

SIMULATION EINES INNOVATIVEN SONNENSCHUTZSYSTEMS VOM GEBÄUDE DER HS ROSENHEIM IM RAHMEN DES SOLAR DECATHLON

Johannes Maderspacher
 Hochschule Rosenheim
 Hochschulstraße 1, 83024 Rosenheim

KURZFASSUNG

Die Hochschule Rosenheim nimmt am Internationalen Wettbewerb Solar Decathlon 2010 in Madrid teil. Ziel dieses Wettbewerbes ist es ein Einfamilienhaus mit ansprechender Architektur auf dem Niveau eines Plusenergiehauses zu planen und zu realisieren. Der Standort Madrid fordert nicht nur im Veranstaltungszeitraum (mitte Juni) besondere Planung um die Überhitzung von Gebäuden zu vermeiden. Bauliche Maßnahmen wie Konstruktive Verschattung oder Sonnenschutzsysteme sind einfache passive Möglichkeiten die Temperaturen im Innenraum zu kontrollieren und vor übermäßiger Erwärmung zu schützen.

So wurde im Beitrag der Hochschule Rosenheim zum Solar Decathlon ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung eines eigenen Sonnenschutzsystems gelegt. Das System sollte den hohen architektonischen Ansprüchen genügen und diese mit einer effizienten Reduzierung der solaren Lasten verbinden. Die Abbildung der Fassade in einer Simulationsumgebung stellte sich als schwierig heraus, da der Sonnenschutz eine hohe Winkelselektivität besitzt. Wegen des dynamischen Verhaltens des Verschattungsfaktors und g-Total wurde ein sehr genaues Fenster- und Verschattungsmodell zur Simulation vorausgesetzt. Da so ein detailliertes Modell noch nicht vorhanden war, wurde mit Hilfe verschiedener Branchen-Programmen die thermischen und strahlungsphysikalischen Werte der Verschattung bestimmt und in ESP-r implementiert. ist das Dokument in ein PDF zu konvertieren.

EINLEITUNG

The University Of Applied Sciences Rosenheim is taking part at the international competition Solar Decathlon 2010 in Madrid. The intention of this competition is to design a residential with an attractive architecture on a plus energy level. Madrid as the competition location requires special development to avoid overheating in the house. Especially during the competition which was held in mid of June. Constructional techniques, like shading and sun protection systems, are basic passive

alternatives to control the indoor temperature. For this reason the University Of Applied Sciences Rosenheim paid special attention to the development of an own sun protection system which has to achieve the high architectural standard and reduce the solar gains. The implementation of the façade into a simulation program turned out to be quite difficult because of its high angle selectivity.. The dynamic shading coefficient and g-Total required a detailed window-and shading-model. By the aid of several branch programs the thermal and radiation values were assigned and subsequently implemented into ESP-r.

PROJEKTBESCHREIBUNG

Der „Solar Decathlon Europe 2010“ ist ein internationaler Hochschulwettbewerb, mit dem Ziel der Bewusstseinssteigerung für energieeffiziente und nachhaltige Technologien im Wohnungsbau. Die Veranstalter dieses Wettbewerbes sind das amerikanische Energieministerium und das spanische Wohnungsbau Ministerium. Insgesamt stellten sich 20 Hochschulteams aus aller Welt der Herausforderung innerhalb von zwei Jahren ein Plusenergiehaus zu entwerfen, zu planen, zu konstruieren und zu bauen. Im Juni 2010 wurden alle Prototypen in Madrid der Öffentlichkeit ausgestellt und traten dort zum solaren Zehnkampf an.

ENTWURFSBESCHREIBUNG

Das Gebäude der HS Rosenheim basiert auf einer modularen Bauweise sowie einem flexiblen und offenen Grundriss welcher sich an die Bedürfnisse der Bewohner anpassen lässt.

Das Gebäude soll als Wohnhaus für zwei Personen funktionieren und gleichermaßen die Möglichkeit bieten zwei Schlafgäste zu beherbergen, sowie bis zu acht Personen im Essbereich zu bewirten. Ein zentraler Küchenblock dient als Treffpunkt in der Mitte des großzügigen Wohnraums. Hier finden alle notwendigen Küchengeräte und Arbeitsutensilien ihren Platz. Ein in der Länge erweiterbarer Esstisch befindet sich im Anschluss an den Küchenblock und kann bei Bedarf vollständig verstaut werden.



