



Solarkataster Rii-Seez Power

Dokumentation

Institut für Energiesysteme

Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB
Werdenbergstrasse 4
CH-9471 Buchs / SG

1 Zahlen Solarkataster

1	Verbund von Energieversorger: Rii-Seez Power
1	Solarkataster
14	Gemeinden
15	Elektrizitätsversorger
460	Mio. kWh Elektr. Energie können über PV-Anlagen auf Dächern jährlich produziert werden.
500	MW Leistungspotential für PV-Anlagen
650	km ² Solarkatastergebiet
22'600	Gebäude haben eine geeignete Dachfläche (über 50 %)
39'405	Gebäude im Solarkatastergebiet
76'408	Einwohner im Solarkatastergebiet
3.5	Mio. m ² potentielle Modulfläche
3.5	Milliarden Datenpunkte

Die mögliche PV-Produktion der geeigneten Dachflächen entspricht 6'000 kWh pro Einwohner und Jahr. Der durchschnittliche Verbrauch an elektrischer Energie pro Kopf in der Schweiz beträgt 7'413 kWh im Jahr 2012. Der durchschnittliche Verbrauch für Haushalte an elektrischer Energie beträgt 2'300 kWh pro Einwohner und Jahr.

Rii-Seez Power verfügt über Eigenproduktionsmöglichkeiten der einzelnen Werke, meist durch Wasserkraft. Zur Versorgung des gesamten Rii-Seez Power Gebiet ist der zusätzliche Einkauf von 380 Mio. kWh Energie notwendig. Mit dem Potential der Dachflächen (460 Mio. kWh) und der bestehenden Produktionsmöglichkeiten kann mehr elektrische Energie übers Jahr produziert werden, als für die Region benötigt wird.

Inhalt

1	Zahlen Solarkataster	2
2	Funktionalität Solarkataster	4
	Flachdach	4
	Performance Ratio	4
	Darstellung	5
	Attribute zum Gebäude	5
	Attribute zu Einzelflächen	6
	Parameter im Solarkataster	6
3	Gebiet des Solarkataster	7
4	Aufbau Solarkataster	8
5	Datenbasis	9
	Amtliche Vermessung:	9
	Datenbasis DOM ROH:	9
	Aktualität DOM ROH Daten	10
6	Globalstrahlung	10
7	Strahlentransfermodell	11
8	Aufbau Software	11

2 Funktionalität Solarkataster

Der Solarkataster zeigt das solare Energiepotential von Dachflächen. Der massgebliche Wert zur Einteilung der Eignungsklasse ist die prognostizierte elektrische Jahresenergie pro installierte Photovoltaik-Leistung und wird auch als Yield oder spezifischer Ertrag bezeichnet [kWh/kW].

Die Eignung von Dachflächen wird farblich dargestellt und ist eingeteilt in:

GELB: **sehr gut** geeignet für Photovoltaik (über 920 kWh/kW)

ORANGE: **gut** geeignet für Photovoltaik (820 bis 920 kWh/kW)

ROT: **mässig** gut geeignet für Photovoltaik (720 bis 820 kWh/kW)

Keine Markierung: Dachflächen, welche sich schlecht oder nicht eignen werden nicht dargestellt.

Die Nennleistung einer PV-Anlage wird in „kWpeak“ oder „kW“ angegeben und gilt bei Standard Test Conditions (STC). Die Standard Test Conditions sind durch drei Parameter definiert:

1. Strahlungsleistung von 1000 W/m² welches der Intensität zur Mittagszeit entspricht.
2. Modultemperatur 25°C. Fürs Labor realistisch, in der Anwendung liegt die Temperatur im Sommer und über Mittag deutlich höher (50 °C bis 70 °C).
3. AM1.5 Spektrum, standardisiertes Solar Spektrum für unsere Breiten.

Flachdach

Dachflächen welche mit einer Neigung <7 ° erkannt werden, sind als Flachdächer gekennzeichnet. Als Eignungsklasse werden sie mit „Flachdach sehr gut geeignet“ klassifiziert. Sehr gut, da die Module in beliebiger Richtung und Neigung ausgerichtet werden können. Im Solarkataster werden die Flachdächer mit 10 ° Neigung und Ausrichtung Süden (Azimut = 0°) dargestellt. Die Flächenausnutzung wird mit 70% angenommen, d.h. von der verfügbaren Flachdachfläche können 70% als Modulfläche genützt werden, da durch die Aufständigung ein Reihenabstand vorgesehen werden muss, um gegenseitige Abschattung zu vermeiden.

