighted | 3660024,355533665 |



Beispielergbnis der Energiepotentialanalyse für Parkplatz-PV im Testgebiet Graz

Datum: 11.10.2023

EPSG: 32633
 Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- nicht bebaubar
- 0 - 2.500
- 2.500 - 5.500
- 5.500 - 10.000
- > 10.000



fid 586

weight_binary

weight_mean 93,3375156838143

weight_stdev 11,053208160585301

weight_min 75

weight_max 100

SP_JS_mean 944,6828254881588

SP_JS_stdev 88,23343352140579

SP_JS_min 701,052001953125

SP_JS_max 1167,760986328125

DIF_mean 602,727770309167

DNI_mean 1194,0677470987982

GHI_mean 1262,004561369811

aspect_mean 173,38215139534884

aspect_stdev 63,54875432815359

aspect_min 17,85687

aspect_max 355,6447

slope_mean 0,8887961465116277

slope_stdev 0,8711492941688823

slope_min 0,1109792

slope_max 3,51848

area 3987,715

area_2 3985

perimeter 684



Beispielergbnis der Flächenpotentialanalyse für Parkplatz-PV im Testgebiet Hartberg/Fürstenfeld

Datum: 28.04.2023
Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Parkplätze (Mittelwert)

- <50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 100

PV-Eignung 1x1m²
Kanal 1 (Gray)

- 100
- 0

0 15 30 m



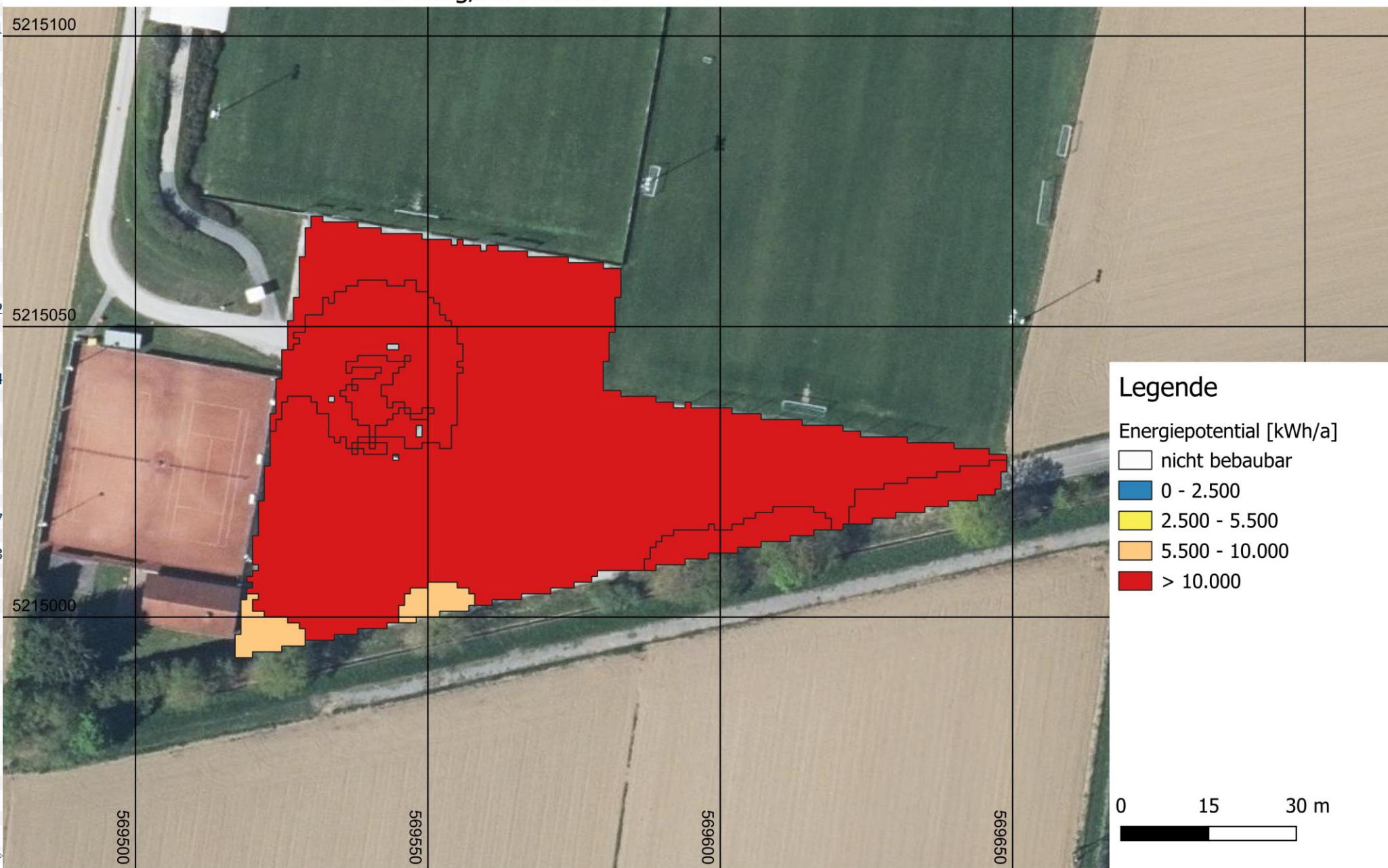
| | |
|---------------------------|--------------------|
| fid | 586 |
| weight_binary | |
| weight_mean | 93,3375156838143 |
| weight_stdev | 11,053208160585301 |
| weight_min | 75 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 944,6828254881588 |
| SP_JS_stdev | 88,23343352140579 |
| SP_JS_min | 701,052001953125 |
| SP_JS_max | 1167,760986328125 |
| DIF_mean | 602,727770309167 |
| DNI_mean | 1194,0677470987982 |
| GHI_mean | 1262,004561369811 |
| aspect_mean | 173,38215139534884 |
| aspect_stdev | 63,54875432815359 |
| aspect_min | 17,85687 |
| aspect_max | 355,6447 |
| slope_mean | 0,8887961465116277 |
| slope_stdev | 0,8711492941688823 |
| slope_min | 0,1109792 |
| slope_max | 3,51848 |
| area | 3987,715 |
| area_2 | 3985 |
| perimeter | 684 |
| performance_potential | 358,65 |
| energy_potential | 452617,9359352827 |
| energy_potential_weighted | 452617,9359352827 |



