

# Großräumige Solarpotenzialanalyse aus Stereoluftbildern

Dr. Peter Lieckfeldt / Dipl.-Ing. Kathrin Hutton

**GTA Geoinformatik GmbH**

Lindenstraße 63

D-17033 Neubrandenburg

Tel.: 0049 (0)395 3581 142

E-Mail: [lieckfeldt@gta-geo.de](mailto:lieckfeldt@gta-geo.de)

Internet: [www.gta-geo.de](http://www.gta-geo.de), [www.tridicon.de](http://www.tridicon.de)

**GeoForum MV**  
Rostock 17.04.2012

## Photogrammetrie



## GIS / Kartografie



## 3D Lösungen



## GTA Softwareentwicklung

**tridicon® AERIAL**

Automatische Erstellung von 3D Stadtmodellen aus:

- Stereo-Luftbildern
- LiDAR Daten (Laserscanning)
- Stereo-Satellitenbildern
- Kombination möglich

**tridicon® LiDAR**

**tridicon® SATELLITE**

**tridicon® 3D Editor**

Photogrammetrischer Arbeitsplatz, Qualitätsmanagement

**tridicon® TEXTURE**

Automatische Texturierung aus Luftbildern

**tridicon® 3D Landmark**

Erstellung von 3D Landmarks aus Digitalfotos

**tridicon® CityDiscoverer**

3D Visualisierung, Analyse, Simulation

**tridicon® SOLAR**

**Automatische Solarpotenzialanalyse**

## Workflow

1. Verwendete Basisinformationen
2. Automatische Ableitung des Digitalen Oberflächenmodells (DOM) aus Luftbildern
3. Automatische Ableitung des 3D Dachflächenmodells aus Luftbildern
4. Berechnung der typischen Tagesgänge der direkten und der diffusen Solarstrahlung
5. Berechnung des jährlichen Verschattungsprofils für jedes Dachflächenelement
6. Bestimmung der zu erwartenden jährlichen Strahlungssumme für jedes Dachflächenelement
7. Übertragung der für die Flächenelemente ermittelte Werte des jährlichen Strahlungseintrags auf die Dachflächen unter Berücksichtigung von Objekt- u. Flächen-ID
8. Festlegung von Eignungsklassen
9. Darstellung der Ergebnisse

## 1. Verwendete Basisinformationen

### a) Angaben zum Energieangebot der Sonne vor Ort:

- ⇒ mittlere monatliche Tagessummen der Globalstrahlung
- ▶ Quelle: Deutscher Wetterdienst

### b) Vorgabe und katastermäßige Zuordnung der Flächen, für die die Solarpotenzialanalyse erstellt werden soll:

- ⇒ Adresse, Flurstück, ALK-Gebäude- ID, [Dach-]Flächen- ID
- ▶ Quelle: Auftraggeber, Kommune

### c) Angaben zu technischen Gegebenheiten dieser Flächen, d.h. für jede Dachfläche:

- ⇒ Flächengröße, azimutale Ausrichtung, Neigung, Verschattung
- ▶ Quelle: Auftragnehmer z.B. durch Anwendung der tridicon®-Software

## 1. Verwendete Basisinformationen

### Angaben zum solaren Energieangebot vor Ort:

langjährige mittlere Jahressummen der Globalstrahlung für Deutschland

(Summen Direkt- plus Diffusstrahlung)

⇒ für Rostock:  
1.040 kWh/m<sup>2</sup>\*a

(auf eine horizontale  
Fläche bezogen!)





## 1. Verwendete Basisinformationen

### Angaben zum solaren Energieangebot vor Ort:

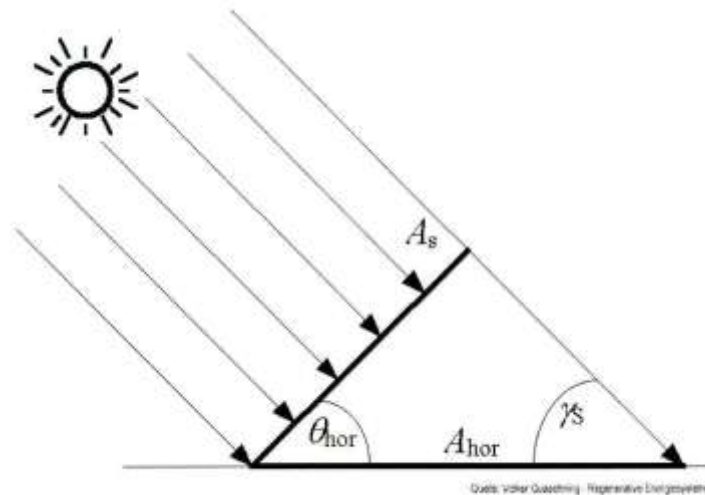


Diffusstrahlung =  
 in Atmosphäre gestreute und reflektierte Sonnenstrahlung  
 +  
 von Umgebung reflektierte Strahlung z.B. von Gebäuden, Wasserflächen  
 +  
 atmosphärische Gegenstrahlung (von Molekülen aufgrund vorheriger Absorption)

