



Die Bedeutung von Messungen für die Strahlungsmodellierung

Philipp Weihs, Stefan Hasel

Institut für Meteorologie

Universität für Bodenkultur

20 Jahre Messungen der Ozonschichtdicke
und der UV-Strahlung auf dem Hohen
Sonnblick

GLIEDERUNG DES VORTRAGS



1) Einleitung

2) Potential und Funktionsweise von Strahlungsmodellen

3) Genauigkeit von Strahlungsmodellen – Einfluss der Modelleingabeparameter

Kann ich Modellsimulationen nur mit klimatologischen Mittelwerten durchführen?

4) Bestimmung der Modelleingabeparameter

Bestimmung der Modelleingabeparameter mit Boden oder Satellitenmessungen?

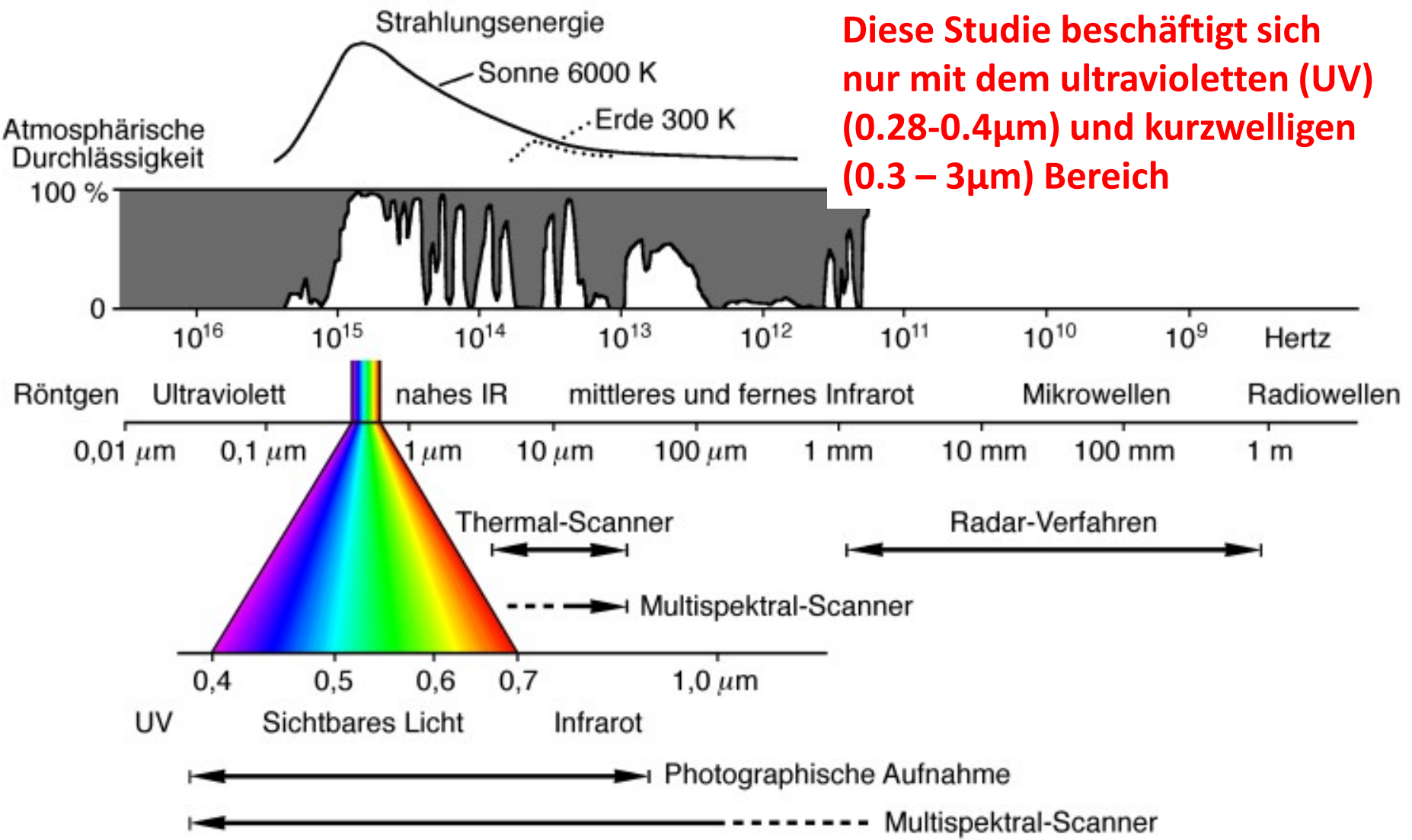
5) Schlussfolgerungen

STRAHLUNG IN DER ATMOSPHERE