Beispielerggebnis der Energiepotentialanalyse für Parkplatz-PV im Testgebiet Hartberg/Fürstenfeld

Datum: 11.10.2023

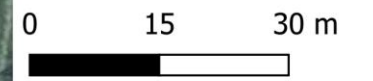
EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- nicht bebaubar
- 0 - 2.500
- 2.500 - 5.500
- 5.500 - 10.000
- > 10.000



| | |
|------------------|--------------------|
| fid | 933 |
| class | |
| weight_mean | 92,46065532658784 |
| weight_stdev | 7,711432496237604 |
| weight_min | 78,4000015258789 |
| weight_max | 98,4000015258789 |
| SP_JS_mean | 863,9975710459796 |
| SP_JS_stdev | 195,56447715686556 |
| SP_JS_min | 333,4389953613281 |
| SP_JS_max | 1205,4339599609375 |
| DIF_mean | 604,0047842515835 |
| DNI_mean | 1173,3508177515841 |
| GHI_mean | 1256,3187684524055 |
| aspect_mean | 222,92319807692303 |
| aspect_stdev | 9,007587955984889 |
| aspect_min | 210,8406 |
| aspect_max | 251,3524 |
| slope_mean | 7,427624057692307 |
| slope_stdev | 0,7703727760200904 |
| slope_min | 5,625334 |
| slope_max | 9,011749 |
| area | 5081,359 |
| area_2 | 5078 |
| perimeter | 416 |
| energy_potential | 326787,9098519367 |



Beispielerggebnis der Flächenpotentialanalyse für Agrar-Doppelnutzung im Testgebiet Schladming

Datum: 28.04.2023
Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

agrар_Fuerstenfeld_result_3cl

- Grünland <= 50
- Grünland 50 - 60
- Grünland 60 - 70
- Grünland 70 - 80
- Grünland 80 - 90
- Grünland 90 - 100
- Ackerland <= 50
- Ackerland 50 - 60
- Ackerland 60 - 70
- Ackerland 70 - 80
- Ackerland 80 - 90
- Ackerland 90 - 100
- Weingarten <= 50
- Weingarten 50 - 60
- Weingarten 60 - 70
- Weingarten 70 - 80
- Weingarten 80 - 90
- Weingarten 90 - 100

agrар_Schladming_weighted
Kanal 1 (Gray)



| | |
|------------------|--------------------|
| fid | 933 |
| class | |
| weight_mean | 92,46065532658784 |
| weight_stdev | 7,711432496237604 |
| weight_min | 78,4000015258789 |
| weight_max | 98,4000015258789 |
| SP_JS_mean | 863,9975710459796 |
| SP_JS_stdev | 195,56447715686556 |
| SP_JS_min | 333,4389953613281 |
| SP_JS_max | 1205,4339599609375 |
| DIF_mean | 604,0047842515835 |
| DNI_mean | 1173,3508177515841 |
| GHI_mean | 1256,3187684524055 |
| aspect_mean | 222,92319807692303 |
| aspect_stdev | 9,007587955984889 |
| aspect_min | 210,8406 |
| aspect_max | 251,3524 |
| slope_mean | 7,427624057692307 |
| slope_stdev | 0,7703727760200904 |
| slope_min | 5,625334 |
| slope_max | 9,011749 |
| area | 5081,359 |
| area_2 | 5078 |
| perimeter | 416 |
| energy_potential | 326787,9098519367 |



