

Sebastian Buchner

**Sky Cooling/Gebäudekühlung. Atmosphäre
als Wärmesenke**

Masterarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2007 GRIN Verlag
ISBN: 9783668695504

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/418351>

Sebastian Buchner

Sky Cooling/Gebäudekühlung. Atmosphäre als Wärmesenke

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Masterarbeit

Thema: SKY COOLING

im Studiengang Gebäudetechnik

an der Fachhochschule München

Verfasser:

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Buchner

März 2007

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Einleitung.....	6ff
1.1. Zielsetzung der Arbeit.....	6
1.2. Allgemeines zur Atmosphärische Gegenstrahlung.....	6f
1.3. Absorption der Terrestrischen Strahlung in der Atmosphäre.....	7f
1.4. Entstehung der Atmosphärischen Gegenstrahlung.....	9
2. Theorie des Langwelligen Strahlungsaustauschs.....	10ff
2.1. Theorie des Klaren Himmels.....	10
2.2. Strahlungsaustausch in den Wolken.....	11
2.3. Atmosphärische Gegenstrahlung.....	12
2.4. Der Himmel als Schwarzer Strahler.....	13
3. Empirische Gleichungen zur Atmosphärischen Gegenstrahlung.....	16ff
3.1. Verschiedene Definitionen zur Berechnung.....	16
3.1.1. Definition einer effektiven Himmelstemperatur.....	16
3.1.2. Definition eines Emissionsgrades des Himmels.....	16
3.2. Berechnung der atmosphärischen Gegenstrahlung.....	17
3.3. Atmosphärische Gegenstrahlung des klaren Himmels.....	17ff
3.3.1. Vergleich der Modelle zum klaren Himmel.....	18
3.3.2. Extremwerte der Atmosphärischen Gegenstrahlung bei klarem Himmel.....	19
3.3.3. Zusammenstellung der Himmelsmodelle zum klaren Himmel.....	19
3.4. Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Himmelstemperatur.....	20ff
3.5. Atmosphärische Gegenstrahlung des Bewölkten Himmels.....	28ff
3.6. Auswahl eines Modells zur Atmosphärischen Gegenstrahlung.....	34ff
3.7. Himmelsmodell Ceres.....	36

4.	Vergleich der Regionen.....	37ff
4.1.	Auswahl der Klimadaten und Regionen.....	37ff
4.1.1.	Verfügbare Stationen.....	38
4.1.2.	Ausgewählte Stationen.....	39
4.2.	Lufttemperaturen und Bedeckungsgrad der verschiedenen Stationen.....	40
4.3.	Himmelstemperaturen der verschiedenen Stationen (gesamtes Jahr).....	41
4.4.	Nettostrahlung bei 18°C Oberflächentemperatur.....	42
5.	Simulation Teich – Speicher.....	43ff
5.1.	Wärmeströme Teich.....	43ff
5.1.1.	Berechnung des latenten Wärmestroms aufgrund von Verdunstung.....	44f
5.1.2.	Solarstrahlung.....	46ff
5.1.3.	Konvektiver Wärmeübergang.....	56ff
5.2.	Wärmelast vom Speicher.....	60f
5.3.	Simulation des Speichers.....	61ff
5.4.	Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Systems.....	64
5.5.	Komponenten des Systems.....	64f
5.5.1.	Regelung des Sonnenschutzes.....	64f
5.5.2.	Regelung des Massenstroms zwischen Teich und Speicher.....	65
5.6.	Variantenvergleich.....	66ff
5.6.1.	Basisvariante.....	66
5.6.2.	Einfluss des Absorptionsgrad des Beckenbodens.....	67ff
5.6.3.	Einfluss des Schwellenwertes des Sonnenschutzes.....	70f
5.6.4.	Entwicklung eines verbesserten Sonnenschutzes.....	72
5.6.5.	Einfluss einer Schattenwand südlich des Teichs.....	73ff
5.6.6.	Mögliche Last mit einer Schattenwand.....	76
5.6.7.	Emissivität der Wand.....	77
5.6.8.	Zusammenstellung der bisherigen Ergebnisse.....	78f
5.6.9.	Teich mit dämmenden Schwimmkörpern.....	79f
5.6.10.	Gewähltes System für weitere Untersuchungen.....	81
5.6.11.	Leistung bei anderen Systemtemperaturen.....	81
5.6.12.	Lastverläufe des gewählten Systems.....	82
5.7.	Systemleistung in anderen Regionen.....	83ff

6.	Simulation Teich – Speicher – TABS	88ff
6.1.	Simulation des Thermoaktiven Bauteilsystems.....	88ff
6.2.	Erweiterter Algorithmus zum Handrechenverfahren.....	92
6.3.	Geometrischen und physikalischen Daten.....	93
6.4.	Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten am Boden und der Decke...	94ff
6.5.	Simulation des Raumes.....	97ff
6.5.1.	Geometrie des Raumes.....	97
6.5.2.	Wärmelasten des Raumes.....	98ff
6.6.	Simulationsergebnisse.....	100ff
6.6.1.	Beurteilungskriterium der Raumtemperatur.....	100f
6.6.2.	Beurteilungskriterium für die Leistungsfähigkeit des Systems.....	102
6.6.3.	Vorgehensweise bei der Simulation.....	103
6.7.	Ergebnisse der Simulation.....	103ff
6.7.1.	Relative Teichfläche.....	104ff
6.7.2.	Jahressummen der Nettostrahlung.....	107
6.7.3.	Jahressummen der absorbierten Solarstrahlung.....	108
6.7.4.	Jahressummen des Wärmestroms aufgrund von Verdunstung.....	109
6.7.5.	Jahressummen des Wärmestroms aufgrund von Konvektion.....	110
6.8.	Last- und Temperaturverläufe.....	111f
7.	Realisierte Projekte	113ff
8.1	Unterteilung der Sky-Cooling-Systeme.....	113f
8.2	Automotive Centre of Excellence.....	115ff
8.3	General Services Administration Port of Entry.....	118
8.4	Crenshaw Boulevard Employment Development Department.....	119
8.5	Residential Roof Cooling, Florida Solar Energy Center.....	120
8.6	Night Sky Radiation Cooling Strategies with Hybrid PV-T Systems.....	121ff
8.	Zusammenfassung und Fazit	124f
9.	Literaturverzeichnis	126ff

1. Einleitung

1.1. Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Möglichkeit der Gebäudekühlung mit der Atmosphäre als Wärmesenke. Durch langwellige Abstrahlung gegen den Himmel entsteht auf einer Strahlungsoberfläche eine negative Energiebilanz, welche einen Wärmefluss in Richtung der Atmosphäre zur Folge hat. Daher resultiert der Titel der Arbeit. Der aus dem Strahlungsaustausch mit der Atmosphäre resultierende Wärmestrom ist von der Temperatur der Strahlungsoberfläche bzw. von der emittierten Strahlung dieser Fläche (Quelle) und von der emittierten Strahlung des Himmels (Senke) abhängig. Die vom Himmel auf die Erdoberfläche einstrahlende langwellige Strahlung wird atmosphärische Gegenstrahlung genannt. Die Größe dieses Wärmestroms ist für den Strahlungs- und Energiehaushalt einer dem Himmel gegenüberliegenden Oberfläche sehr wichtig. Deshalb beschäftigt sich ein Großteil der vorliegenden Arbeit mit der Theorie und Berechnung der atmosphärischen Gegenstrahlung. Ziel der Arbeit ist es zu untersuchen, ob es möglich ist ein Gebäude regenerativ mit einem System zu kühlen, welches über langwellige Abstrahlung den Atmosphäre als Wärmesenke nutzt.

1.2. Allgemeines zur atmosphärischen Gegenstrahlung

Die atmosphärische Gegenstrahlung ist die von der Atmosphäre emittierte und auf die Erdoberfläche treffende Wärmestrahlung. Wie jede Substanz mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts emittieren auch die Gase der Atmosphäre und die in ihr enthaltenen Aerosole Wärmestrahlung. Die von einem Volumenelement der Atmosphäre ausgehende Strahlung wird gleichförmig in alle Richtungen abgestrahlt; der nach oben gerichtete Anteil trägt zur Ausstrahlung an den Weltraum bei, der nach unten gerichtete Anteil bildet in der Summe über alle Volumenelemente die atmosphärische Gegenstrahlung. Die atmosphärische Gegenstrahlung ist ein wichtiger Bestandteil der Energiebilanz an der Erdoberfläche. Während die Erdoberfläche aufgrund ihrer Temperatur Wärmestrahlung in die Atmosphäre abstrahlt (terrestrische Ausstrahlung), erhält sie von der Atmosphäre die Gegenstrahlung zugesandt, die einen Teil der Strahlungsverluste kompensiert.

Im Gegensatz zur Einstrahlung der Sonne (nur am Tage) strahlen Erde und Atmosphäre ihre Wärme ständig aus, was bedeutet, dass die terrestrische Strahlung den Betrag der einfallenden Sonnenstrahlung übersteigt.