Performance Ratio

Für die Ermittlung des elektrischen Jahresertrags einer PV-Anlage wird von einer Performance Ratio (PR) ausgegangen. Werte liegen zwischen 75% (real) und 85% (sehr gute Anlagen). Die PR beinhaltet die Verluste im realen Jahresbetrieb einer Anlage, welche von den STC abweicht. Dies sind Temperatur-, Reflexions-, Schwachlichtverluste, sowie Verluste des Systems (DC-Leitung, Wechselrichter). Die Verluste variieren mit der Ausrichtung (siehe Kapitel 7). Im Solarkataster wird die PR für jede beliebig ausgerichtete Fläche berücksichtigt. Für optimal ausgerichtete Flächen (Ausrichtung Süden und Neigung 32°) liegt die PR bei 78%.

Darstellung

Die Darstellung erfolgt in einem Browser. Das Potential kann über zwei selektierbare Ebenen visualisiert werden.

Gebäude



Gebäudeweise konsolidierte Einzelflächen. Ein Gebäude ist über die Assekuranz definiert.

Einzelflächen



Einzelflächen stellt Flächen mit gleicher Eignungsklasse (Spez. Ertrag) dar.

Attribute zum Gebäude

Attribut	Beschreibung
Eignung	Farbliche Kennzeichnung der Darstellung über Attributwert EIGNUNG. Die Eignung definiert sich aus dem SPEZERTRAG des Gebäudes: GELB schraffiert: mehrheitlich Flachdach: sehr gut (wenn Summe Flachdachfläche zu Gebäudegrundfläche > 80%) GELB: Sehr gut (> 920 kWh/kW) ORANGE: gut geeignet (820 – 919 kWh/kW) ROT: mässig geeignet (720 – 819 kWh/kW) GRAU: ungeeignet (< 720 kWh/kW)
Spezifischer Ertrag [kW/kW/a]	Flächengewichteter Durchschnitt des Spez. Ertrag (SPEZERTR) von Einzelflächen.
Leistung [kW]	Fläche mit Wirkungsgrad (16%) multipliziert. Angabe in kW.
Jahresertrag [kWh]	Jahresertrag in kWh/a.
Fläche [m²]	Summe der geeigneten Teildachflächen. Wert in Quadratmeter unter Berücksichtigung der Neigung.
Anlagekosten [CHF]	Anlagenkosten für die PV-Anlage. Die spezifischen Kosten sind über die BFE-Preisumfrage bestimmt. Für Kleinanlagen können die Kosten höher liegen, für Grossanlagen können sie tiefer liegen, als dargestellt. Es sind folgende drei Werte definiert in Abhängigkeit der Anlagengrösse pro Gebäude (Assekuranz): <ul style="list-style-type: none"> ▪ <10 kW: 4'000 CHF/kW ▪ 10-30 kW: 3'000 CHF/kW ▪ >30 kW: 2'500 CHF/kW

Attribute zu Einzelflächen

DB Name	Attribut	Beschreibung
EIGNUNG	Eignung	<p>GELB (sehr gut): über 920 kWh/kW; ORANGE (gut): 820 - 919 kWh/kW; ROT (mässig): 720 - 819 kWh/kW, GELB schraffiert (sehr gut): Flachdach wird mit Ausrichtung Süden (0°) und Aufständerung mit Modulneigung 10° ausgewiesen. Flächenausnutzung liegt bei 70%.</p> <p>Flächen kleiner 719 kWh/kW werden nicht dargestellt.</p> <p>Wird eine Gebäudehöhe von < 2.5 m erkannt, wird angenommen das die ermittelte Dachform nicht aktuell ist. Die Eignung wird mit „keine aktuellen Daten!“ bezeichnet. Der Grund liegt im zeitlichen Versatz zwischen DOM Daten und der amtlichen Vermessung.</p>
SPEZERTR	Spezifischer Ertrag [kW/kW/a]	Elektrische Energie pro Jahr bei pro kW, angegeben in kWh/kW pro Jahr. Bei Flachdach korrigiert um Aufständerung (10° Neigung, Richtung Süden).
LEISTUNG	Leistung [kW]	Photovoltaikleistung der dargestellten Fläche. Die Berechnung erfolgt ausgehend von der Modulfläche unter Annahme von 16% Modulwirkungsgrad. Angabe in kW.
ERTRAG	Jahresertrag [kWh]	Elektrischer Jahresertrag in kWh für die dargestellte Fläche.
NEIGUNG	Neigung [°]	Neigung der dargestellten Teildachfläche in Grad.
MFLAECHE	Fläche [m ²]	Zeigt die Grösse der dargestellten Teildachfläche in Quadratmeter unter Berücksichtigung der Neigung an.