Beispielerggebnis der Energiepotentialanalyse für Agrar-PV im Testgebiet Fürstenfeld

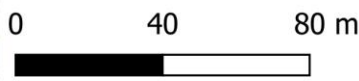
Datum: 14.11.2023

EPSG: 32633
 Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

- Energiepotential [kWh/a]
- Weingarten <150k
 - Weingarten 150k-320k
 - Weingarten 320k-840k
 - Weingarten >840k



| | |
|------------------|--------------------|
| weight_mean | 91,45404952009261 |
| weight_stddev | 8,770360641789221 |
| weight_min | 70 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 840,7744113252569 |
| SP_JS_stddev | 197,2051217290504 |
| SP_JS_min | 39,250999450683594 |
| SP_JS_max | 1213,97705078125 |
| DIF_mean | 604,6405308472015 |
| DNI_mean | 1176,4135067049767 |
| GHI_mean | 1256,771293630677 |
| aspect_mean | 232,5039244372991 |
| aspect_stddev | 18,467814116717445 |
| aspect_min | 191,2635 |
| aspect_max | 285,0206 |
| slope_mean | 3,071024091639872 |
| slope_stddev | 1,7018791426605338 |
| slope_min | 0,7996176 |
| slope_max | 9,093878 |
| area | 31162,623 |
| area_2 | 31142 |
| perimeter | 1000 |
| energy_potential | 2004825,1954247383 |

pv4eag

Beispielerggebnis der Flächenpotentialanalyse für Agrar-Doppelnutzung im Testgebiet Schladming

Datum: 28.04.2023
Autor: F. Hübl TUG

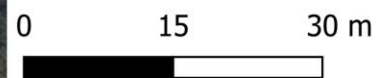
EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

- agrar_Fuerstenfeld_result_3
- Grünland <= 50
 - Grünland 50 - 60
 - Grünland 60 - 70
 - Grünland 70 - 80
 - Grünland 80 - 90
 - Grünland 90 - 100
 - Ackerland <= 50
 - Ackerland 50 - 60
 - Ackerland 60 - 70
 - Ackerland 70 - 80
 - Ackerland 80 - 90
 - Ackerland 90 - 100
 - Weingarten <= 50
 - Weingarten 50 - 60
 - Weingarten 60 - 70
 - Weingarten 70 - 80
 - Weingarten 80 - 90
 - Weingarten 90 - 100

agrar_Schladming_weighted
Kanal 1 (Gray)



| | |
|------------------|--------------------|
| weight_mean | 91,45404952009261 |
| weight_stddev | 8,770360641789221 |
| weight_min | 70 |
| weight_max | 100 |
| SP_JS_mean | 840,7744113252569 |
| SP_JS_stddev | 197,2051217290504 |
| SP_JS_min | 39,250999450683594 |
| SP_JS_max | 1213,97705078125 |
| DIF_mean | 604,6405308472015 |
| DNI_mean | 1176,4135067049767 |
| GHI_mean | 1256,771293630677 |
| aspect_mean | 232,5039244372991 |
| aspect_stddev | 18,467814116717445 |
| aspect_min | 191,2635 |
| aspect_max | 285,0206 |
| slope_mean | 3,071024091639872 |
| slope_stddev | 1,7018791426605338 |
| slope_min | 0,7996176 |
| slope_max | 9,093878 |
| area | 31162,623 |
| area_2 | 31142 |
| perimeter | 1000 |
| energy_potential | 2004825,1954247383 |



Beispielerggebnis der Energiepotentialanalyse für Agrar-PV im Testgebiet Fürstenfeld

Datum: 13.11.2023

EPSG: 32633
 Basisdaten: GIS Steiermark und OSM
 Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

Energiepotential [kWh/a]

- Weingarten <150k
- Weingarten 150k-320k
- Weingarten 320k-840k
- Weingarten >840k



PV-Eignung der Lärmschutzwände (Mittelwert) [2]