# 1. Verwendete Basisinformationen

**Angaben zu technischen Gegebenheiten der zu bewertenden Dachflächen:**

**Der Einstrahlungswinkel der Sonne auf ein Photovoltaik-Modul beeinflusst den Stromertrag**





## 1. Verwendete Basisinformationen

### Angaben zu technischen Gegebenheiten der zu bewertenden Dachflächen:

Es müssen also für alle zu bewertenden Dachflächen folgende Angaben ermittelt werden:

- **die (nutzbare) Dachfläche**
- **die azimutale Ausrichtung**
- **die Flächenneigung**
- **die Verschattung (ganz oder teilweise) im Verlauf des Jahres**

tridicon®-Software bietet leistungsfähige Lösungen zur vollautomatischen großräumigen Ableitung dieser Werte wahlweise aus Stereo-Luftbildern oder/und aus LIDAR-Daten.

**Bevorzugt wird die Ableitung aus Luftbildern.  
(> Qualitätskontrolle!)**

# 1. Basisinformationen: Warum aus Luftbildern ?

## Vorteile von Luftbildern gegenüber LIDAR:

- ▶ preiswerter herzustellen bzw. i. Allg. bereits verfügbar
- ▶ i. Allg. höhere Auflösung des Digitalen Oberflächenmodells (DOM),  
z.B. 100 Punkte/m<sup>2</sup> (LB) im Vergleich zu  $\approx 1$  bis 10 Punkte/m<sup>2</sup>(LIDAR)
- ▶ detailgetreue Wiedergabe von Flächentexturen  
insbesondere auf Dachflächen,  
die weitergehende automatische Analysen  
z.B. zu nicht nutzbaren Dachflächenanteilen  
durch „Störungen“ wie Fenster, Aufbauten,  
Schornsteinen etc. ermöglicht



Fotorealistische Dachtexturierung aus Luftbildern

## 2. + 3. Automatische Ableitung von DOM und 3D-Dachmodell aus Luftbildern



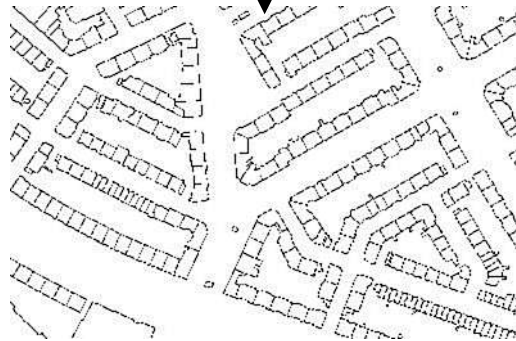
**Stereo Luftbilder**

automatisch (SGM)