Abbildung 1 Grundriss

Ein weiterer Schwerpunkt des Entwurfs stellt die Außenhülle dar. Idee war es die Grundform des Gebäudes zurückzunehmen und die Fassade in den Vordergrund zu Stellen. Durch die optimale Ausrichtung und Konstruktion werden die solaren Lasten minimiert ohne dabei die Tageslichtnutzung negativ zu beeinflussen. Sie ist gleichzeitig Sonnen- und Sichtschutz.

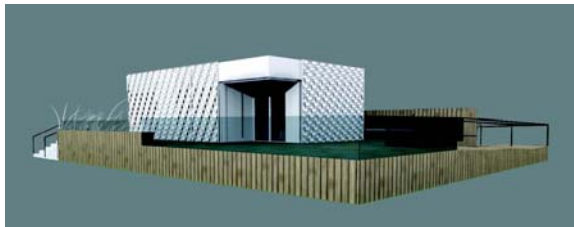


Abbildung 2 Perspektive

Ein weiteres Ziel ist die Veränderung der Fassade von morgens bis abends und im Jahresverlauf. Die Veränderung werden zum einen sichtbar durch das Öffnen und Schließen der Hülle, also die Bewegung der Verschattungselemente mit ihren Faltungen von unten nach oben und zum anderen über die Lage der Schatten.



Abbildung 3 Zackenfassade

Aufgabenstellung

Da einer der Hauptaufgaben des Projekts der Aufbau von Wissen und Erfahrungen von Studenten ist, wurde nun ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung und Untersuchung des eigenen Sonnenschutzsystems gelegt.

Daraus zeigte sich, dass eine detaillierte Abbildung der Fassade in einer Simulationsumgebung durch ihre hohe Winkelselektivität einige Probleme

aufweist. Somit zeigt der Verschattungsfaktor und der g-Wert eine starke Abhängigkeit vom Sonnenstand. Es wurde mit Hilfe von verschiedenen Branchen-Programmen versucht die Eigenschaften der Fassade in das Simulationsprogramm ESP-r zu implementieren.

Verwendet wurden:

AutoCAD – ein vektororientiertes Zeichenprogramm, das auf Linien, Polylinien, Kreisen und Bögen aufgebaut ist.

Eclipse – Radiance Simulations Software – mit dieser Oberfläche können Radiance-Berechnungen gesteuert werden. Es kann in Versionen des CAD-Systems AutoCAD eingefügt werden und dessen 3D-Modelle als Grundlage verwenden.

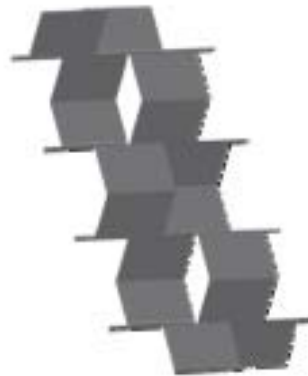


Abbildung 4 Ausschnitt Fassade

Meteonorm – eine globale Klimadatenbank kombiniert mit einem Wetter generator.

WIS – Window Information System ist ein integrales Planungsinstrument, um thermische und strahlungsphysikalische Eigenschaften von Fenstersystemen (Verglasung, Rahmen, Sonnenschutz- bzw. Verschattungssysteme etc.) zu bestimmen.

Als Ergebnis sollen die optischen Eigenschaften des neu entwickelten Sonnenschutzes abhängig vom projizierten Sonnenhöhenwinkel ermittelt werden. Genau genommen soll das optics.file aus ESP-r mit den zu berechnenden Transmissioswerten bei 0°, 40°, 55°, 0° und 80° projizierter Sonnenhöhe ergänzt werden. Die editierte Datei ermöglicht damit die thermische Simulation des Solar Decathlon Hauses inklusive der neuartigen Verschattung. Die winkelselektiv funktioniert.