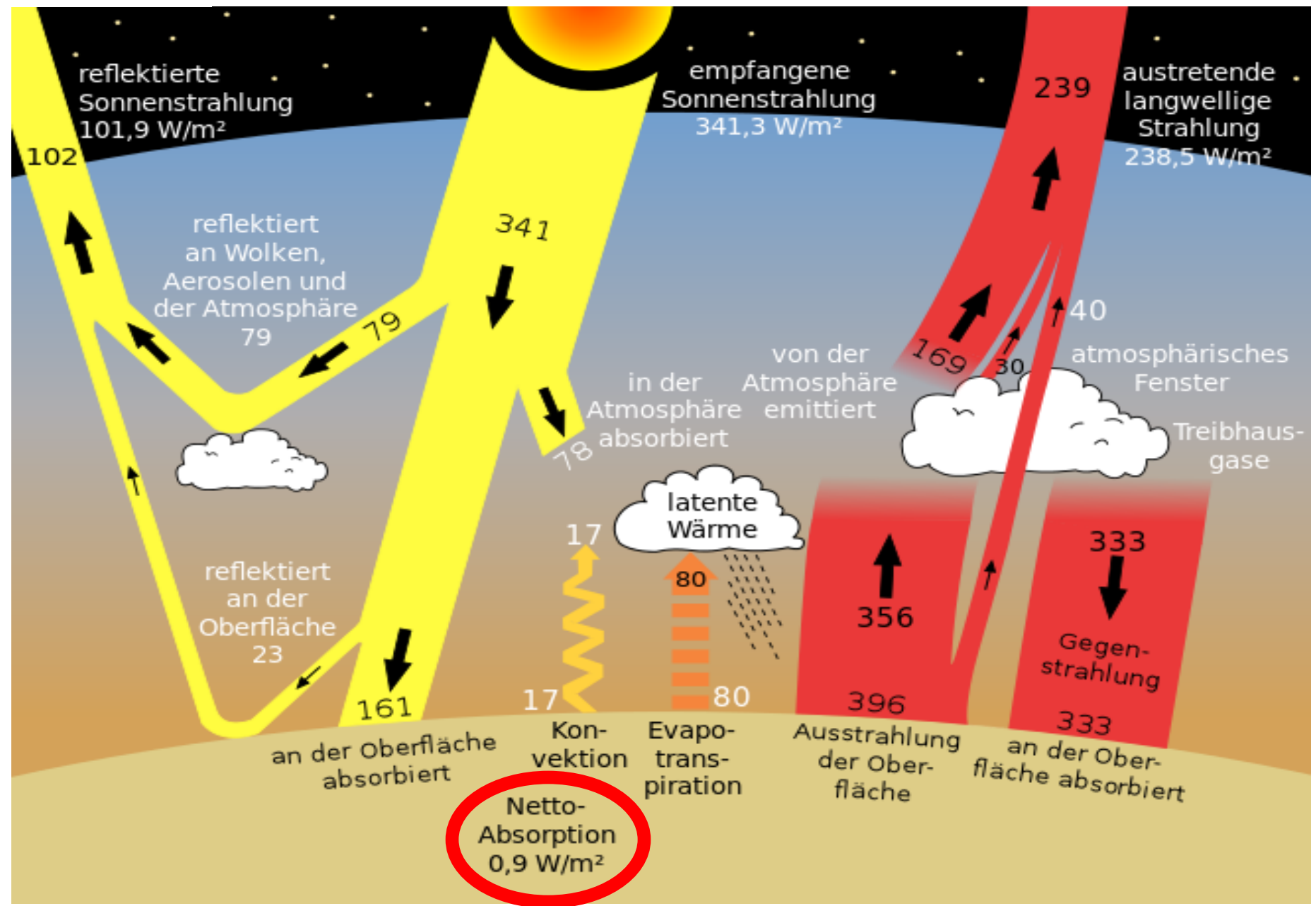
1. Einleitung

DAS ELEKTROMAGNETISCHE SPEKTRUM

Diese Studie beschäftigt sich nur mit dem ultravioletten (UV) (0.28-0.4µm) und kurzwelligen (0.3 – 3µm) Bereich



1. Einleitung



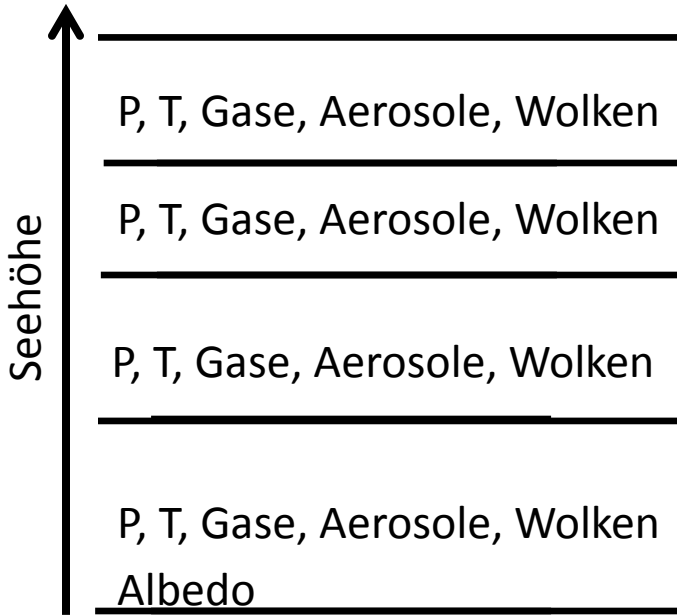


DAS POTENTIAL DER STRAHLUNGSMODELLE

20 Jahre Messungen der Ozonschichtdicke
und der UV-Strahlung auf dem Hohen
Sonnblick

FÜR DIESE PRÄSENTATION VERWENDETE MODELLE

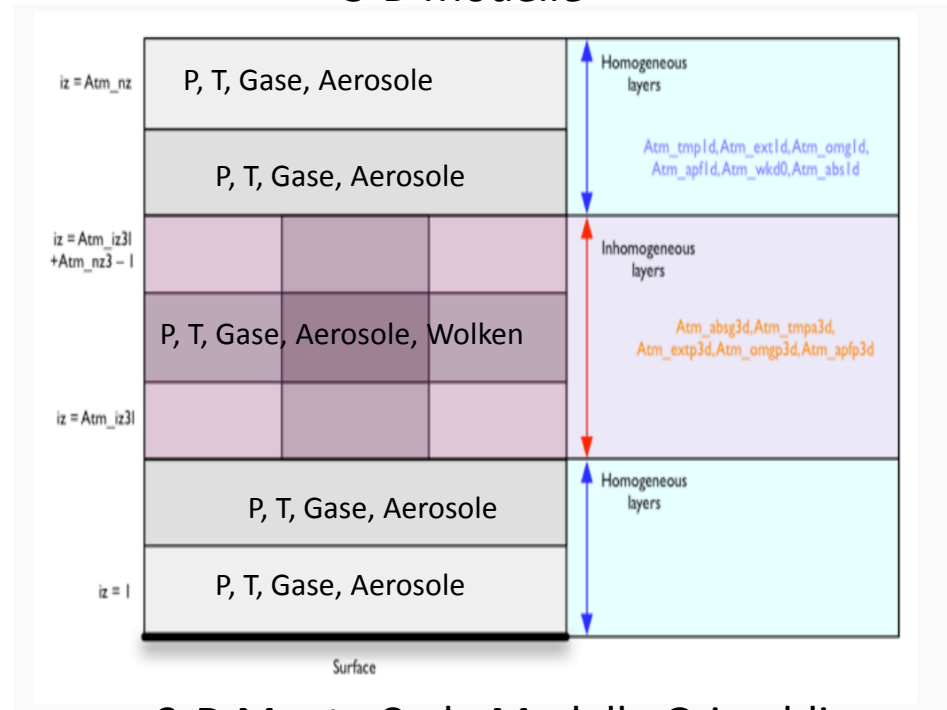
1-D Modelle



1-D Modelle DISORT (1), SDISORT (2), SBDART (3) mit interface LIBRADTRAN(4)

P = Luftdruck, T = Lufttemperatur

3-D Modelle

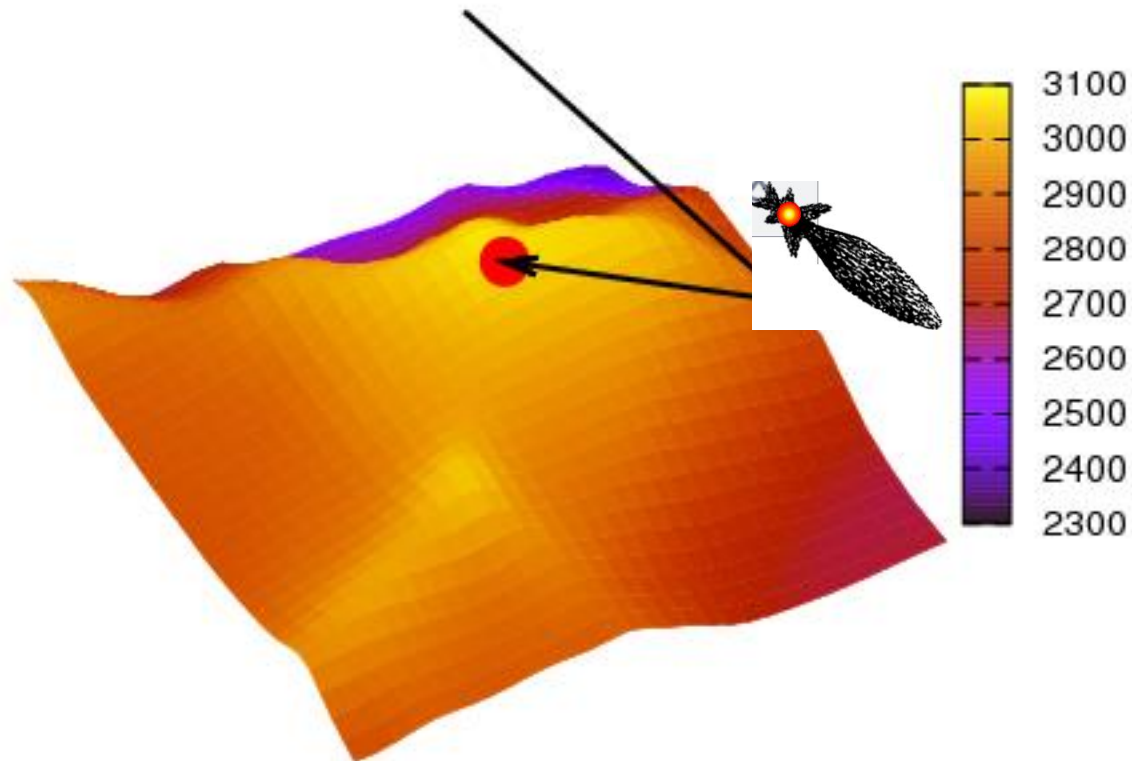


3-D Monte Carlo Modelle Grimaldi(5) und MCARaTS (6)