**1. Ergebnis: DOM**  
(evt. auch aus LiDAR)

automatisch



**2. Ergebnis: Gebäudegrundrisse**

automatisch



**3. Ergebnis:**  
Gebäudeobjekte LOD2 mit ALK-Objekt-ID,  
DGM, Bäumen, ...

# 1. Basisinformationen: Warum aus Luftbildern ?



**DOM aus LIDAR-Daten**



**DOM aus Luftbildern**

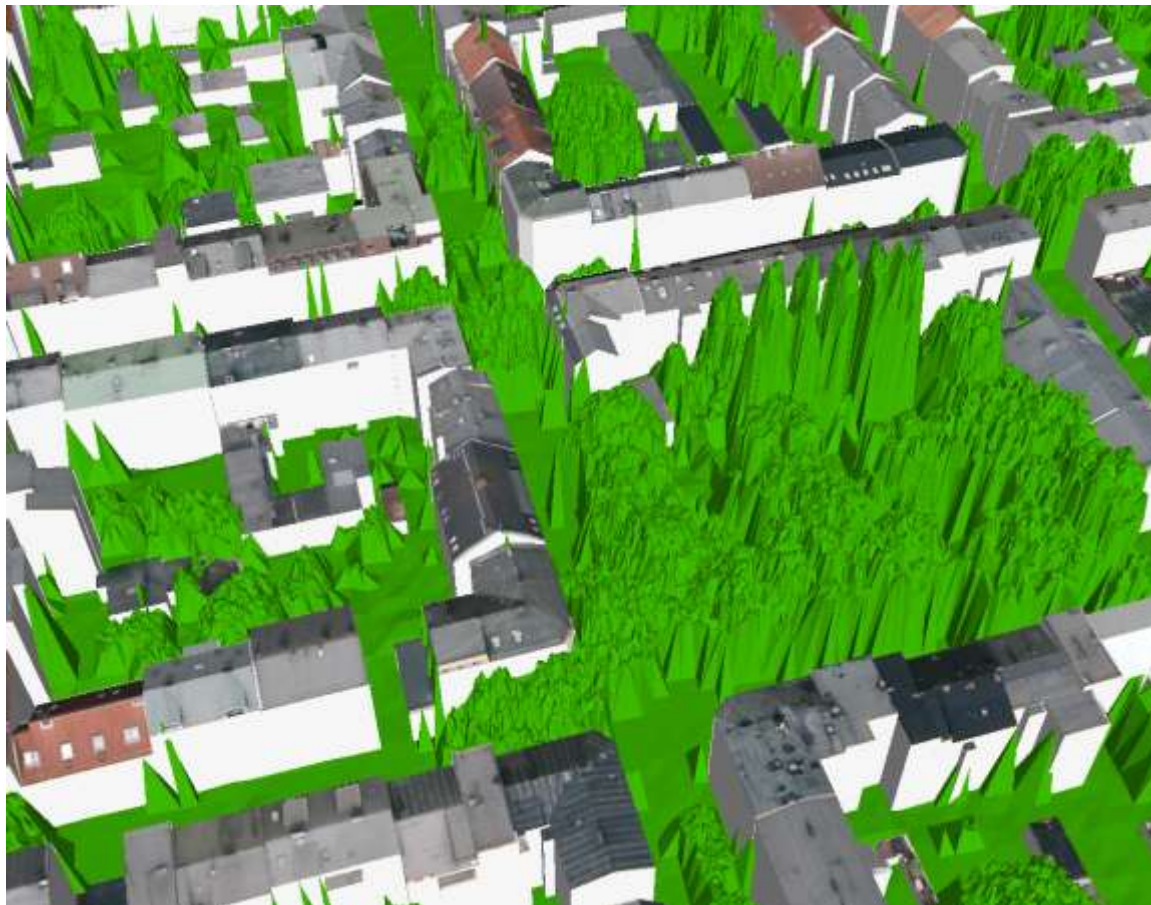


**DOM aus Luftbildern**



## 2. + 3. Automatische Ableitung von DOM und 3D-Dachmodell aus Luftbildern

Digitales Oberflächenmodell (Vegetation) & 3D Gebäudemodelle  
Die Dachflächen werden in Dachflächenelemente (Kacheln) geteilt

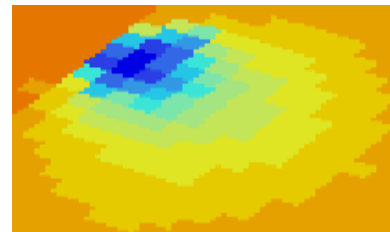
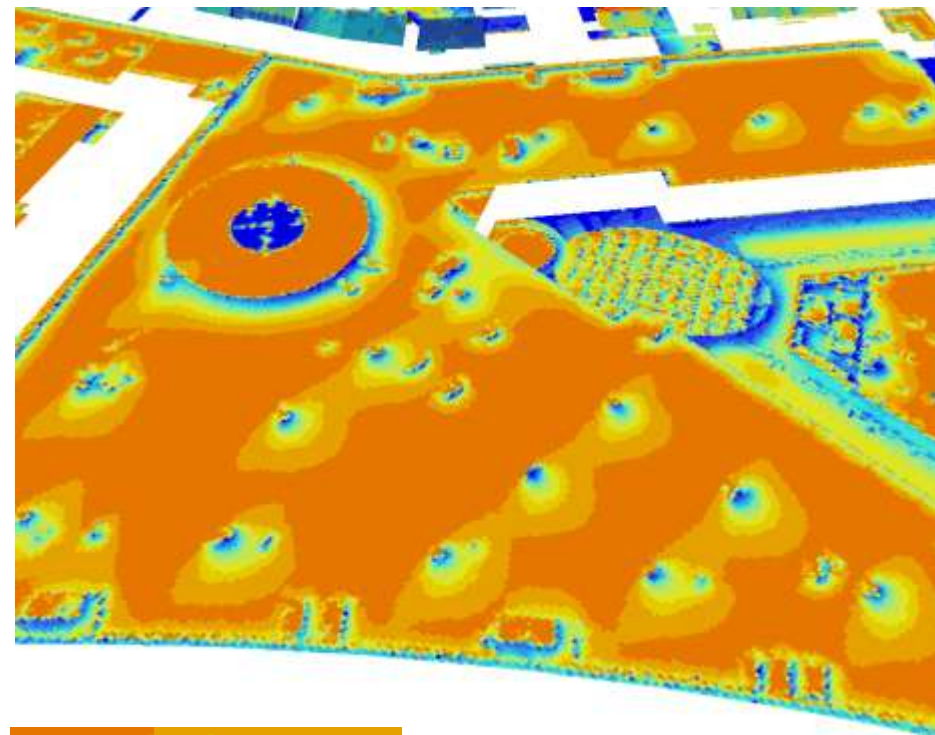
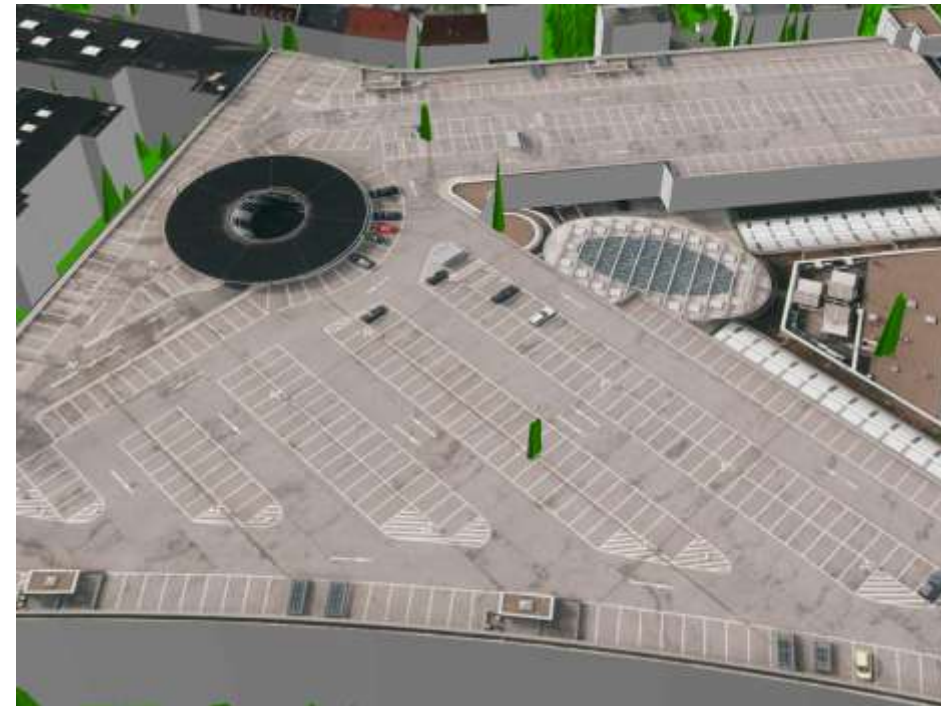