Parameter im Solarkataster

Parameter	Wert	Beschreibung
Koordinaten	CH1903 LV03	Koordinatensystem der Daten
upperValue	920	Schwellwert zwischen „sehr gut“ und „gut“
middleValue	820	Schwellwert zwischen „gut“ und „geeignet“
lowerValue	720	Schwellwert für „geeignet“ und nicht dargestellt
flachdachneigung	7	Schwellwert für Neigung der Dachfläche zur Erkennung Flachdach (in Grad).
modulwirkungsgrad	0.16	Modulwirkungsgrad zur Bestimmung der PV-Leistung

3 Gebiet des Solarkataster

Das Gebiet des Solarkatasters orientiert sich am Gemeindegebiet. Es ist das Gemeindegebiet folgender Elektrizitätswerke erfasst:

Elektrizitätsversorger	Gemeinde	Bewohner *)	Gemeindegebiet
Techn. Betriebe der Stadt Altstätten	Altstätten	10'985	39.11 km ²
Elektr.- und Wasserwerk der Gem. Buchs	Buchs	11'418	15.95 km ²
Innobas AG			
EVU Flums AG	Flums	4'862	75.03 km ²
Martin Zeller AG			
Elektra Gams	Gams	3'135	22.28 km ²
Elektrizitätswerk Grabs	Grabs	6'871	54.64 km ²
Gemeinde Marbach	Marbach	2'057	4.42 km ²
Elektr.- und Wasserwerk Mels	Mels	8'481	139.16 km ²
Elektrizitätswerk der Ortsgemeinde Murg	Quarten	2'723	61.9 km ²
Gemeinde Rebstein	Rebstein	4'337	4.26 km ²
Elektrizitätswerk Sennwald	Sennwald	4'922	41.53 km ²
Elektrizitäts- und Wasserwerk Sevelen	Sevelen	4'661	30.34 km ²
Elektrizitätswerk Vilters-Wangs	Vilters-Wangs	4'434	32.7 km ²
Wasser- und Elektrizitätswerk Walenstadt	Walenstadt	5'428	45.81 km ²

*) Stand Bewohner 2011

Der Solarkataster berücksichtigt Gebäude innerhalb dem Gemeindegebiet inklusiv einer 100 m Zone über die Gemeindegrenzen hinaus.

4 Aufbau Solarkataster

Grün dargestellt die Höhenmesspunkte der DOM-Daten mit Abstand zwischen 0.3 m und 3.0 m. Diese Daten beinhalten das Digitale Oberflächenmodell (DOM) inklusiv Bodenbedeckung (Gebäude, Bäume, ...). Aus diesen Messpunkten wird durch Rasterung die Oberfläche als Teilflächen berechnet. Rote Linien stellen die Gebäudegrundrisse aus der amtlichen Vermessung dar.