Modellierung des Sonnenschutzes

Der erste Schritt besteht darin die Geometrie des Sonnenschutzes in AutoCAD einzugeben. Dabei ist es wichtig, dass man nicht mit 3D-Volumenobjekten arbeitet, denn diese können mit Eclipse nicht für die Radiance-Berechnung umgewandelt werden. Daher

sollte man mit 2D-Objekten arbeiten und diesen eine Objekthöhe zuweisen. Das Modell der Verschattung sollte einen repräsentativen Ausschnitt abbilden. Direkt hinter dieser wird eine Messfläche platziert mit einer möglichst kleinen Rasterung der Messpunkte um viele Werte zu erhalten. Anschließend muss für die Auswertung ein zweites Messfeld ohne Verschattung erstellt werden. Die Oberflächenbeschaffenheit des Sonnenschutzes muss mit dem Materialeeditor aus Eclipse genau bestimmt werden. Im vorliegenden Fall bekommt der Sonnenschutz eine helle Farbe, genaue Bezeichnung ist RAL 9010 mit diffus reflektierender Oberfläche.

Mit Hilfe der Meteororm-Datenbank lassen sich alle Sonnenstände in Madrid über das gesamte Jahr hinweg abbilden. Der Stand der Sonne zu einem bestimmten Zeitpunkt lässt sich genau durch den Sonnenazimut- und den Sonnenhöhenwinkel ermitteln. ESP-r und WIS können nur den proj. Sonnenhöhenwinkel nach VDI 2078 erfassen. Deshalb ist es notwendig die beiden Winkel mit den folgenden Formeln umzuwandeln:

$$\beta = a_0 - a_w$$

$$\tan h_1 = \frac{\tan h}{\cos \beta}$$

$$\Rightarrow h_1 = \arctan\left(\frac{\tan h}{\cos \beta}\right)$$

Mit
 a_0 = Azimut der Sonne
 a_w = Azimut der Fassadennormale
 h = wahrer Sonnenhöhenwinkel

Umrechnung nur sinnvoll, wenn die Fassade besonnt wird, d.h. es gilt $-90^\circ < \beta < +90^\circ$ (!)

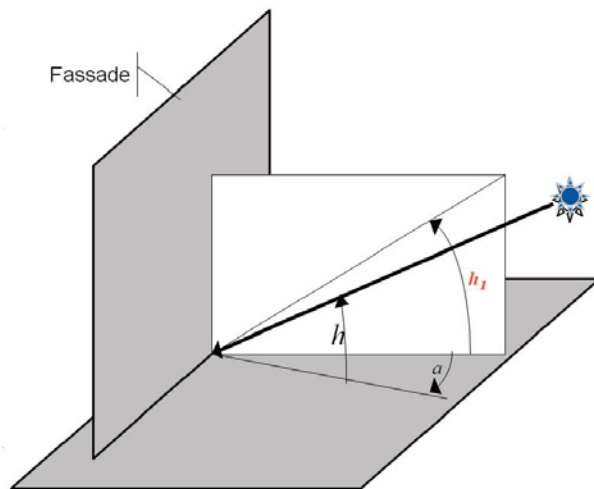


Abbildung 5 Berechnung des Sonnenhöhenwinkels

A: Sonnenazimutwinkel

h: wahrer Sonnenhöhenwinkel

h₁: proj. Sonnenhöhenwinkel

Diese Umrechnung stellt allerdings eine Vereinfachung des Modells dar, denn aus einem genau definierten Sonnenstand (Azimut- und Höhenwinkel) wird durch den proj. Sonnenhöhenwinkel eine schräge Ebene beschrieben, die viele Sonnenstände repräsentiert. Nach der

Umrechnung der Winkel müssen als nächstes echte Sonnenstände ausgewählt werden, die den proj. Sonnenhöhenwinkeln 0°, 40°, 55°, 70° und 80° entsprechen und dabei keine zu großen Fehler aufweisen.