## 4. Berechnung der typischen Tagesgänge der Solarstrahlung

- Berechnung der typischen Tagesgänge der Solarstrahlung zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang
- für alle Tage des Jahres
- direkt & diffus
- maximale zeitliche Auflösung  $\Delta t_{\min} = 1 \text{ min}$
- ca.  $4.400 \times 60 \times 2 = 528.000$  Werte aus 24 Stützstellen



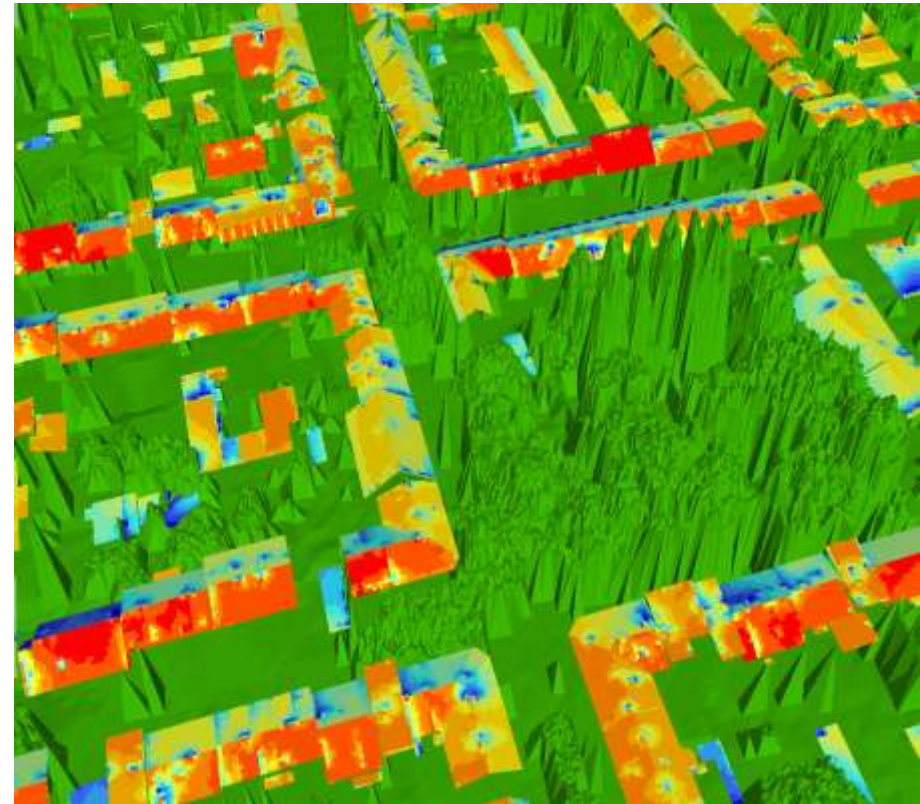
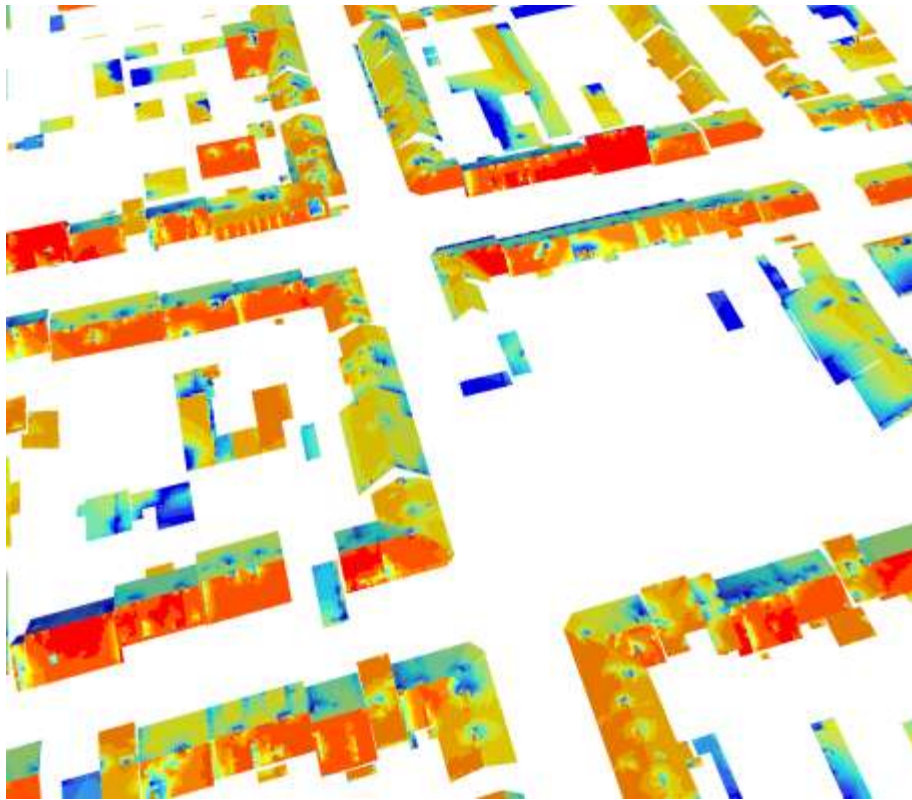
## 5. Berechnung des jährlichen Verschattungsprofils