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| fid | 197 |
| ▶ (abgeleitet) | |
| ▶ (Aktionen) | |
| fid | 197 |
| Index | 196 |
| id | 704 |
| length | 29,772322774075903 |
| start_height | 4,4299999999999836 |
| end_height | 4,5500000000000182 |
| mean_height | 4,4900000000000009 |
| side | right |
| inside | false |
| southness_indicator | 0,999759062779019 |
| azimuth | 89,95663130022344 |
| within_3m_to_road | false |
| within_500m_to_buildi... | true |
| facade_area | 133,67772925560107 |
| facade_id | 289 |
| mean_shadow | -4,489999771118164 |
| GHI | 3,19000006 |
| DIF | 1,56500006 |
| DNI | 2,98399997 |
| wid_class | 0 |
| shadow_area | 133,67772244125692 |
| sun_area | 6,814344146732764784e-06 |
| shadow_area_perc | 0,9999999490240882 |
| sun_area_perc | 5,097591182501304274e-08 |
| southness_indicator_sc... | 99,9759062779019 |
| sun_area_perc_score | 5,097591182501304274e-06 |
| total_score | 69,98313592380867 |



Beispielerggebnis der Flächenpotentialanalyse für Lärmschutzwandintegrierte PV (außerhalb der Testgebiete)

Datum: 20.11.2023
Autor: F. Hübl TUG

EPSG: 32633
Basisdaten: GIS Steiermark und ASFINAG
www.asfinag.at
AISIFiINIAIG
Datenquelle Orthofoto: GIS Steiermark



Legende

PV-Eignung der Lärmschutzwände (Mittelwert)