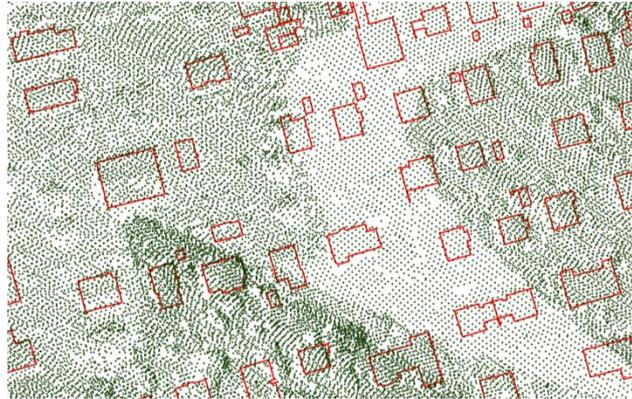


Abbildung 1

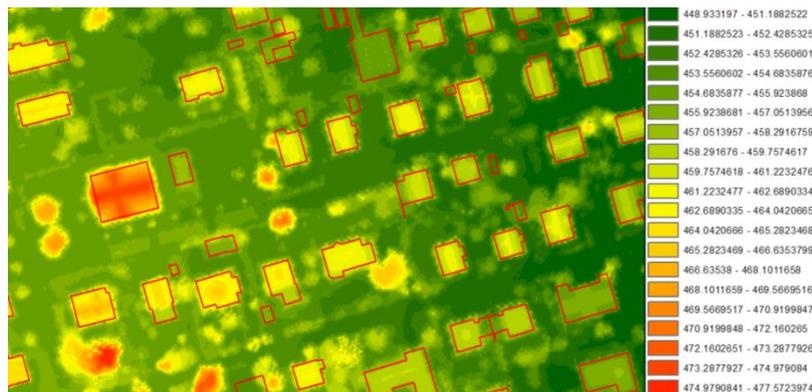


Abbildung 2

Abbildung 2 zeigt die gerasterte Oberfläche. Abbildung 3 die 3D-Darstellung. Dunkelgrün entspricht Flächen mit niedriger Höhe (m.ü.M), rote Flächen zeigen Flächen mit grosser Höhe (m.ü.M).

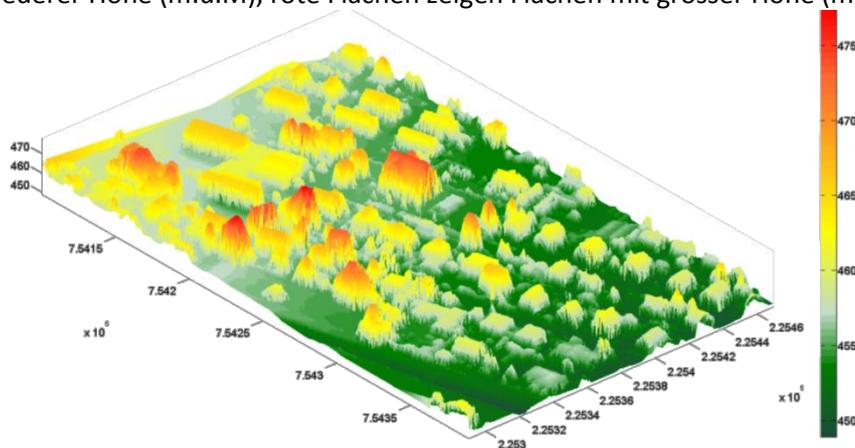


Abbildung 3

Über den Gebäudegrundriss aus der amtlichen Vermessung, kann die Position des Dachs bestimmt werden. Die Ermittlung der Dachgeometrie erfolgt aus den DOM-Daten.

Über die Neigung und die Ausrichtung der Flächen kann das Solarpotential berechnet werden. Durch die gerechnete Oberfläche können auch die gegenseitigen Verschattungen berechnet werden. Dadurch können umliegende Objekte (Gebäude, Bäume,...) berücksichtigt werden.

Die im Solarkataster gerechneten Daten entsprechen der farblich dargestellten Fläche. Sie bezieht sich nicht auf die, im Foto links (Abbildung 4) erkennbare Dachfläche. Aufgrund hochwachsender Bäume (grüne durchgezogene Linie) wird eine Dachfläche in zwei Bereiche geteilt, welche unterschiedliche Erträge liefern. In Abbildung 4, Darstellung links, liefert die rechte Teildachfläche einen geringeren Ertrag (orange Darstellung), als die grössere linke Teildachfläche (gelb).