Berechnung des jährlichen Verschattungsprofils für jedes Dachflächenelement  
(maximale zeitliche Auflösung  $\Delta t_{\min} = 1\text{min}$ )

## 6. Bestimmung der zu erwartenden jährlichen Strahlungssumme für jedes Dachflächenelement

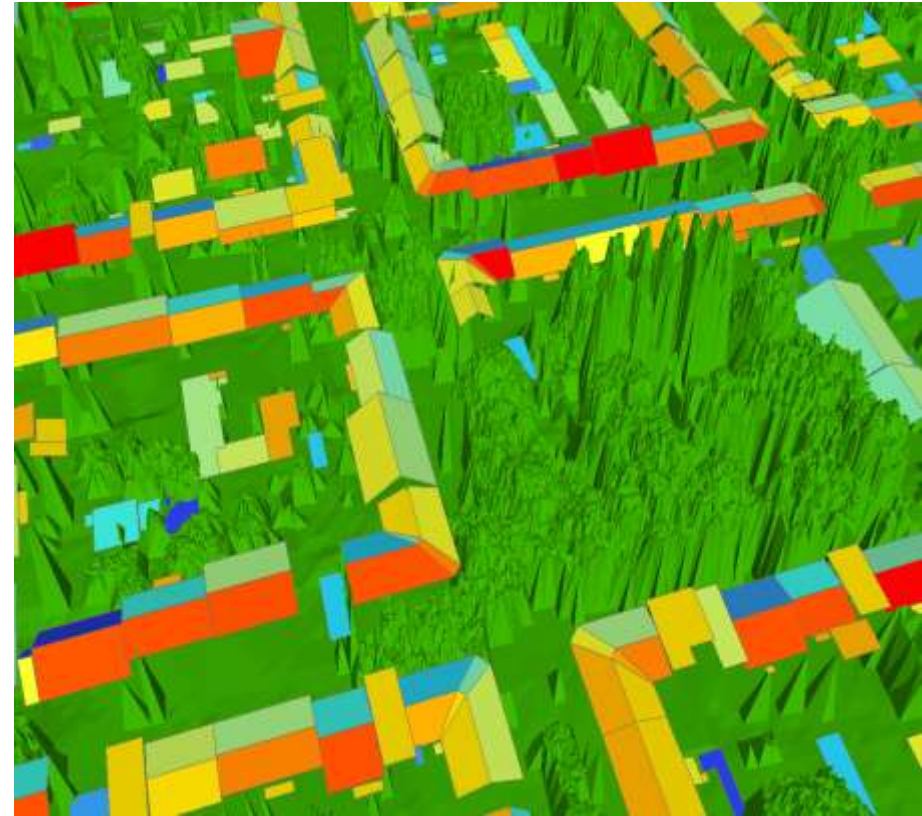
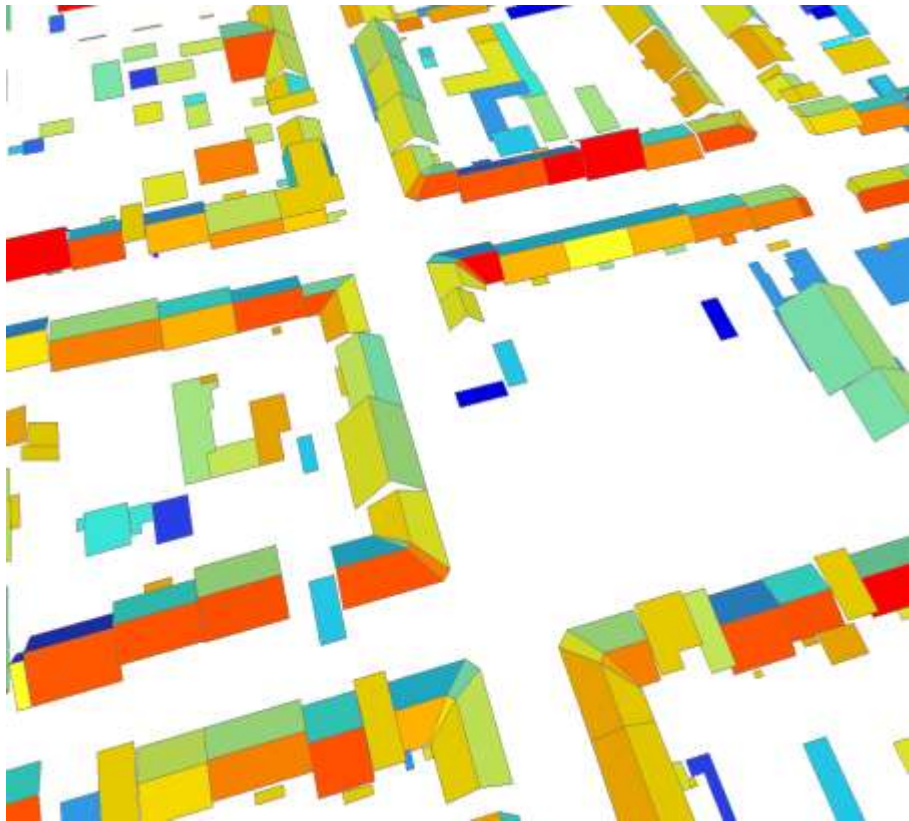
Berücksichtigung der azimuthalen Ausrichtung und Neigung sowie des individuellen Verschattungsprofils





