



Doctoral Thesis

Strahlungsübertragung in Partikelwolken numerische und experimentelle Untersuchungen an Eisenoxid- Systemen im Hinblick auf eine chemische Speicherung von Sonnenenergie

Author(s):

Mischler, Daniel Ulrich

Publication Date:

1995

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001529970> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

STRAHLUNGSÜBERTRAGUNG IN PARTIKELWOLKEN

Numerische und experimentelle Untersuchungen an Eisenoxid-Systemen im Hinblick auf eine chemische Speicherung von Sonnenenergie

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZÜRICH

vorgelegt von

DANIEL ULRICH MISCHLER

Dipl. Chem.-Ing. ETH

geboren am 16. Januar 1966

von Wahlern BE

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. P. Suter, Referent

Prof. Dr. A. Waldvogel, Korreferent



Juris Druck + Verlag Dietikon

1995

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Simulationsmodell zur Untersuchung der Strahlungsübertragung in einer Partikelwolke entwickelt. Die Wolke wird als ein nicht-graues, nicht-isothermes und absorbierendes–emittierendes–anisotrop-streuendes Medium modelliert, in das konzentrierte Strahlung eindringt. Das auf der Monte Carlo Methode basierende Modell erlaubt die Berechnung des Transmissionsgrad von Strahlung, die eine Wolke durchdringt, respektive der Temperaturverteilung im Innern einer Partikelwolke. Die wellenlängen- und richtungsabhängigen optischen Eigenschaften der verwendeten Partikel aus Magnetit und Hämatit werden mit Hilfe der Mie-Theorie berechnet und als Bézier-Splines in die Simulation eingebunden.

Die Validierung des Modells erfolgt einerseits durch analytische Berechnungen für vereinfachte Probleme der Strahlungsübertragung, andererseits mit Hilfe von experimentellen Resultaten aus spektroskopischen Untersuchungen.

Anhand verschiedener Parameterstudien wird der Einfluss der Partikelgröße, des Suspensionsmediums, des Spektrums und der Richtung des Strahlungseintritts sowie des optischen Verhaltens der Teilchen aufgezeigt. Die Verwendung vereinfachender Annahmen bezüglich des optischen Verhaltens der Partikel ergibt beträchtliche Unterschiede in den Resultaten der Strahlungsübertragung.

Das Simulationsmodell kann in einem weiten Anwendungsgebiet bei der Entwicklung und Optimierung von Hochtemperatur-Reaktoren eingesetzt werden. Es ist besonders für die Untersuchung von solaren thermochemischen Prozessen geeignet, in denen Partikelwolken als Strahlungsabsorber und chemische Reaktanden verwendet werden.

The radiation heat transfer in particle clouds is considered. The cloud is modelled as a non-gray, nonisothermal, absorbing, emitting and anisotropically scattering medium under concentrated irradiation. A simulation model based on the Monte Carlo method is used to calculate the attenuation characteristics of the cloud and its temperature distribution under radiative equilibrium. The spectrally and directionally dependent optical properties of magnetite and hematite particles are calculated using the Mie theory and are incorporated into the simulation as Bézier-splines.

The theoretical validation of the model is accomplished by comparison with the exact analytical solutions of simplified problems. In addition, the simulation model is experimentally validated by spectroscopic measurements.

Several parametric studies are carried out to demonstrate the influence of particle size, suspension medium, direction and spectrum of irradiation, and optical properties of the particles. It is shown that simplifying assumptions of the optical properties can lead to considerable deviations of the radiation heat transfer solutions.

The simulation model can find wide application in the design and optimisation of high-temperature reactors. In particular, the model can be applied for the study of solar thermochemical processes that make use of particle suspensions as radiation absorbers and chemical reactants.