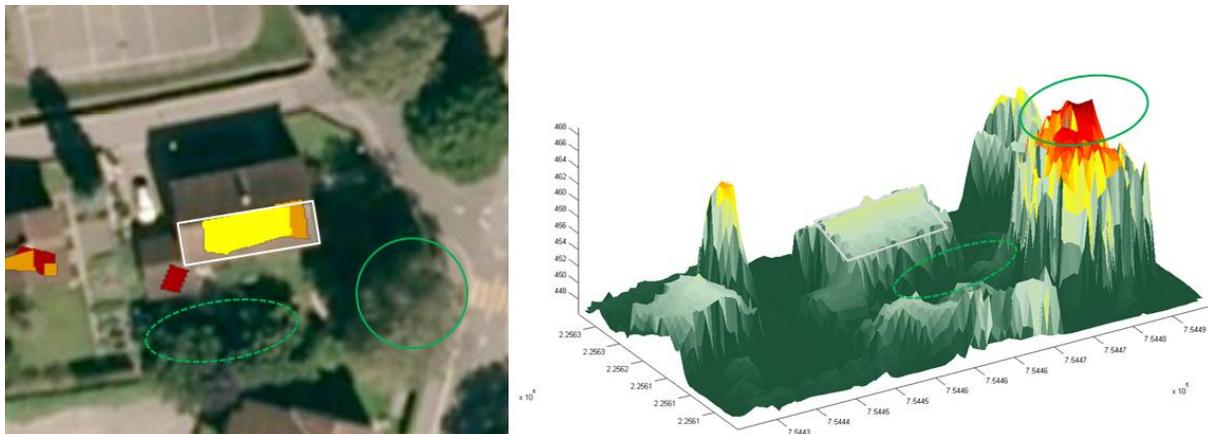


Abbildung 4

Die grün punktierte Linie markiert kleine Bäume oder Büsche vor dem Gebäude, welche zu keiner Verschattung auf dem Dach führen.

5 Datenbasis

Amtliche Vermessung:

Die Detektion der Dachflächen erfolgt über die Daten aus der amtlichen Vermessung.

Aktualität: April 2013

Koordinaten: CH1903 LV03

Datenbasis DOM ROH:

Zur Berechnung der Abschattung, Neigung und Ausrichtung wird ein digitales Oberflächenmodell verwendet. Die aktuellsten verfügbaren Daten für die Region stammen von LIDAR-Flugaufnahmen aus dem Jahr 2003 durch swisstopo.

Aktualität: Januar und Mai 2002

Auflösung: ca. 1 Punkt pro 2 m²

Koordinaten: CH1903 LV03

Die durchschnittliche Auflösung von 1 Datenpunkt pro 2 m² variiert in einem Abstand zwischen 0.3m und 3 m. Bei hochreflektierenden Oberflächen können z.T. nur wenige Messungen über LIDAR durchgeführt werden, weshalb es für Wasseroberflächen wenige DOM-Messpunkte gibt.

In 3-5 % der Dachflächen liegt eine Verringerung der Anzahl Messpunkte vor, aufgrund von Reflexionen. In diesen Fällen stehen zu wenige Messpunkte zur Verfügung, um eine korrekte Dachgeometrie zu erkennen. In der 3D-Darstellung in Abbildung 5 ist ersichtlich dass der linke Teil (roter Ring) als Dach erkannt wird, während für den rechten Teil zu wenige Messpunkte vorhanden sind.



Abbildung 5

Aktualität DOM ROH Daten

Da die DOM Daten nicht zum selben Zeitpunkt aufgenommen wurde wie die amtliche Vermessung, kann nicht in jedem Fall die richtige Dachform ermittelt werden. Wurde in den letzten 10 Jahren auf einer Ebene ein Haus errichtet, so ist dies in der amtlichen Vermessung erfasst. Bei der Ermittlung der Dachform wird jedoch ein Flachdach erkannt, da die DOM-Daten dem Stand, vor dem Bau entsprechen (DOM stellt die Ebene dar).

Im Solarkataster wird die Dachhöhe berechnet. Ebenfalls wird in einem Abstand von 4.5 m, um das Gebäude die Höhe ermittelt. Die Differenz ergibt die Gebäudehöhe. Liegt dieser Wert unter 2.5 m so wird angenommen, dass die Daten für dieses Objekt nicht aktuell sind. Dies wird in der Eignung angegeben und trifft für 8.5 % der Gebäude zu.

6 Globalstrahlung

Für die Ermittlung des Potentials bei einem Solarkataster ist die am Ort vorherrschende Strahlung von Bedeutung. Ausgangspunkt bildet die Jahresglobalstrahlung. Unter Globalstrahlung wird die Strahlung von der unverschatteten Himmelshalbkugel auf die Horizontale verstanden.

Für die Bestimmung der Jahresglobalstrahlung werden die genauesten verfügbaren Messdaten verwendet. Für die Region Rii-Seez sind es Messdaten des Satelliten Meteosat Second Generation (MSG).



