

Kerstin Baumnanns (2008): Entwicklung und Anwendung von Bewertungskriterien zur Abschätzung des Solarpotentials auf urbanen Dachflächen unter Berücksichtigung des interoperablen Datenaustauschformates CityGML und des CEC-Strahlungsmodells.



Bachelorarbeit im Fach Geoökologie
Betreuer: Prof. Dr. M.-O. Löwner

Zusammenfassung und Diskussion

Die Berechnung der Strahlung und des Solarpotentials sowohl für allgemein geneigte, beliebig ausgerichtete Flächen, als auch für die Dachflächen von Ettenheim lassen auf ein großes Potential urbaner Dachflächen zur Gewinnung von Solarenergie in Deutschland schließen.

Die Anwendung der Bewertungskriterien Ausrichtung, Neigung und Flächengröße wurde durchgeführt. Weitere, die Eignung der Dachflächen bestimmenden Entscheidungen wurden für den Datensatz nicht ausgeführt. Die vollständige Umsetzung der Entscheidungsbäume bleibt Aufgabe für weiterführende Arbeiten.

Die Umsetzung des CEC-Strahlungsmodells ist vollständig und liefert Solarstrahlungswerte, die von den Daten im Strahlungs-Atlas maximal in der zweiten Nachkommastelle abweichen. Die Schwankung der Solarkonstanten von 0,13% innerhalb des 11 jährigen Sonnenfleckenzyklus und die Schwankungen der Solarkonstanten in längeren Perioden wurden in dem CEC-Strahlungsmodell nicht berücksichtigt. Sollen die Schwankungen berücksichtigt werden, muss gegebenenfalls bei der Anwendung des Strahlungsmodells die Solarkonstante auf den aktuellen Wert korrigiert werden.

Die Veränderung der Atmosphärenzusammensetzung im Zusammenhang mit dem Klimawandel bewirkt alleine durch anthropogene Ursachen einen positiven Strahlungsantrieb von $1,6 \text{ W m}^{-2}$. Zu den anthropogenen Ursachen gehören die den Strahlungsantrieb positiv verändernden Ursachen wie verstärkte Treibhausgasemissionen, aber auch die den Strahlungsantrieb negativ beeinflussenden Ursachen wie beispielsweise erhöhte Aerosolgehalte in der Atmosphäre (IPCC, 2007). Der positive Strahlungsantrieb müsste zu der Solarkonstanten von 1367 W m^{-2} addiert werden, um die Veränderungen des Strahlungshaushaltes durch den Klimawandel zu berücksichtigen.

Durch das Einbeziehen standortabhängiger Werte (Angstrom-Koeffizienten, Sonnenscheindauer), die durch langjährig gemittelte Messungen ermittelt werden, liefert das CEC-Strahlungsmodell für den Standort spezifische, langjährig mittlere Strahlungswerte. Somit können mit dem Programm für jede Dachfläche die Tageswerte der monatlichen mittleren Globalstrahlung, Diffusstrahlung und Direktstrahlung berechnet werden, wobei vorrangig die Solarstrahlungsleistung als Jahressumme der Globalstrahlung berechnet und verwendet wird.

Bei optimaler Orientierung (südlich und 30° Neigung) kann in Ettenheim eine maximale Solarstrahlungsleistung von $1340 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ und in Braunschweig von $1125 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ erzielt werden. In Ettenheim erzielen südlich ausgerichtet, bis 90° geneigte Dachflächen eine Solarstrahlungsleistung von mindestens $950 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$, in Braunschweig sind es mindestens $800 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$. Bei einer Abweichung von Süden von bis zu 90° können in Ettenheim bei jeder Neigung gute Solarstrahlungsleistungen erwartete werden (1200 bis $850 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$). In Braunschweig kann bei 90° Abweichung von Süden je nach Neigung eine Solarstrahlungsleistung zwischen 750 und $1000 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ erzielt werden. Alle diese Werte liegen unter der angenommen

Mindestsolarstrahlungsleistung, die für Photovoltaik-Anlagen auf $675 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ und für Solarthermie-Anlagen auf $585 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ festgelegt wurde.

Für die Berechnung des Anteils die Solarenergie zur Deckung des Strom- und Wärmebedarf der Stadtbewohner muss die Flächenform zusätzlich zur Flächengröße noch betrachtet werden. In einer möglichen, sich anschließenden Arbeit können die in dieser Arbeit vorgeschlagenen Grenzen der Bewertungskriterien überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Beispielsweise stellt die in dieser Arbeit angenommene Mindestgröße von 7 m^2 für eine geeignete Dachfläche die untere Flächengröße zum Erhalt 1 kWp Solarstroms dar. Die Mindestgröße wurde bewusst so klein gewählt, da durch Forschung und Entwicklung im Bereich der Solartechnik zukünftig ein geringerer Flächenverbrauch bei gleicher Leistung erwartet werden kann (BMU, 2007). Auch die angenommenen Solarstrahlungsleistungen zur Berechnung des Mindestsolarpotentials von $675 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ bzw. $585 \text{ kWh m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ können der zukünftigen Entwicklung angepasst werden.