(1+2) Dahlback and Stamnes (1991), (3) Richiazzi et al. (1998), (4) Mayer and Kylling (2005), (5) Scheirer und Macke(2001), (6) Iwabuchi (2006)

2. Potential und Funktionsweise von Strahlungsmodellen

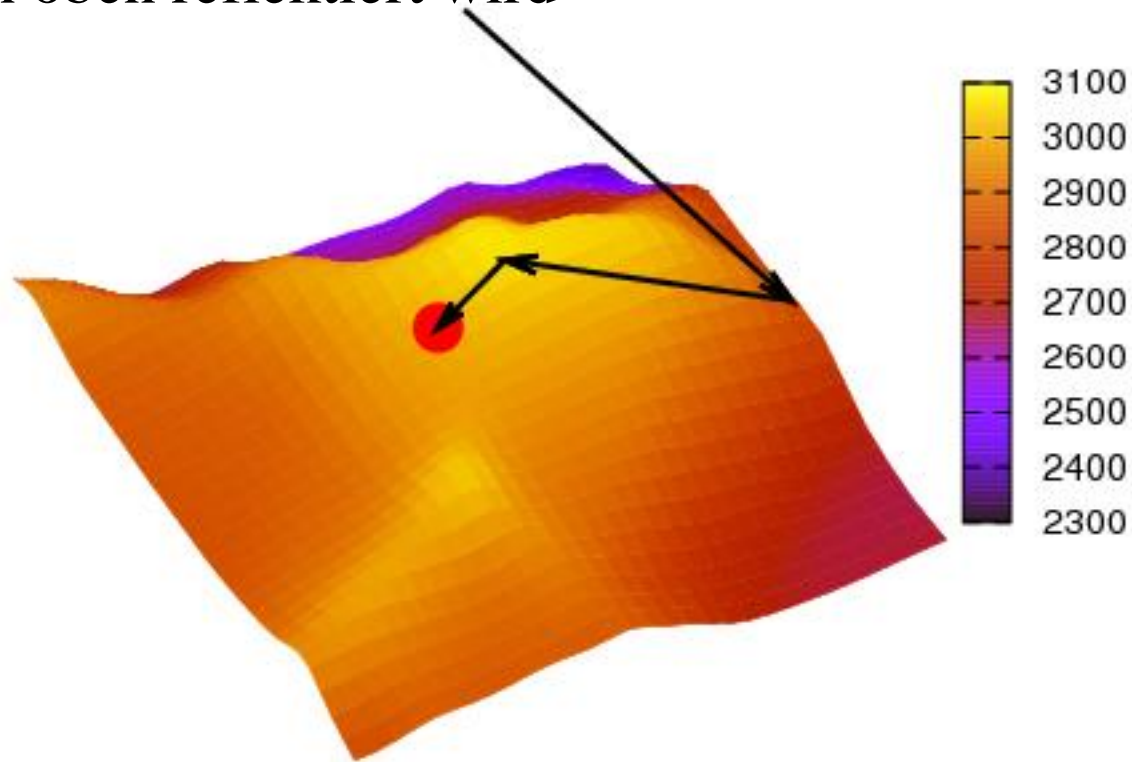
3-D Strahlungsmodell Grimaldi: Fluss von Photonen dringt in Atmosphäre
Jedes Ereignis (Streuung, Reflexion, Absorption) wird mit Hilfe
eines Zufallsgenerators ermittelt. Topographie wird berücksichtigt



2. Potential und Funktionsweise von Strahlungsmodellen

Reflexion an der Oberfläche.

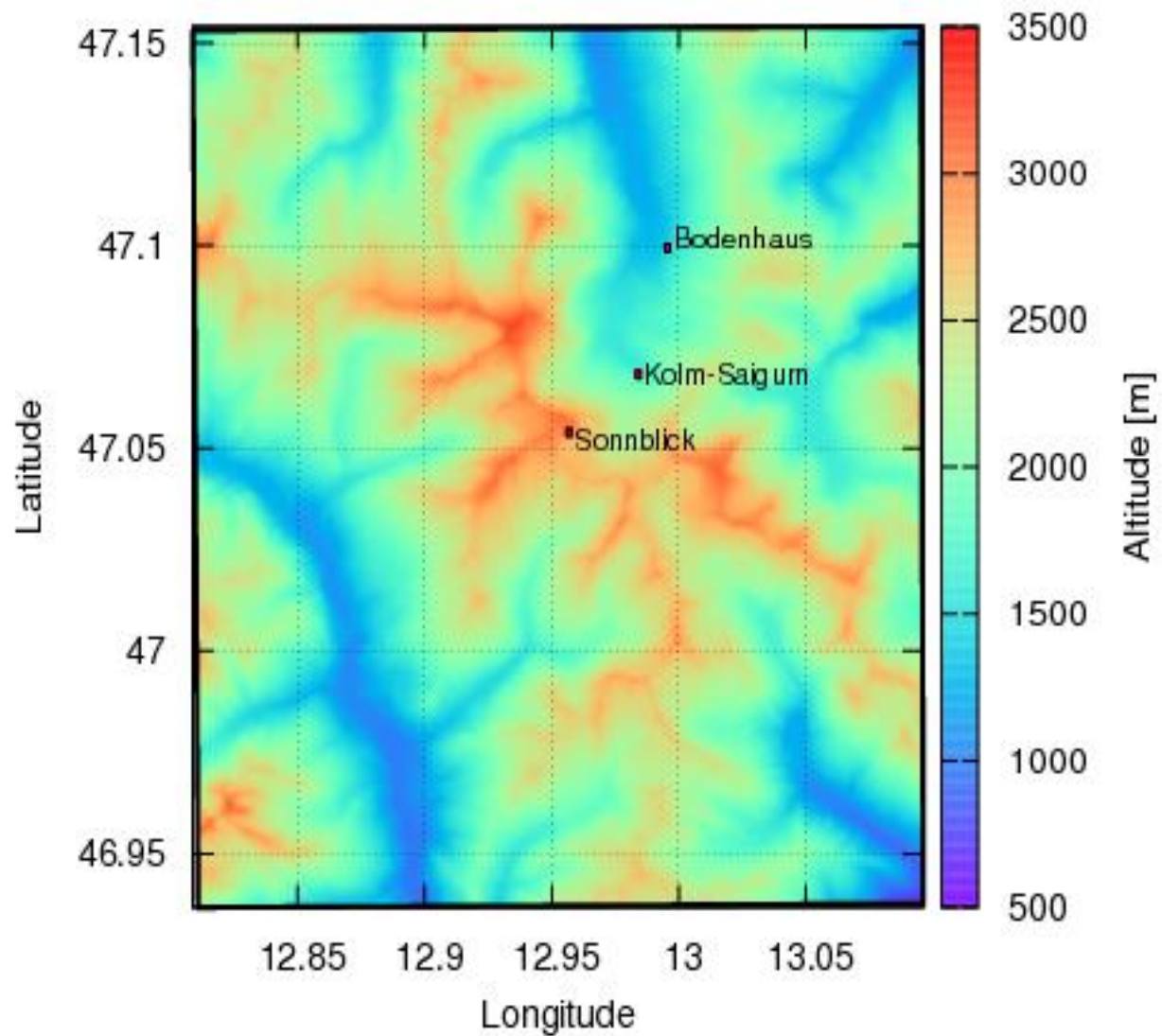
“Das Leben des Photons endet wenn es absorbiert wird oder wenn es wieder nach oben reflektiert wird