## 7. Übertragung der ermittelten Werte

Übertragung der für die einzelnen Dachflächenelemente ermittelten Werte des jährlichen Strahlungseintrags auf die Dachflächen des 3D Dachmodells unter Berücksichtigung von Objekt-ID und Flächen-ID



## 8. Festlegung der Eignungsklassen

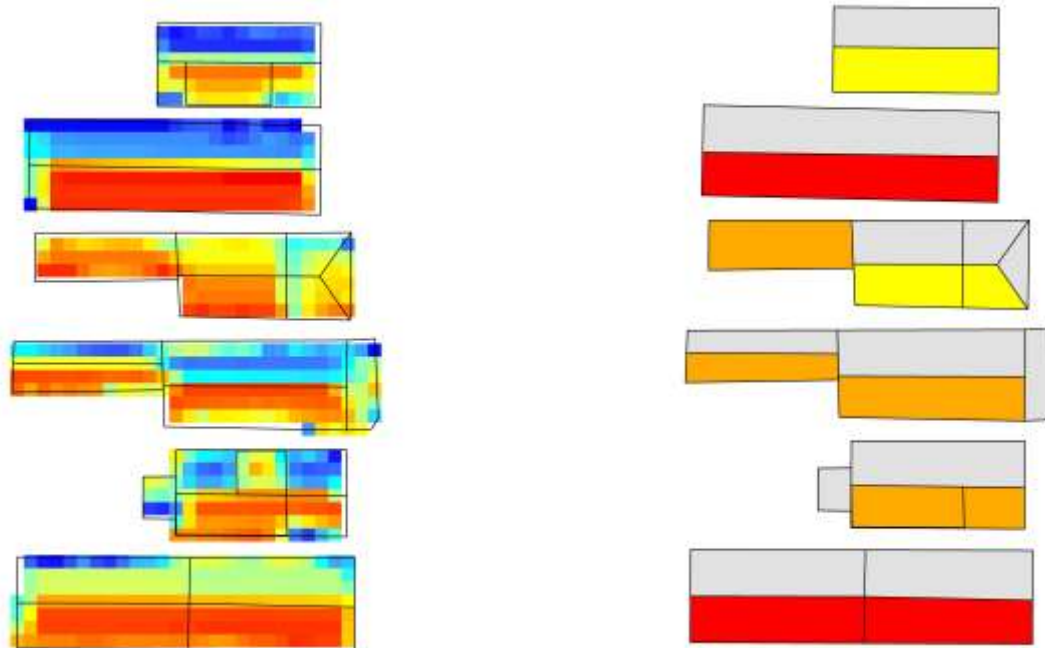
- Die Zuordnung der Eignungsklasse zu einer Dachfläche ist eine grobe Klassifizierung nach der jährlichen solaren Energieeinstrahlung, die unter Berücksichtigung der azimuthalen Ausrichtung, der Neigung und der Verschattung pro m<sup>2</sup> dieser Fläche auf der Basis der langjährigen Statistik erwartet werden kann.
- Die in der Praxis verwendeten Grenzwerte zur Festlegung der Eignungsklassen haben sich unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Relation herausgebildet. Sie werden regional definiert, und zwar getrennt für PV- und ST-Planungen.
- Flächen unterhalb einer Mindestgröße können als „ungeeignet“ klassifiziert werden.