Im nächsten Schritt werden für jeden der fünf proj. Sonnenhöhenwinkel drei echte Sonnenstände bestimmt, deren Lichttransmission mit Hilfe von Eclipse berechnet wird. Als Ergebnis einer Simulation erhält man eine Datei die in Excel eingelesen werden kann. Hier werden von den beiden Messflächen – eine verschattet, die andere besonnt – zuerst der Mittelwert aller Messpunkte der jeweiligen Fläche ermittelt, und dann die Quotienten daraus gebildet. So erhält man die mittlere Transmission durch die Verschattung bezogen auf den sichtbaren Anteil (VIS) des gesamten Spektrums der solaren Strahlung.

Mit den zuvor erhaltenen Zwischenergebnissen kann man nun die WIS-Berechnungen beginnen. Dazu muss ein dem Solar Decathlon Sonnenschutz in Farbe und Material ähnlicher horizontaler Lamellenbehang ausgewählt werden. Anschließend wird der Neigungswinkel der Lamellen so verändert, dass er mit der ermittelten Lichttransmissionswerten übereinstimmt. Hat man die Winkel bestimmt muss zusätzlich das Fensterglas in das Modell eingebaut werden, um deren Einfluss mit zu berücksichtigen. Anschließend werden für jeden von ESP-r benötigten Winkel einzeln die Gesamttransmission und die Absorptionen des kompletten Sonnenschutzes in Kombination mit den Glasscheiben berechnet.

Im letzten Schritt müssen die ermittelten Werte in das optics.file aus ESP-r eingetragen werden. Hierfür muss zunächst in ESP-r selbst in der Construction-database ein transparentes Bauteil erstellt werden, dessen Schichtenanzahl mit der Anzahl der Layer bei geschlossenem Sonnenschutz übereinstimmt. In unserem Fall handelt es sich um einen sieben-schichtigen Aufbau: ein Dreischeibenisoliertes, ein luftgefüllter Zwischenraum und die Fassade.

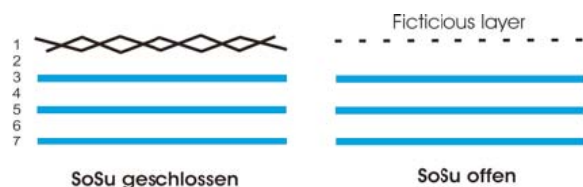


Abbildung 6 Modellhafter Aufbau der Schichten

Wenn alle mit WIS generierten Transmissionswerte in die entsprechenden Spalten eingetragen sind, kann die modifizierte Datei gespeichert werden. Somit ist das Ziel erreicht den winkelabhängigen g-Wert des Sonnenschutzes für die thermische Gebäudesimulation in ESP-r zu erstellen.

ERGEBNISSE

Nach dem Vergleich der solaren Einträge des Sonnenschutzsystems des Solar Decathlon Beitrages mit einem Standard Lamellenbehang wurde deutlich dass der Unterschied sich in vertretbaren Grenzen hält.

Bei den Diagrammen ist die Winkelselektivität, also höhere Einträge in den Morgen- und Abendstunden bzw. ein gedämpfter Peak zur Mittagszeit, zwar klar erkennbar jedoch sind die Schwankungen so gering dass sie vernachlässigt werden können. Gründe dafür ist zum einen die Sonnenschutzverglasung die bereits einen großen Teil der Strahlung zurück hält, zum anderen die geringe Größe des Gebäudes.

Jedoch würde beim Einsatz des Verschattungssystems an Beispielsweise Nichtwohngebäuden mit hohem Verglasungsanteil eine genauere Untersuchung zwingend nötig. Dann stellt sich die Frage ob das überhaupt realistisch umsetzbar ist. Denn wie an den oben erklärten Schritten ist es sehr kompliziert, zeitaufwendig und fehlerreich Daten einer speziellen Verschattung, für die Verwendung in einem Simulationsprogramm zu erstellen. Darum wäre eine Implementierung von flexibleren Verschattungsmodellen in die Basisprogramme sinnvoll. Da ja gerade Sonderfälle wie das Sonnenschutzsystems des Solar Decathlon im Auge von thermischen Simulationen liegen.

LITERATUR

Pültz, Gunter; (2010): Thermisch-energetische-Gebäudesimulation, Vorlesungsskript, Hochschule Rosenheim