DAS POTENTIAL DER STRAHLUNGSMODELLE

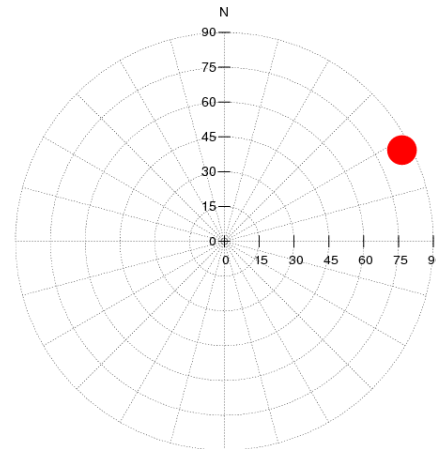
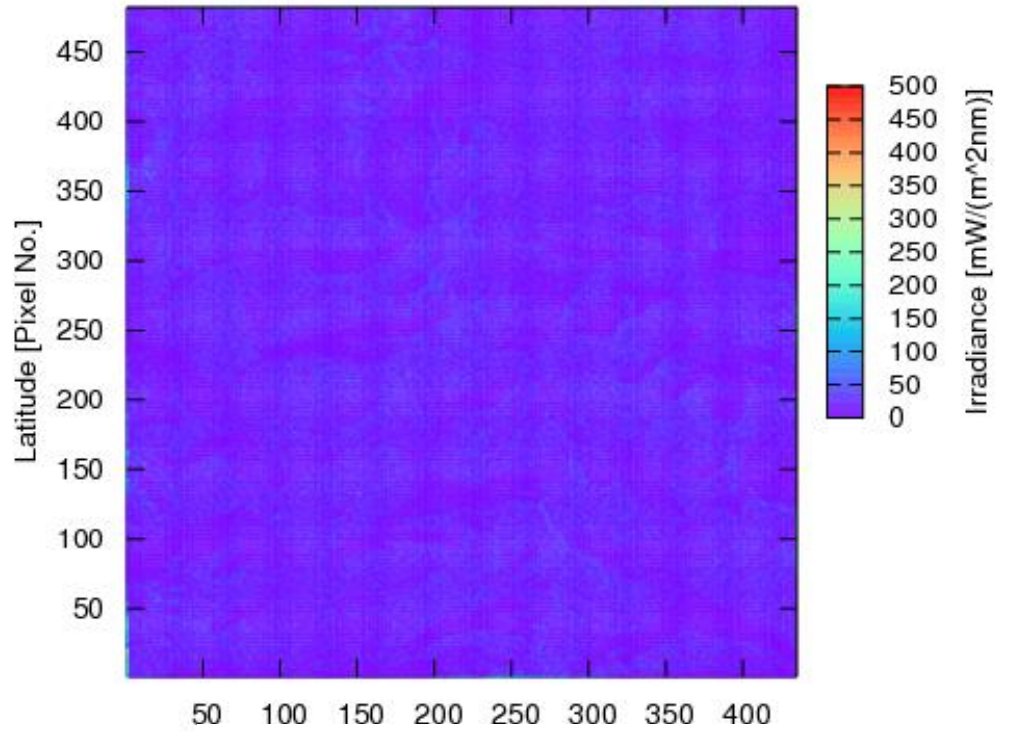
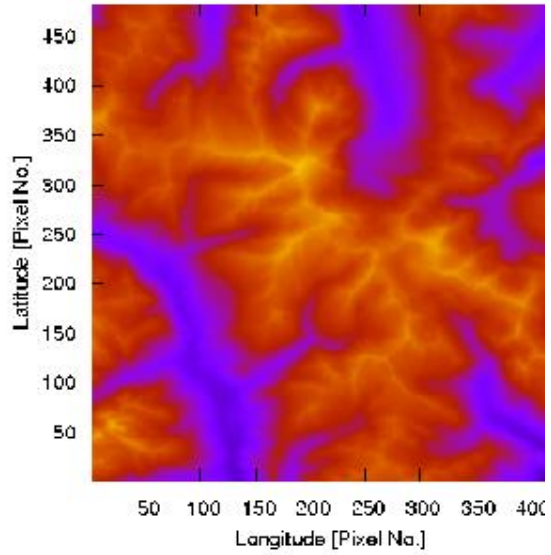
SIMULATION DER STRAHLUNG BEI KOMPLEXER TOPOGRAPHIE

Digital elevation model used in GRIMALDI



Direct + Diffuse Irradiance at 360nm at _20060717_ zenith: 86.0 azimuth: 242.8

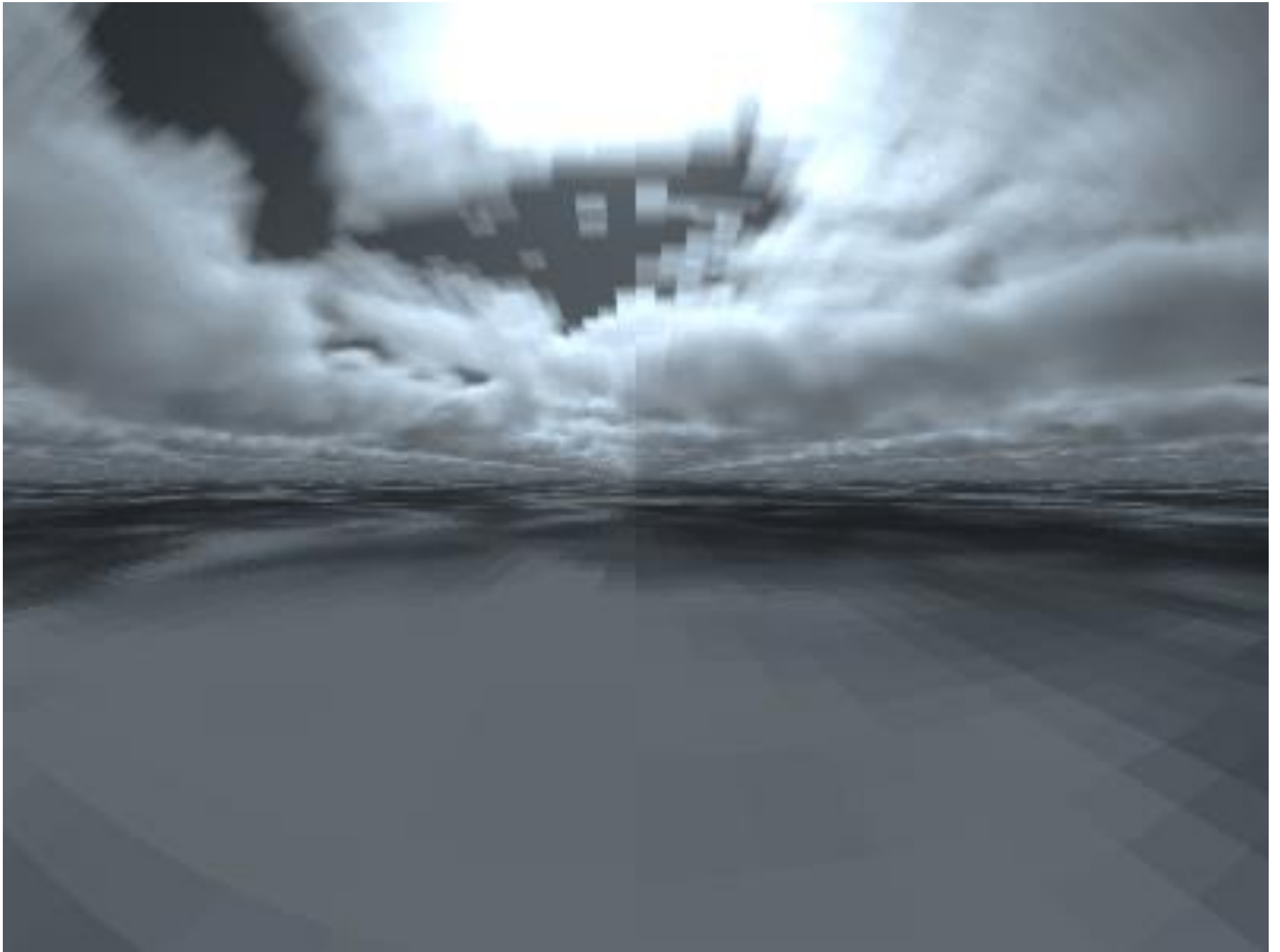
Digital elevation map (50 m resolution)