0 - 20

20 - 40

40 - 60

60 - 80

80 - 100

Gefilterte Flächen

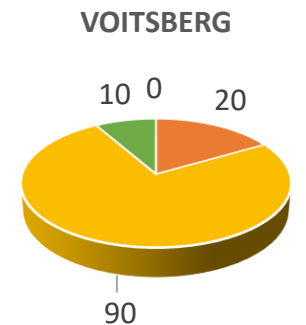
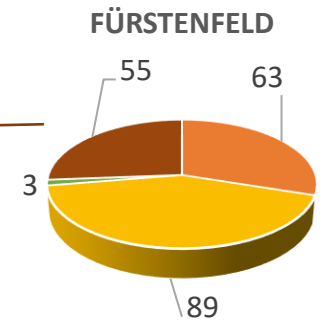
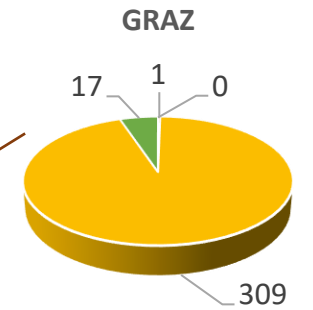
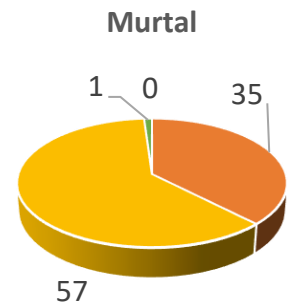
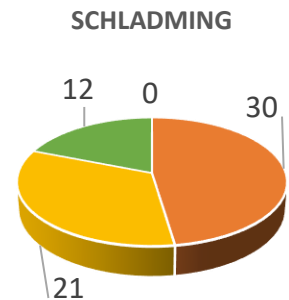
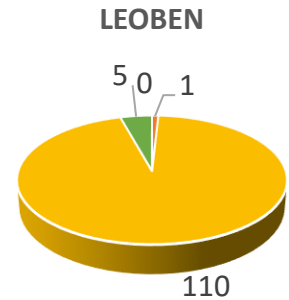
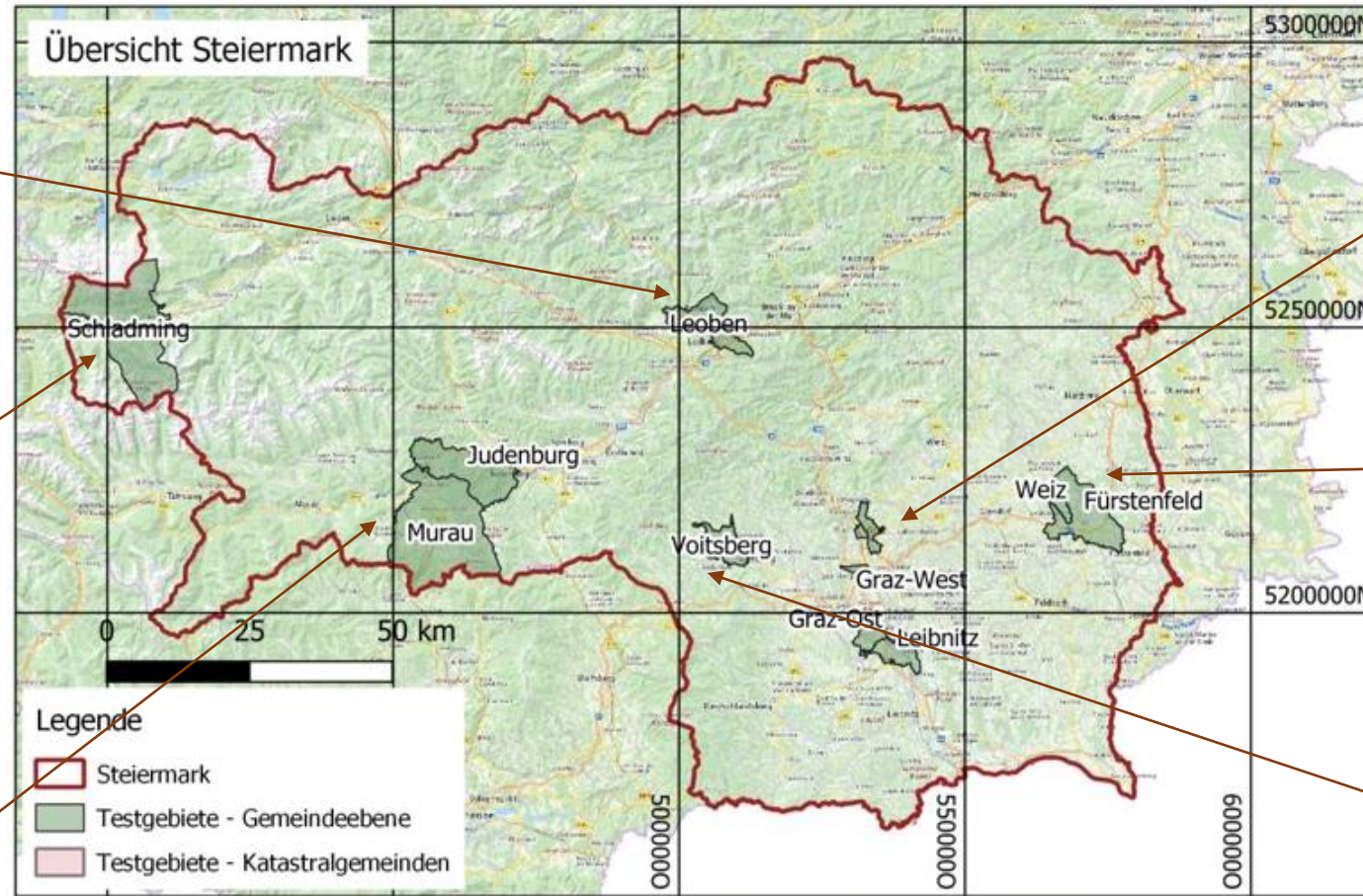
Verkehrsabgewandte Seite