### Eignungsklassen Photovoltaik z.B.:

mittlere jährliche Strahlungssumme	Eignungsklasse
> 1.100 kWh/m <sup>2</sup>	sehr gut
> 1.000 kWh/m <sup>2</sup>	gut
> 900 kWh/m <sup>2</sup>	geeignet

## 9. Darstellung der Ergebnisse

**Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Tabellenform sowie als Grafik.**

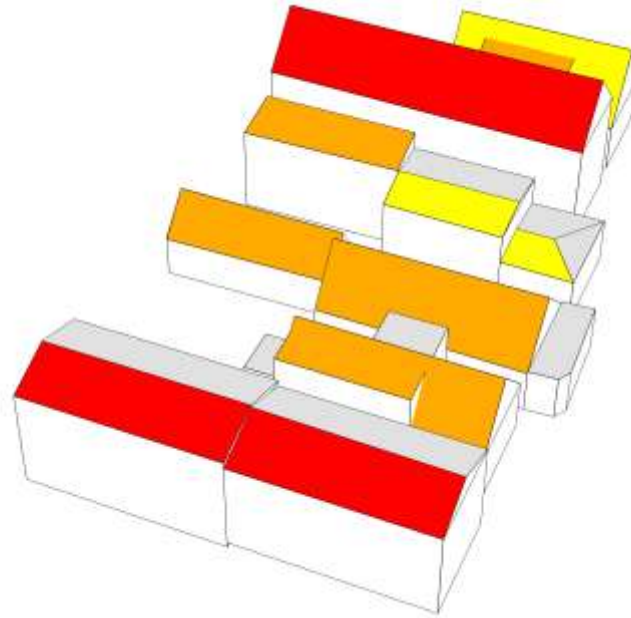


2D Ansicht:

Solarpotenzialkataster: Ergebnisse für die Dachflächenelemente werden auf die katastermäßig erfassten Dachflächen projiziert und nach Eignungsklassen eingefärbt

Ergebnis: anschaulich, leicht verständlich, einfach zu handhaben

## 9. Darstellung der Ergebnisse



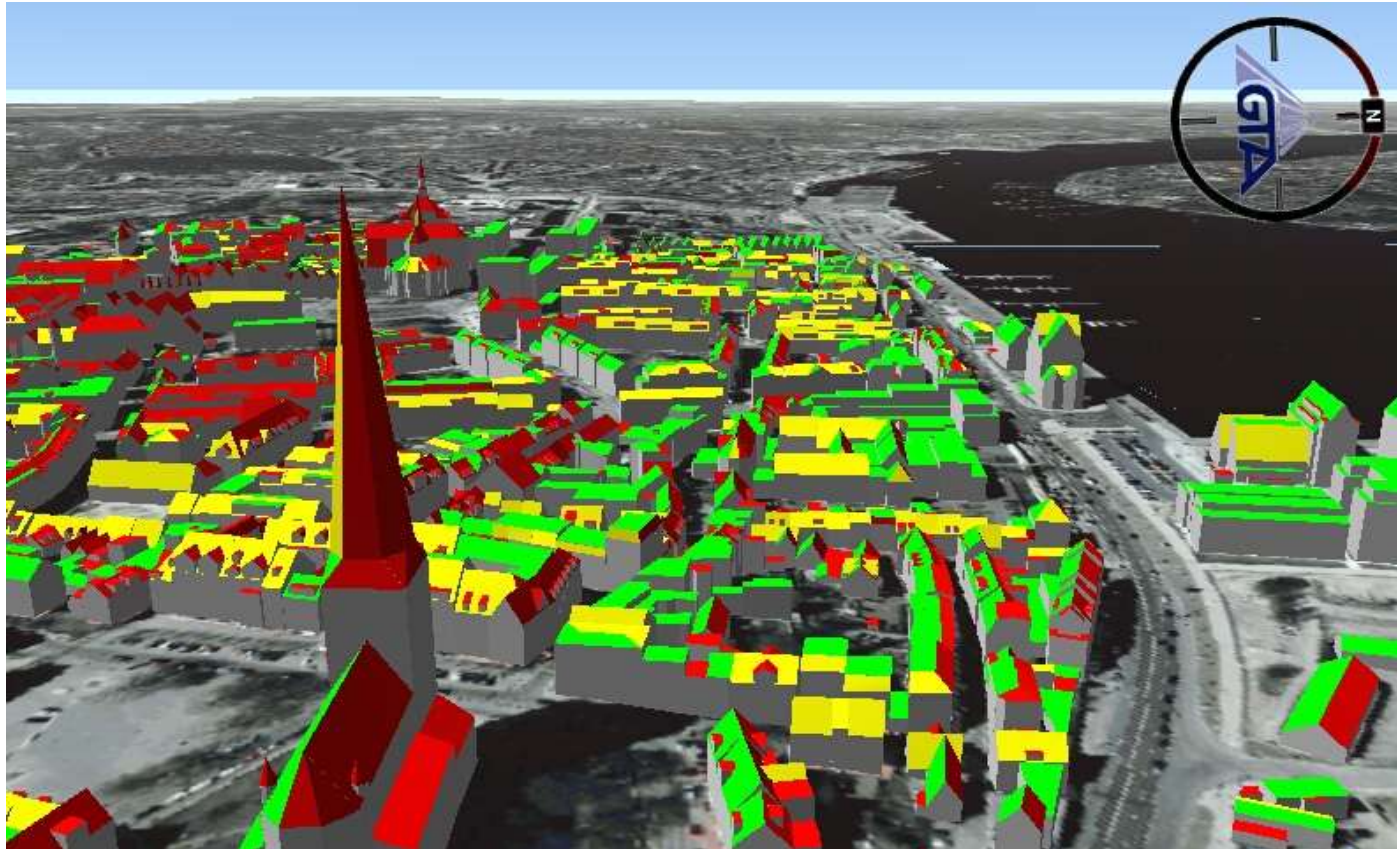
3D Ansicht:

Solarpotenzialkataster: den 3D Dachflächen sind Eignungsklassen zugeordnet und entsprechend eingefärbt

Ergebnis: anschaulich, leicht verständlich, realitätsnah (bürgernah)

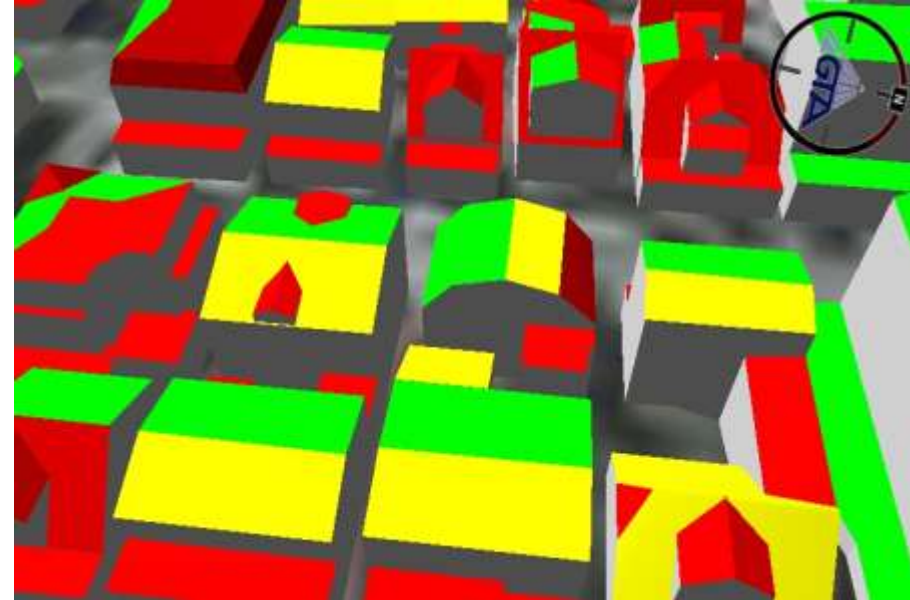


## 9. Darstellung der Ergebnisse



3D Ansicht Solarpotenzialkataster:  
Den 3D Dachflächen sind die Eignungsklassen für Photovoltaik-Nutzung zugeordnet (Einfärbung nach dem Ampelprinzip).

## 9. Darstellung der Ergebnisse



3D Ansicht Solarpotenzialanalyse:  
Den 3D Dachflächen sind die Eignungsklassen für Photovoltaik-Nutzung zugeordnet. (Einfärbung nach dem Ampelprinzip)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**



## Anhang

- **Quellenverzeichnis**
- **Das Energieangebot der Sonne**

## Verwendete Quellen

Mario Adam, FHS Düsseldorf, Vorlesung Erneuerbare Energien und energieeffiziente Technologien, Kapitel: Solarenergie – Angebot

J. Blumenberg, M. Spinnler, Solarthermie & Photovoltaik, 3.1-15, Solares Forschungsfeld, TU München

Hermann Unger, Martin Skiba, Solare Strahlung auf geneigte Flächen, Sonnenenergie 1/98, S. 48- 49

[http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Sonne\\_Strahlungsintensitaet.svg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Sonne_Strahlungsintensitaet.svg)

[www.lti.uni-karlsruhe.de/.../Solarenergie\\_20081024\\_Sonne.pdf](http://www.lti.uni-karlsruhe.de/.../Solarenergie_20081024_Sonne.pdf)

## Das Energieangebot der Sonne

- Flusssdichte der solaren Strahlung im Bereich der Erdbahn: ca.  $1.366 \text{ W/m}^2$ .
- Bis zum Erdboden gelangen in unseren Breiten im Jahresmittel ca.  $139 \text{ W/m}^2$   
=> ca. 10%
- Das macht pro Jahr (= 8.766 h) ca.  $1.220 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ,  $\approx$  Energiegehalt 110 l Heizöl
- Dieses solare Energieangebot ist verteilt auf ca. 4.400 Stunden p.a. in denen die Sonne über dem Horizont steht, davon sind in Mitteleuropa ca. 1.400 bis 1.900 Sonnenstunden (=> ca.30-40%)