SIMULATION DER EINFALLENDEN STRAHLUNG BEI SICH ZEITLICH VERÄNDERNDER UMGEBUNG

Simulationen aus der Kameraperspektive

MODELLIERUNG DER STRAHLUNG BEI WECHSELNDER BEWÖLKUNG





Charakterisierung des Wolkenfeldes

3-D Verteilung von

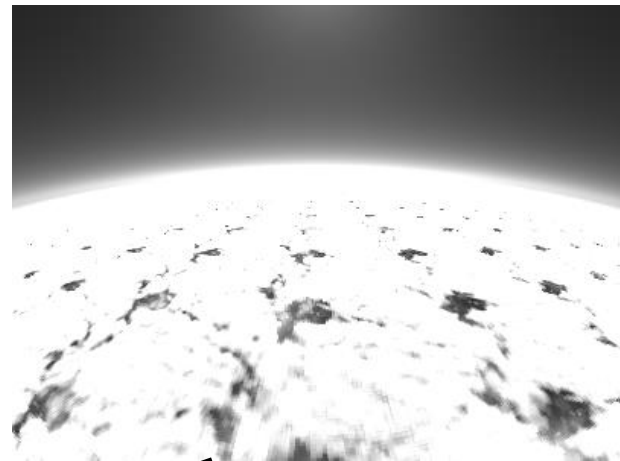
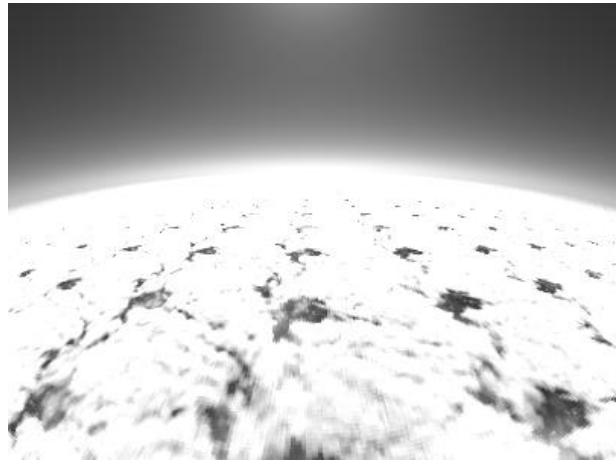
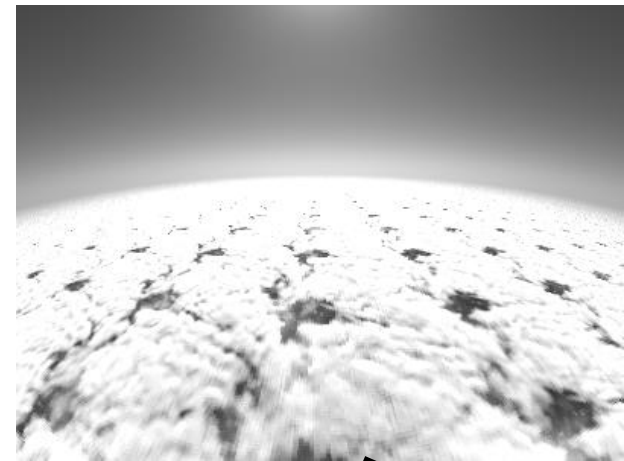
- Extinktionskoeffizienten (Abschwächung für Strahlung)
- Absorptionskoeffizienten (Umwandlung von Energie in Wärme)
- Phasenfunktion (Richtungsverteilung der Streuung)

3 DIMENSIONALES MONTE-CARLO MODELL MCARaTS

BLAU (0.45 μm)

GRÜN (0.55 μm)

ROT (0.67 μm)

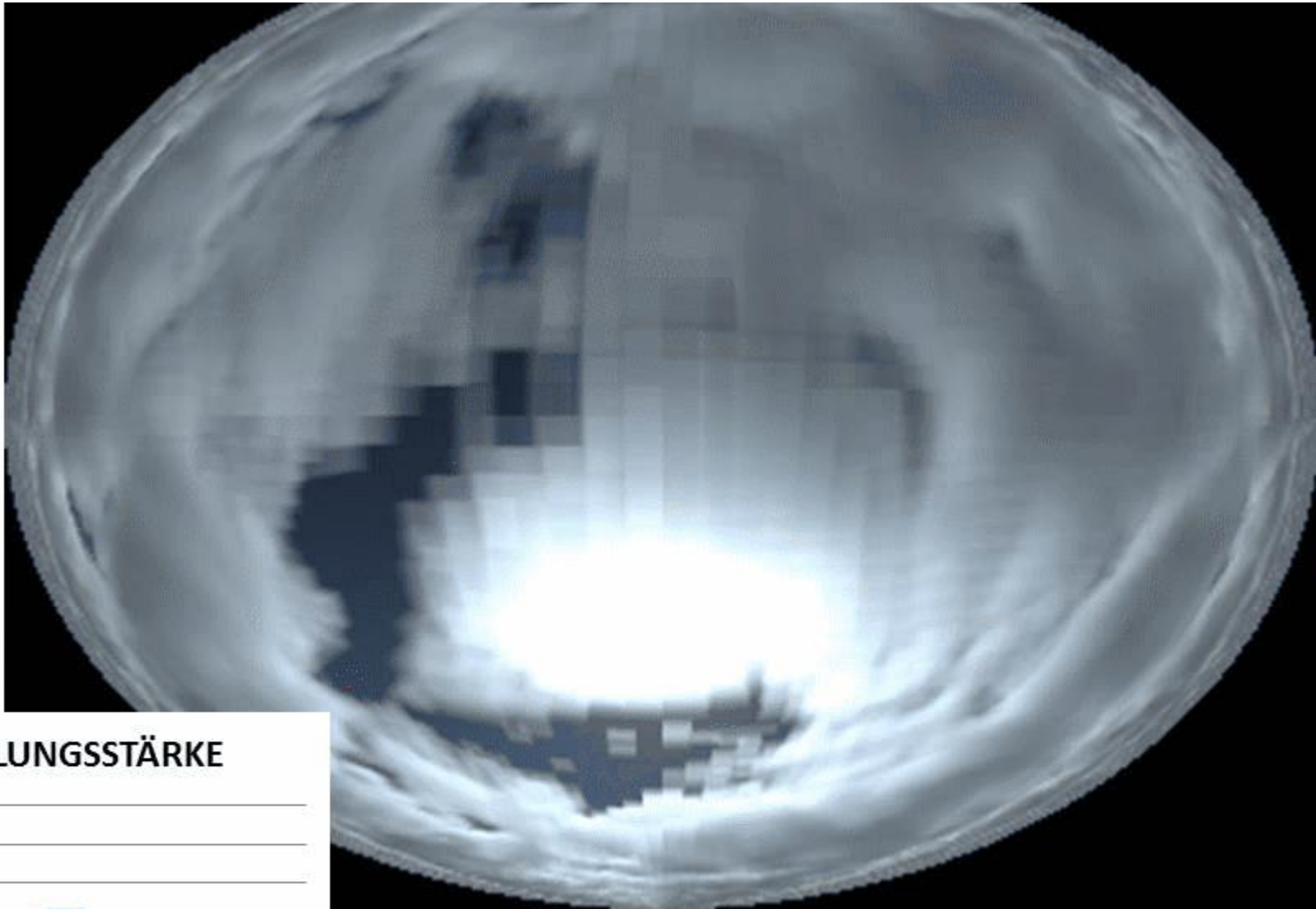


ERSTELLEN EINES VIDEOS

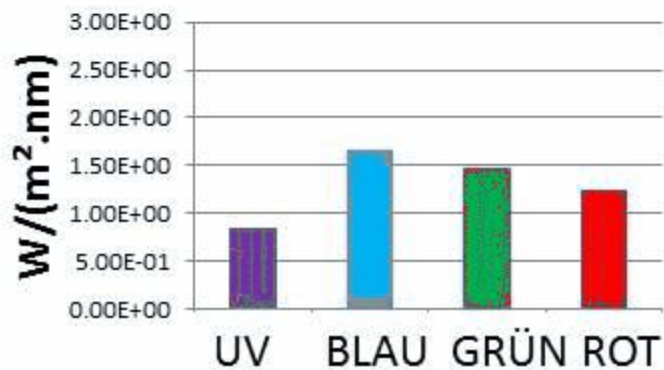


jpg Bilder werden mit Hilfe einer Software (video13) zu einem Video zusammengefügt

SIMULATIONEN VON FISCHAUGENAUFNAHMEN DER BEWÖLKUNG



BESTRAHLUNGSSTÄRKE



UV = 320 nm

GRÜN = 550 nm

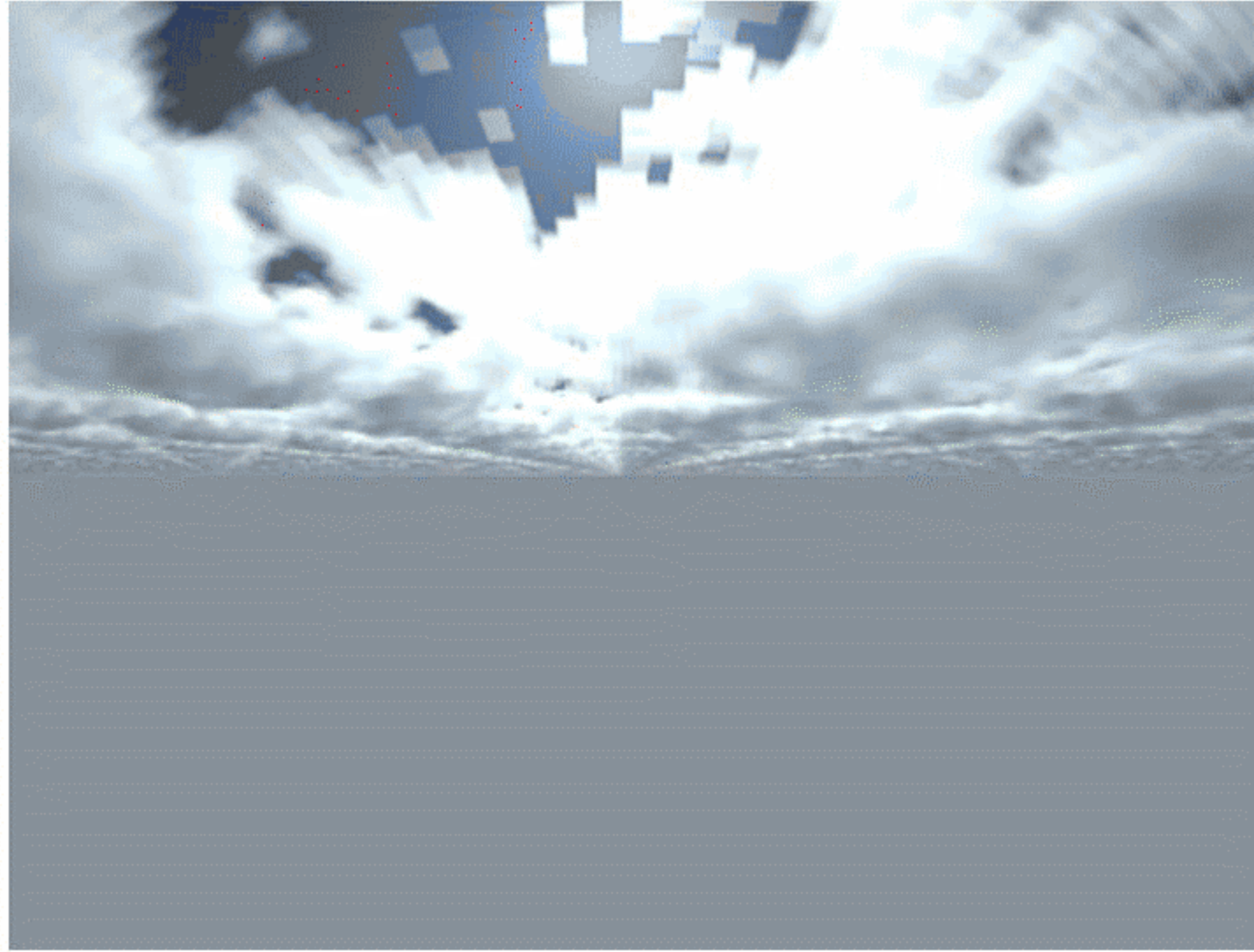
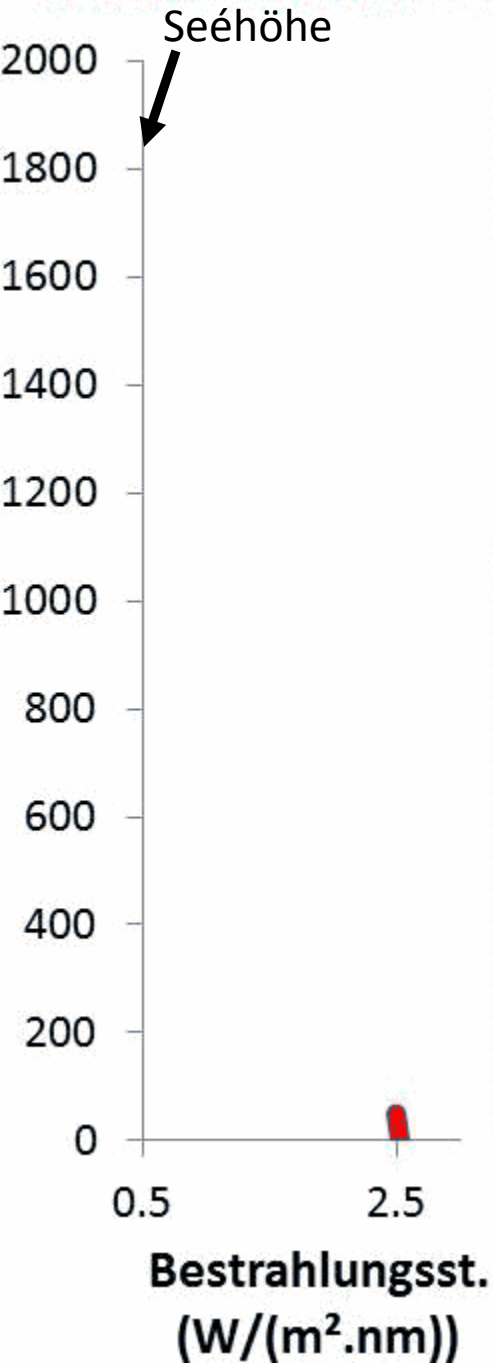
BLAU = 450 nm