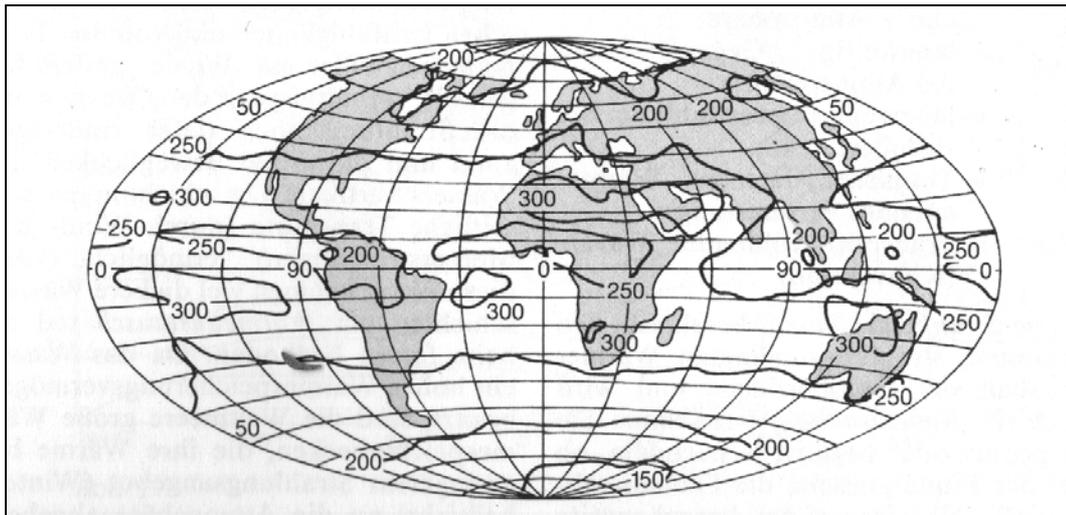


Abbildung 1.1: Mittlere jährliche Wärmeausstrahlung der Erde in W/m^2 nach Satellitenmessungen [Schirmer 1989]

1.3. Absorption der Terrestrischen Strahlung in der Atmosphäre

Die Strahlung der Atmosphäre geht von Wolkentropfen, von Aerosolen und hauptsächlich von den Spurengasen Wasserdampf, Kohlendioxid und Ozon aus. Bei klarem Himmel weist dieser eine starke spektrale Abhängigkeit des Absorptionsvermögens und somit der Atmosphärischen Gegenstrahlung auf. Diese Abhängigkeit lässt sich durch spektral unterschiedlichen Absorptionskoeffizienten der Spurengase erklären. Die Bereiche hoher Absorption sind die sog. Absorptionsbanden.

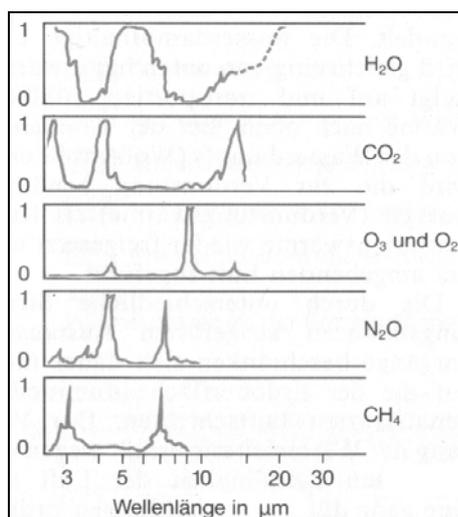


Abbildung 1.2: Absorptionskoeffizienten der wichtigsten Spurengase der Erdatmosphäre [Schirmer 1989]

Bei Betrachtung der spektralen Absorptionskoeffizienten der einzelnen Spurengase erkennt man, dass die Atmosphäre der Erde nur in drei Wellenlängenbereichen, von 3,5 - 5 μm , 8 - 13 μm sowie bei etwa 18 μm (in den sog. Wasserdampfenstern) für Wärmestrahlung durchlässig ist. Der größte Wellenlängenbereich zwischen 8 und 13 μm in denen der Wasserdampf als Hauptabsorber langwellige Strahlung weder absorbiert noch emittiert wird als atmosphärisches Fenster bezeichnet. In diesem Spektralbereich ist die Atmosphäre für die terrestrische Strahlung durchlässig (nur Ozon absorbiert geringfügig bei der Wellenlänge 9,6 μm). Die Absorption der genannten Gase ist nach [Baumgartner 1995] sehr intensiv, sodass die Reichweite der langwelligeren Strahlung in Erdbodennähe nur wenige hundert Meter beträgt.

Deshalb ist es auch verständlich, dass bereits die untersten 150 m der Atmosphäre rund 2/3 zur gesamten atmosphärischen Gegenstrahlung beitragen [Schmetz 1989]. Auch nach [Unsworth 1975] geht die meiste Strahlung des klaren Himmels von Teilchen aus, die sich in einer Luftschicht unterhalb der Wolken befinden. Die Strahlung aus höheren Schichten gelangt nicht bis zum Erdboden, sondern wird von dazwischen liegenden Schichten absorbiert.

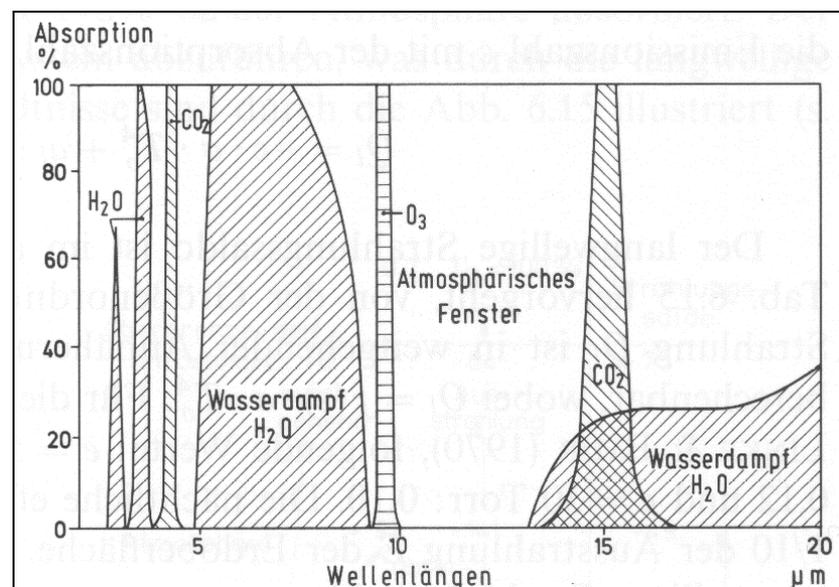


Abbildung 1.3: Absorptionsbanden der Spurengase in der Atmosphäre [Baumgartner 1995]

1.4. Entstehung der Atmosphärischen Gegenstrahlung

Die terrestrische Ausstrahlung der Erdoberfläche wird von der Erdatmosphäre zum Teil absorbiert. Die schon genannten Bestandteile der Atmosphäre, vor allem Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid wandeln sie in Wärmeenergie um. Die erwärmten Luftschichten und Wolken emittieren ihrerseits langwellige Strahlung sowohl nach oben (in den Weltraum) als auch nach unten (atmosphärische Gegenstrahlung), wo sie an der Erdoberfläche absorbiert bzw. reflektiert wird. Für die Strahlungsbilanz und den Energiehaushalt der Erde ist folglich die Differenz aus Gegenstrahlung und Ausstrahlung entscheidend. Diese Differenz wird als Nettostrahlung bezeichnet.

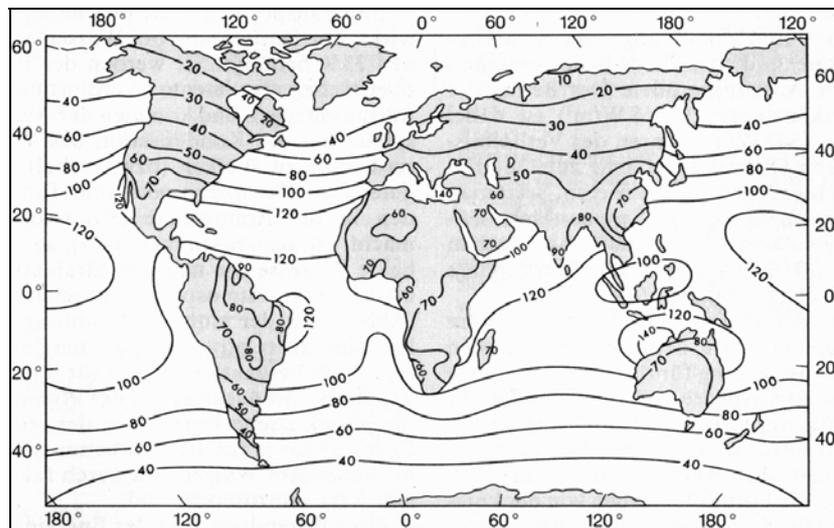


Abbildung 1.4: Jährliche Nettostrahlung der Erdoberfläche in kcal/cm²a [Baumgartner 1995]