Verkehrszugewandte Seite

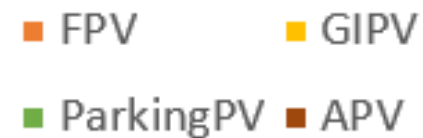
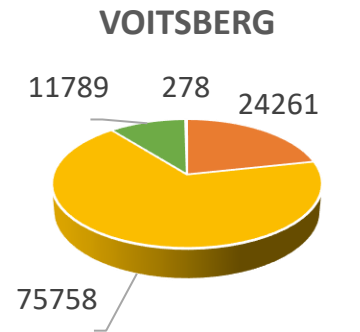
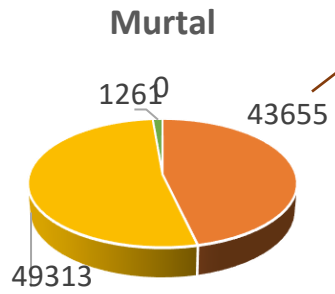
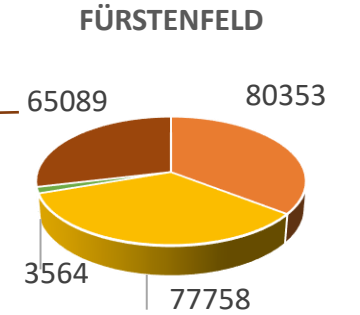
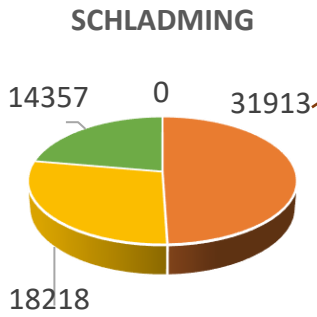
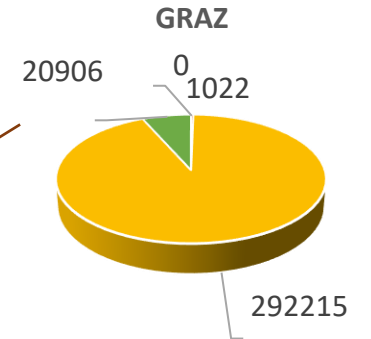
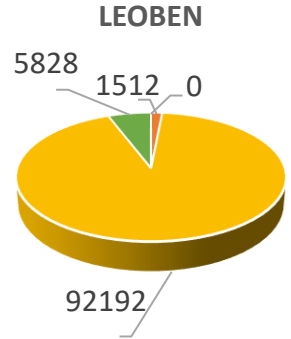
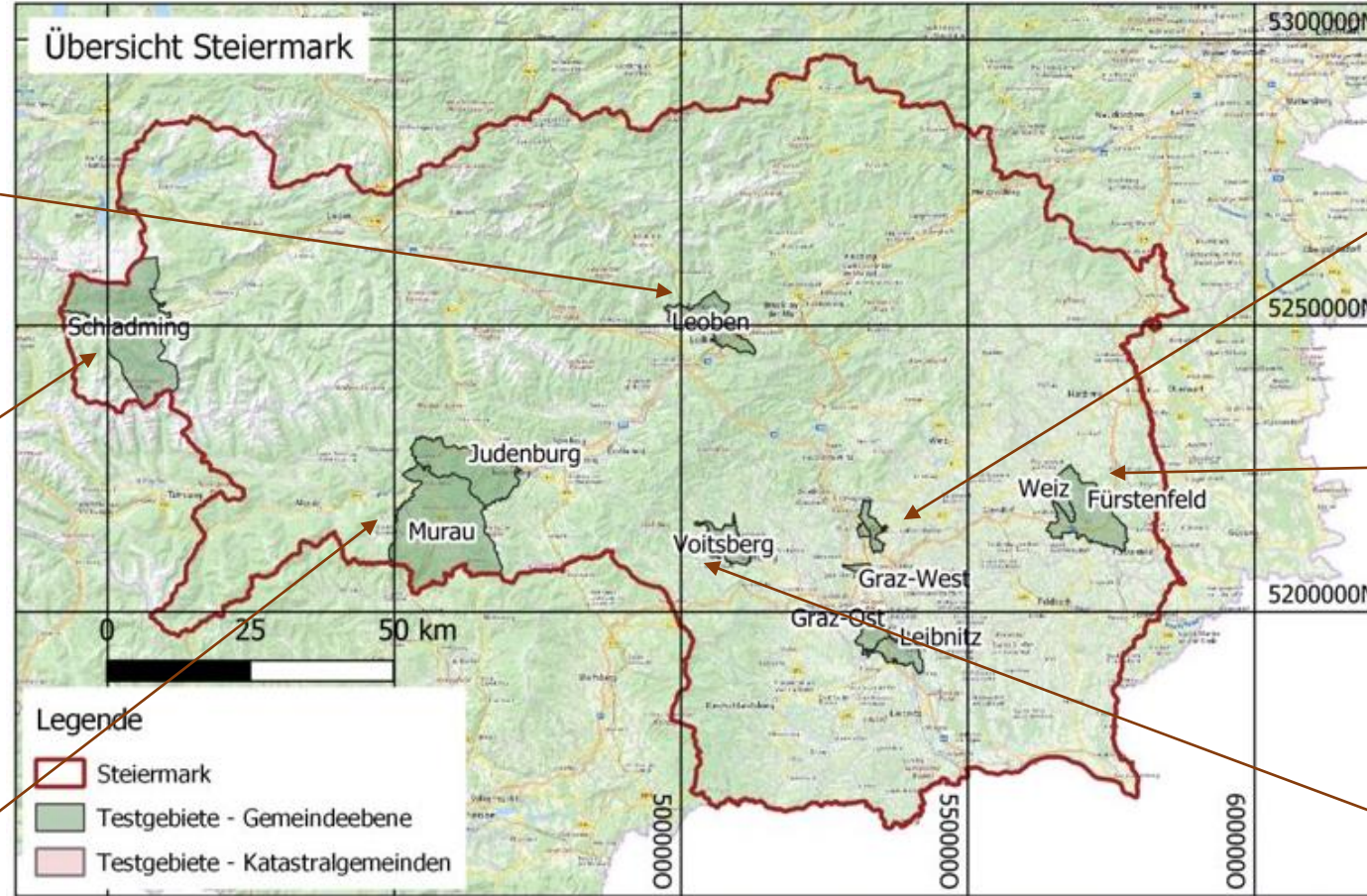
0 15 30 m