ROT = 670 nm

SIMULATION BEI ORTSVERÄNDERUNG DES BEOBACHTERS

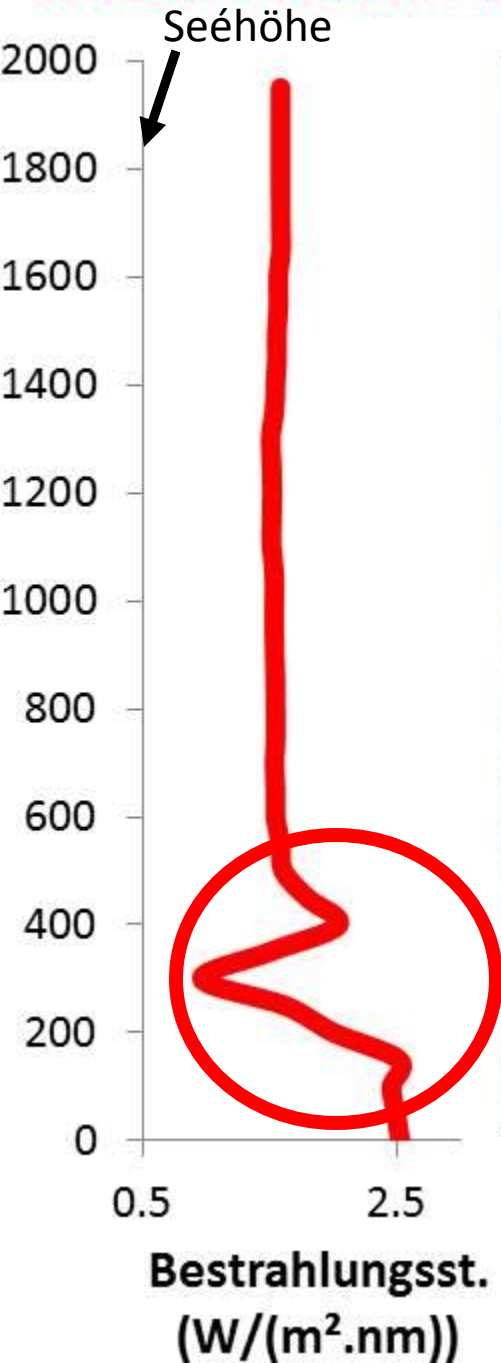
Simulationen aus der Kameraperspektive

MODELLSIMULATION DER ABHÄNGIGKEIT DER STRAHLUNGSINTENSITÄT VON DER SEEHÖHE



670 nm (rot)

MODELLSIMULATION DER ABHÄNGIGKEIT DER STRAHLUNGSINTENSITÄT VON DER SEEHÖHE

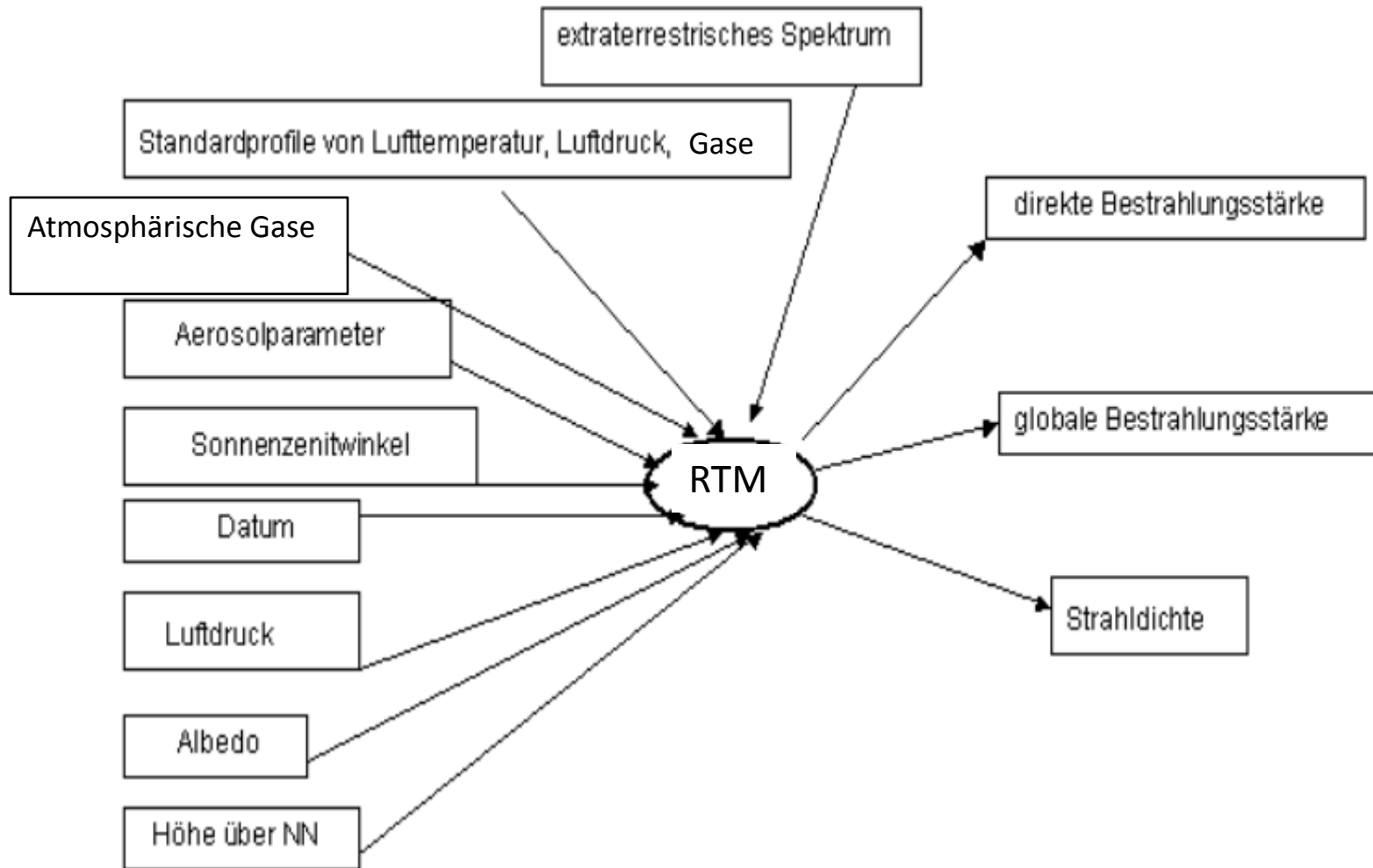


STUDIE DER GENAUIGKEIT VON STRAHLUNGSMODELLEN IM KURZWELLIGEN BEREICH

- Bei Einbeziehung der pseudo-sphärischen Approximation (Erdkrümmung) erreicht man eine Genauigkeit von 2-3%.
- Die größte Fehlerquelle von Strahlungsberechnungen liegt in der Ungenauigkeit der Modelleingabeparameter