Wenn die Schnittstellenproblematik zwischen dem interoperablen Datenaustauschformats CityGML und den Berechnungsprogrammen zufrieden stellend gelöst ist, wird die Verwendung von CityGML Daten zur Abschätzung der Eignung der Dachflächen und zur Berechnung des Solarpotentials dieser die Zusammenarbeit zwischen städtischen Verwaltungsbehörden, Stadtplanungsbüros und Ingenieurbüros unterstützen.

Insgesamt ist Deutschland mit dem Ausbau der Solarenergie auf einem guten Weg, im Jahr 2007 wurden $3,5 \text{ TWh}$ Solarstrom erzeugt und trugen $0,6\%$ zu dem Bruttostromverbrauchs bei. Im Vergleich zum Jahr 2006 ist das ein Zuwachs von 60% , wobei der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch insgesamt 2007 $14,2\%$ betrug (BMU, 2007).

Der Ausbau der Solarenergie durch Installation von Solaranlagen auf Dachflächen ist notwendig um den Anteil der Solarenergie und so den Anteil der erneuerbaren Energien insgesamt zu vergrößern. Die Eignung der Dachflächen und das Solarpotential dieser lassen den ansteigenden Anteil der Solarenergie an dem Energiemix zu, wobei die jahreszeitliche Variabilität der Globalstrahlungsleistung und die somit schwankende Produktion der Solarenergie betrachtet werden muss. Im Winter erhalten die Dachflächen nur etwa 10% der Strahlung im Vergleich zum Sommer, was auch sehr deutlich in den Abbildungen 25 bis 28 deutlich wird. Zur vollständigen Versorgung durch erneuerbare Energien müssen z.B. Biomassen-Anlagen oder Windkraft-Anlagen mit einbezogen werden.

2007 wurden von dem langfristig realisierbaren Nutzungspotential des Solarstroms $3,5 \text{ TWh}$ von insgesamt 105 TWh genutzt. Das langfristig realisierbare Nutzungspotential der Photovoltaik bezieht sich dabei nur auf geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen, selbiges gilt für die Solarthermie. Hier wurden von 300 TWh Nutzungspotential der Solarthermie 2007 immerhin $3,7 \text{ TWh}$ genutzt (BMU, 2007).

Zusammenfassend kann die Nutzung der Solarenergie in Deutschland als vorbildlich und fortschrittlich mit vorhandenem Potential für noch verstärkte Nutzung betrachtet werden. 2007 konnten durch die Nutzung des Solarstroms 2392 000 t , entsprechend 3% und durch die Solarthermie 857 000 t , entsprechend $4,1\%$ CO_2 -Emissionen eingespart werden (BMU, 2007). Die höheren Einsparungen bei der Solarthermie im Vergleich zur Photovoltaik sind durch den geringeren Energieaufwand bei der Herstellung der Solarthermie-Anlagen bedingt. Die Solarenergie trägt einen Teil zum Klimaschutz der Erde bei, wobei dieser Erfolg in Deutschland durch die Förderungsmaßnahmen der Bundesregierung möglich wurde. Überlegungen der Bundesregierung im Mai dieses Jahres die Förderung der Solarenergie innerhalb der nächsten zwei Jahr um 25% zu senken konnten mit dem am 06.06.2008 verabschiedeten ersten Teil des Integrierten Klima- und Energieprogramms abgewendet werden. Dieses sieht eine Neufassung des EEG und erstmals ein Gesetz zur Förderung von Wärme aus Erneuerbaren Energien (EEWärmeG) vor. Demnach wird im Jahr 2009 die

Förderung von Solarenergie um 8% anstatt 5% gekürzt, was die Hersteller bei dem Marktausbau in Deutschland unter starken Innovationsdruck setzt. Dennoch sichert das Gesetz den Ausbau der Solarenergie in Deutschland und wird ein wichtiger Bestandteil zum Erreichen der Klimaschutzziele sein (BSW, 2008). Mit der vorliegenden Arbeit können Empfehlungen für die optimale Nutzung von Solarenergie innerhalb einer Stadt gegeben werden und so langfristig der verstärkte Ausbau der Solarenergie gefördert und die Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden.