



Hochschule
Zittau/Görlitz
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Skript zur Vorlesung

Technische Thermodynamik II

Wärmeübertragung

Fakultät Maschinenwesen
Fachgebiet Technische Thermodynamik

von
Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
Dr.-Ing. S. Herrmann
Dipl.-Ing. (FH) M. Weidner

Literatur

Wärmeübertragung

Lehrbücher

Kretzschmar, H.-J.; Kraft, I.:
 Kleine Formelsammlung Technische Thermodynamik.
 Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München

Cerbe, G.; Wilhelms, G.:
 Technische Thermodynamik.
 Carl Hanser Verlag, München

Marek, R.; Nitsche, K.:
 Praxis der Wärmeübertragung.
 Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München

Elsner, N.; Dittmann, A.; Fischer, S.; Huhn, J.:
 Grundlagen der Technischen Thermodynamik,
 Band 1: Energielehre und Stoffverhalten, Band 2: Wärmeübertragung (ab 8. Auflage).
 Akademie-Verlag, Berlin

Baehr, H. D.; Stephan, K.:
 Wärme- und Stoffübertragung.
 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Wasserdampfatafel und Stoffwertsammlungen

Wagner, W.; Kretzschmar, H.-J.:
 International Steam Tables.
 Springer-Verlag, Berlin

Wagner, W.; Kruse A.:
 Properties of Water and Steam.
 Springer-Verlag, Berlin

Baehr, H. D.; Tillner-Roth, R.:
 Thermodynamische Eigenschaften umweltverträglicher Kältemittel.
 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York

Kompendien

VDI-Wärmeatlas.
 Springer-Verlag, Düsseldorf

Energietechnische Arbeitsmappe.
 Springer-Verlag, Berlin

Recknagel-Sprenger-Schramek:
 Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik.
 Oldenbourg Industrieverlag, München

Technische Thermodynamik II – Wärmeübertragung

3. Semester (Wintersemester)

8 Wärmeübertragung

- 8.0 Was ist Wärmeübertragung?
- 8.1 Wärmeleitung
 - 8.1.1 FOURIERSches Erfahrungsgesetz über den Wärmestrom
 - 8.1.1.1 Grundlagen
 - 8.1.1.2 Stationärer Wärmestrom
 - 8.1.2 FOURIERSche Differentialgleichung für das Temperaturfeld
 - 8.1.2.1 Grundlagen
 - 8.1.2.2 Stationäres Temperaturfeld ohne Wärmequellen
- 8.2 Konvektiver Wärmeübergang – α -Berechnung
 - 8.2.1 Grundlagen
 - 8.2.2 Freie Konvektion
 - 8.2.3 Erzwungene Konvektion
 - 8.2.4 Mischkonvektion
- 8.3 Wärmedurchgang
- 8.4 Energietransport durch Strahlung
 - 8.4.1 Grundlagen
 - 8.4.2 Wärmestrom durch Strahlung
 - 8.4.3 Strahlungsschirme
 - 8.4.4 Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung
 - 8.4.5 Wärmestrom durch Strahlung und Konvektion
- 8.5 Wärmeübertrager – Rekuperatoren
 - 8.5.1 Grundbauarten von Wärmeübertragern
 - 8.5.2 Grundlagen zu Rekuperatoren (Wärmetauscher)
 - 8.5.3 Temperaturverläufe
 - 8.5.4 Berechnung des Wärmestroms durch Wärmedurchgang
 - 8.5.5 Berechnung mit Betriebscharakteristiken Φ_H und Φ_K
 - 8.5.6 Sonderfall: Verdampfer
 - 8.5.7 Sonderfall: Kondensator
 - 8.5.8 Wärmeübertrager als Kreuzströmer
 - 8.5.9 Diskussion der Bauformen

8.6 Instationäre Wärmeleitung

8.6.1 Quasistatische instationäre Wärmeleitung

8.6.2 Lösung von GRÖBER für instationäre Wärmeleitung in Körpern mit symmetrischen Bedingungen

8.6.3 Eindimensionale instationäre Wärmeleitung

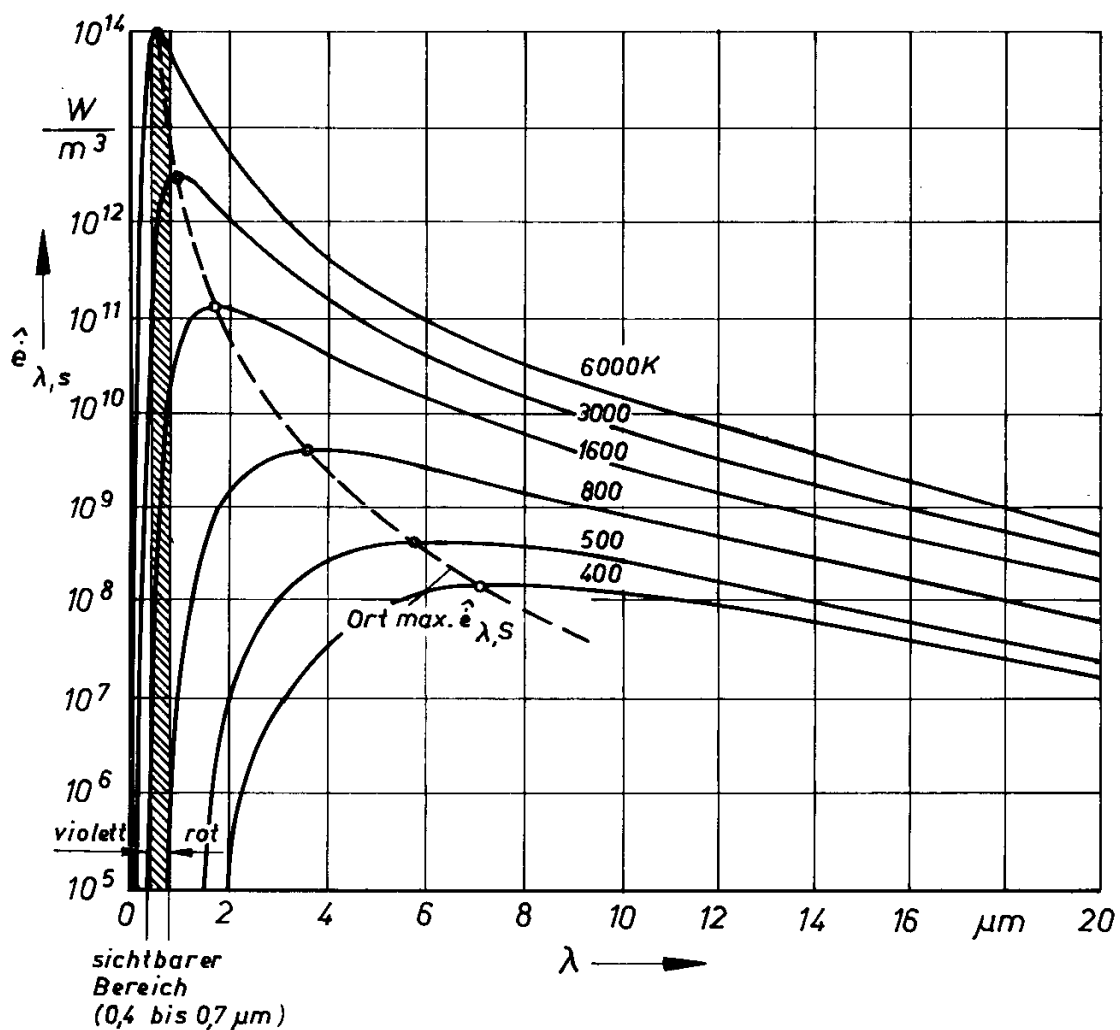
8.6.3.1 Rand- und Anfangsbedingungen

8.6.3.2 Das Differenzenverfahren für eindimensionale instationäre Wärmeleitung

Strahlungsarten

Strahlung	Wellenlänge λ
Höhenstrahlung	$< 0,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Gammastrahlung	$0,5 \cdot 10^{-12} \dots 1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
Röntgenstrahlung	$1 \cdot 10^{-11} \dots 2 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
UV-Strahlung	$2 \cdot 10^{-11} \dots 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
Licht	$4 \cdot 10^{-7} \dots 7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
Infrarot-Strahlung	$7 \cdot 10^{-7} \dots 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
Rundfunk (Hertzsche Wellen)	$1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^4 \text{ m}$

Strahlungsgesetz von PLANCK



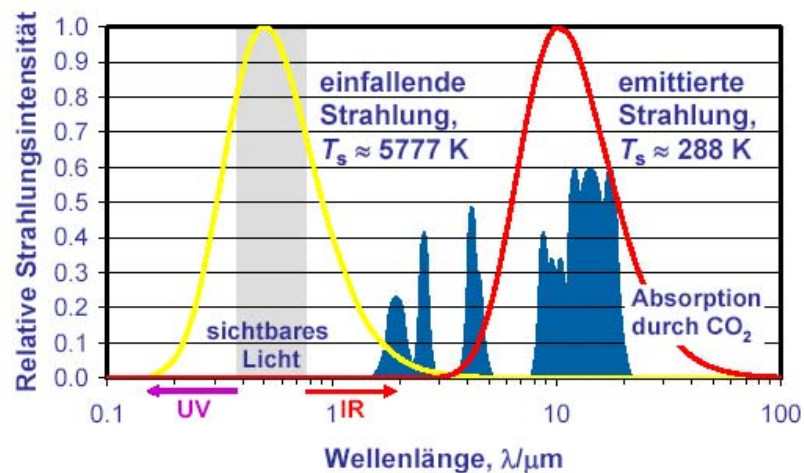
Emittierte Strahlungsenergieintensitäten des Schwarzen Strahlers.

Entnommen aus: Elsner, N.; Fischer, S.; Huhn, J.: Grundlagen der Technischen Thermodynamik, Band 2 Wärmeübertragung, 8. Auflage. Akademie Verlag (1993).

Die Strahlungsbilanz



- Im Gleichgewicht strahlt die Erde so viel Wärme ins Weltall ab, wie sie von der Sonne absorbiert



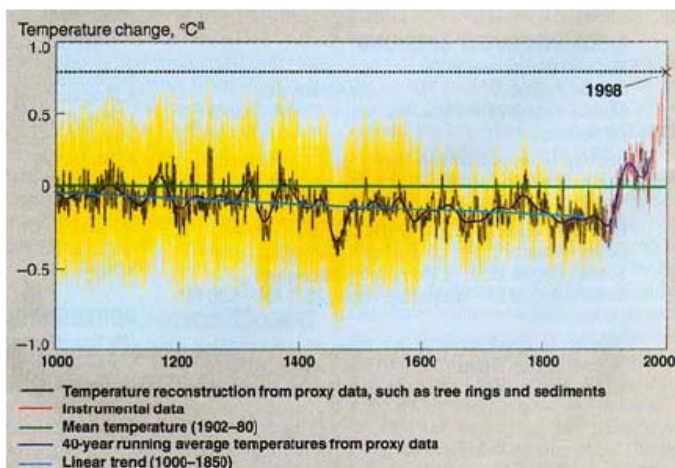
- CO₂ absorbiert bevorzugt die emittierte Infrarotstrahlung ⇒ **Treibhauseffekt** durch steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre

Roland Span



CO₂ und Treibhauseffekt

- Verschiedene Datenquellen zeigen, dass sich die Erdatmosphäre seit etwa 100 Jahren deutlich erwärmt
- Die Nutzung fossiler Energieträger hat zu einem Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration geführt



Quelle: Geophys. Res. Lett., 26, 759 (1999)