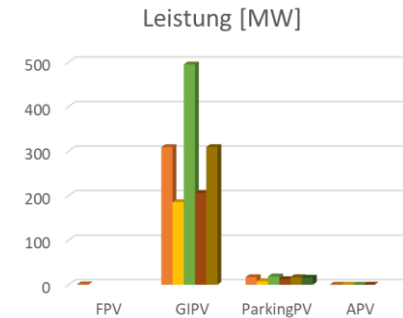
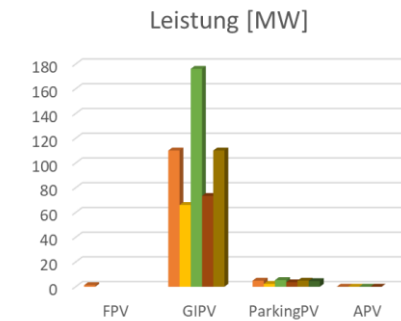
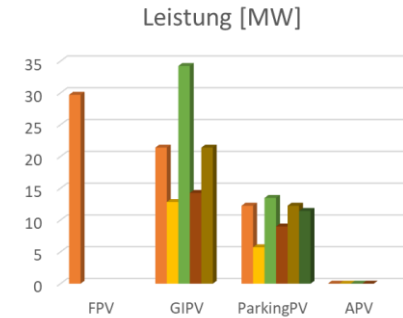
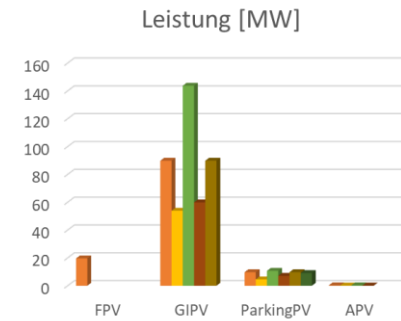
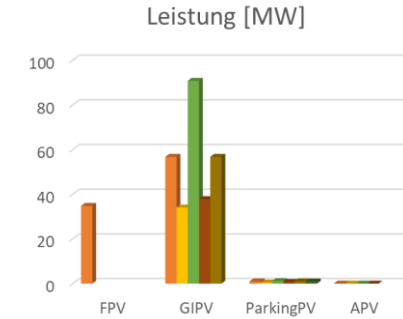
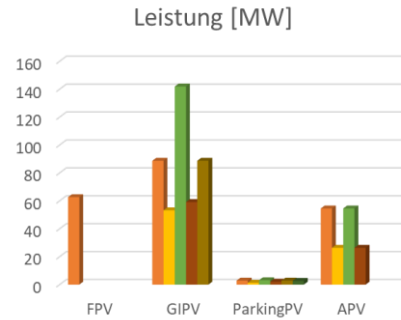
Leistung [MW]

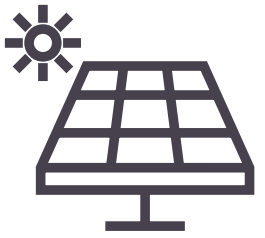


Energieertrag [MWh]



Leistung [MW]