Abbildung 6 Meteosat Second Generation

7 Strahlentransfermodell

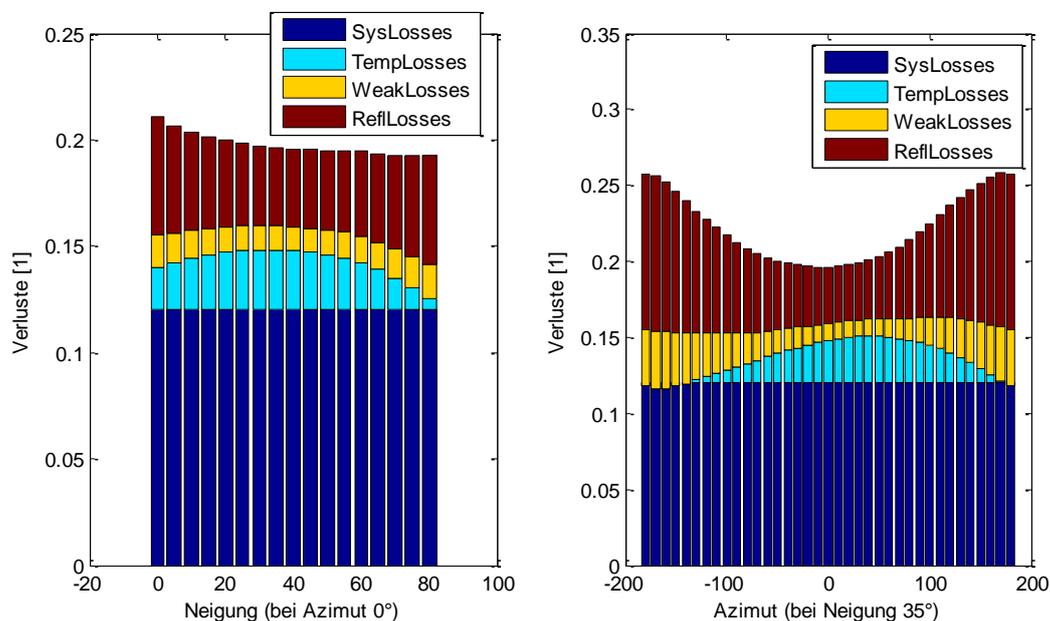
Neben der Genauigkeit der Globalstrahlung ist das Strahlentransfermodell das zentrale Berechnungsmodell in einem Solarkataster.

Mit dem Strahlentransfermodell wird der Globalstrahlenwert, welcher für die Horizontale definiert ist, umgerechnet auf die geneigte Fläche. D.h. die örtliche Globalstrahlung von MSG (definiert für die horizontale Fläche) wird auf die geneigte Dachfläche umgerechnet.

Der, im Solarkataster verwendete Algorithmus „SKcalc“, zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

1. Hohe Recheneffizienz. Notwendig für schnelle Berechnung des Strahlenpotentials für grosse Region (> 500 km²).
2. Berücksichtigt Reflexionsverluste bei PV-Modulen.
3. Berücksichtigung der Verluste durch Temperatur.
4. Berücksichtigung des Schwachlichtverhaltens.
5. Berücksichtigung der gegenseitiger Abschattung durch Objekte (Gebäude, Bäume,...)

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist die Zusammensetzung der Verluste dargestellt. Im linken Diagramm wird der Einfluss der Modulneigung gezeigt bei Ausrichtung 0° Süden. Im rechten Diagramm wird die Ausrichtung variiert (Süden = 0°, Norden = 180°, Westen = 90°, Osten = -90°), bei konstanter Modulneigung 35°. Dabei nehmen die Verluste von Schwachlicht (gelb = Weak Losses) und Reflexionsverluste (rot = Refl Losses), bei Ausrichtung Norden, zu.



8 Aufbau Software

Der „SKcalc“ Algorithmus wurde in MATLAB entwickelt und getestet. Für die Berechnung des Solarkatasters wird ein Geoinformationssystem verwendet. Hierzu wird das Tool ArcGIS von ESRI Inc. (Environmental Systems Research Institute) mit Sitz in Kalifornien/USA eingesetzt.

Das SW-Tool wird über ein Skript gesteuert. Somit ist sichergestellt, dass bei beliebig oft durchgeführten Berechnungen mit gleichen Daten und Parametern, immer dieselben Ergebnisse erreicht werden.

Für die Berechnung des Solarkatasters über ein so grosses Gebiet wie im Falle von Rii-Seez-Power, ist ein leistungsfähiger PC aufgrund der zu langen Rechenzeit nicht einsetzbar.

Aus diesem Grund war ein Wechsel auf eine leistungsfähige Infrastruktur notwendig. Für die Berechnung wurde der HPC-Cluster des Instituts für Computational Engineering (ICE) eingesetzt.



Abbildung 7

Die SW-Struktur für die Berechnung des Solarkatasters wurde um die Funktionalität des Multithreading erweitert, d.h. die SW unterstützt die Berechnung auf Multikern Architekturen, wodurch die Entwicklung des Solarkatasters für eine so grosse Region erst möglich wurde.