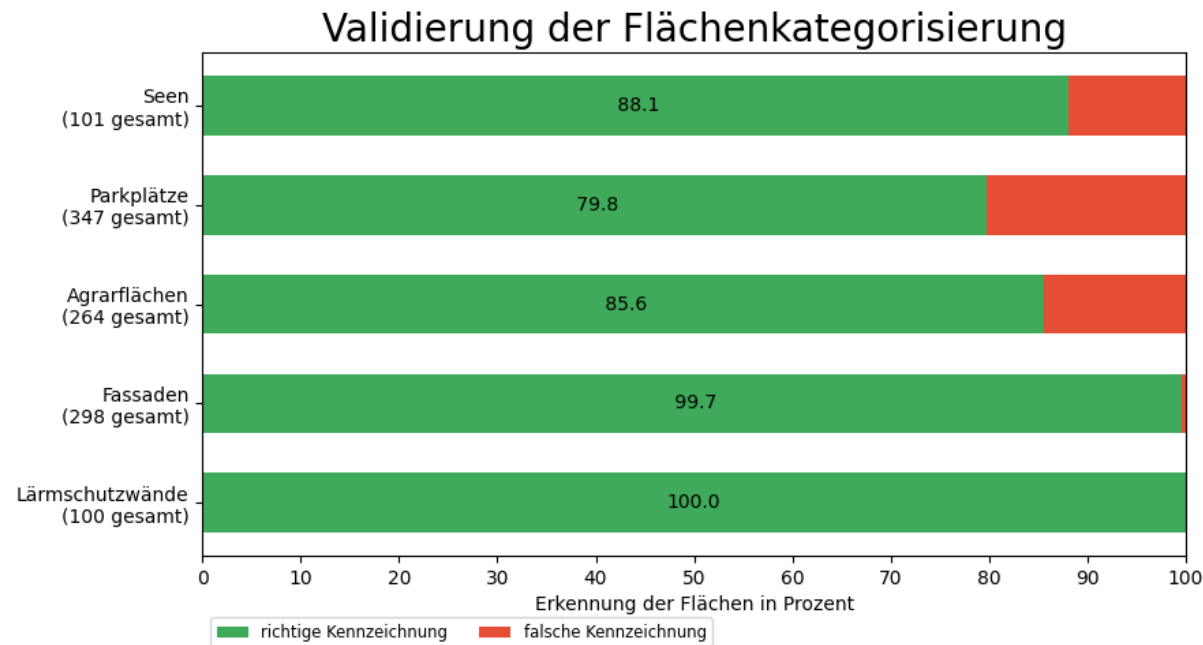


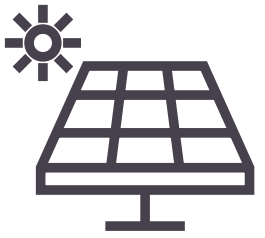


Validierung & Skalierbarkeit

- **Insgesamt 36 Quellen**

- 13 kostenpflichtig oder Zugang an das Projekt gebunden
 - Lärmschutzwände (ÖBB, ASFINAG, Land) mit begrenztem Zugriff
 - 3D Fassaden mit höchsten Kosten





Dissemination

• Projektpräsentationen

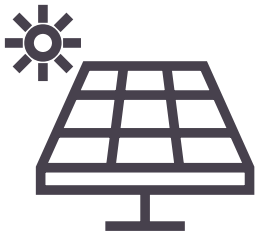
- Kongress Österreichs Energie 2022
- IEWT 2023
- GIScience 2023
- PV Austria Fachtagung „PV & Stromspeicherung“ 2023

• Konferenzbeiträge & Paper

- Flächen- und Energiepotenzial von innovativen PV-Anlagen
- Harnessing the sunlight on facades
- Calculating Shadows with U-Nets for Urban Environments

• Zeitungsartikel, Fernsehbeiträge...





Herausforderungen

- **Datenakquise:** Verfügbarkeit, Zugang und Kosten
- **Flächenanalyse:** Zusammenführen unterschiedlicher Datensätze, Aktualität und Vollständigkeit der Daten
- **Energieanalyse:** Feinabstimmung bei jedem PV-Typ erforderlich, keine Vergleichsmessungen öffentlich zugänglich
- **Musterprojektierung:** keine Stromnetzdaten zugänglich, unzureichende Moduldaten (Sondertypen), diverse Annahmen erforderlich
- **Validierung/Verifikation:** Manuelle Validierung nötig, noch keine geeigneten Metriken bzw. Realdaten gefunden



Ausblick und nächste Schritte

- **Verifikation** der Berechnungen & Ergebnisse
- **Finalisierung** der GIS-Layer
- **Publikation** der Ergebnisse
 - Die Veröffentlichung des Datensatzes auf der Projektseite erfolgt nach Projektabschluss
- **Folgeprojekt beantragt**
 - **Fokus** auf Agrar- und Floating-PV Anlagen
 - **Ergänzung** fehlender Daten mit Hilfe von hochauflösenden Satellitenbildern
 - **Ausrollung** auf gesamtes Bundesgebiet



Umfrage

- Mentimeter Umfrage – Wirtschaftliche Aspekte



Wir freuen uns auf Ihre Fragen!



3. WORKSHOP

PROJEKTENDPRÄSENTATION



ALTERNATIVE PHOTOVOLTAIK -POTENZIALE

DANKE FÜR IHRE TEILNAHME!

FH | JOANNEUM
University of Applied Sciences



dwh
technical solutions
simulation services



FFG
Forschung wirkt.