=> Genauere Modelleingabeparameter führen zu genaueren Modellberechnungen

FUNKTIONSWEISE EINES MODELLS: MODELL INPUT UND OUTPUT



Simic et al. (2011)

RTM = Strahlungsmodell



EINFLUSS DER MODELLEINGANGSPARAMETER AUF DIE MODELLGENAUIGKEIT

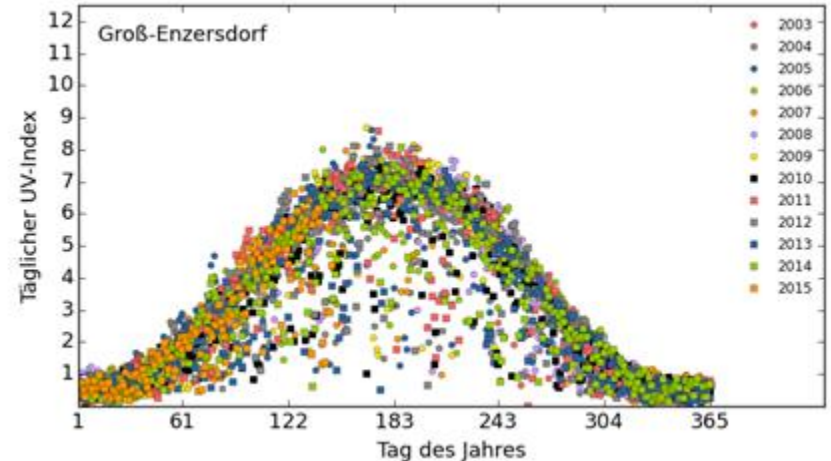
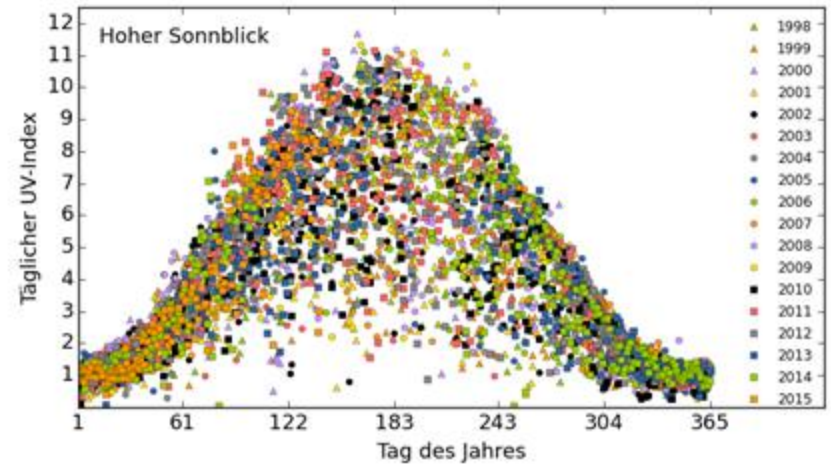
20 Jahre Messungen der Ozonschichtdicke
und der UV-Strahlung auf dem Hohen
Sonnblick

UV Index Sonnblick

Einflussfaktoren der UV-
Bestrahlungsstärke am
Boden:

- Sonnenstand
- Bewölkung
- Ozon
- Trübung
- Bodenreflexion

UV Index Groß- Enzersdorf



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

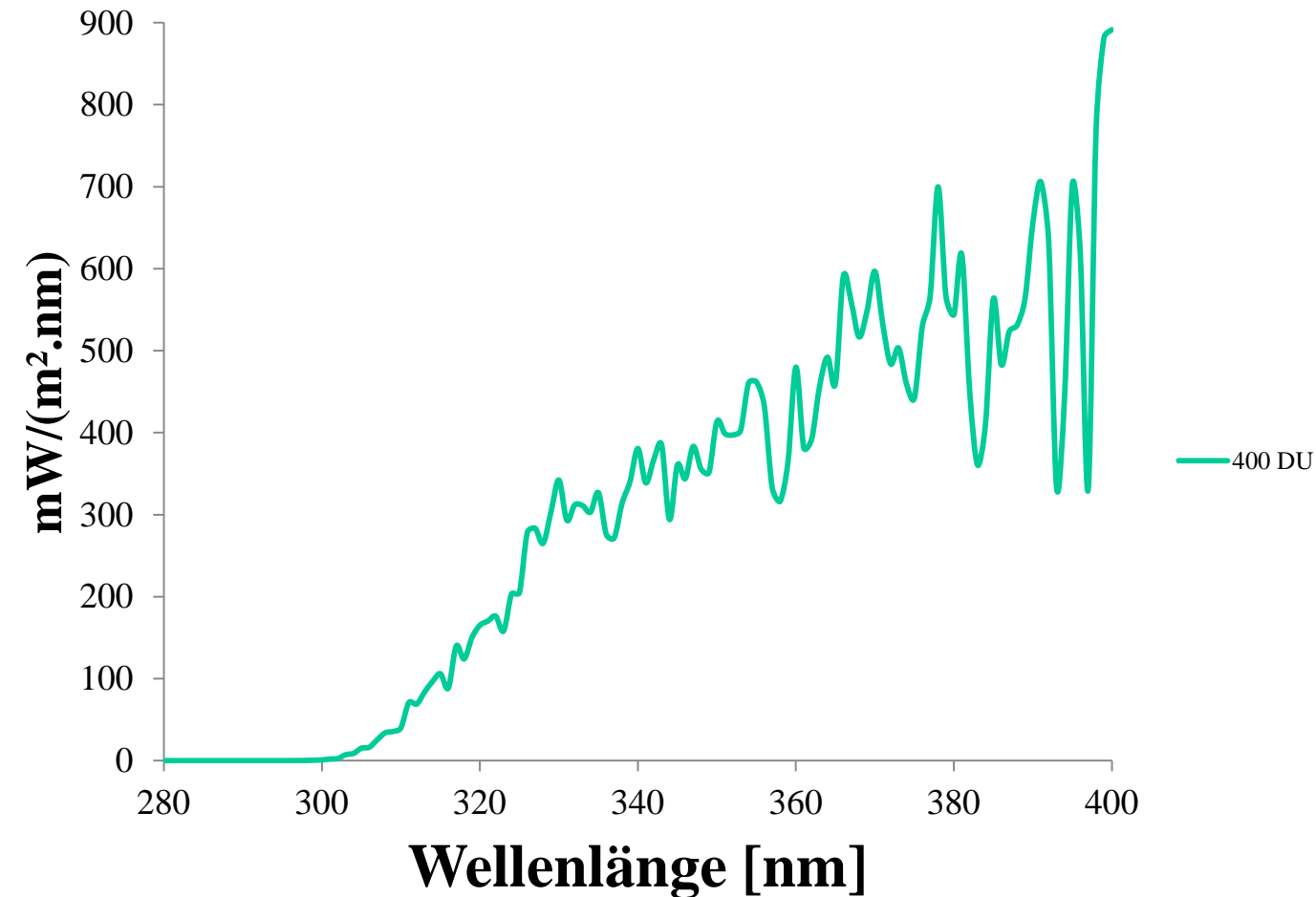
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = **400 DU**

UV Index = **5**

kurzwellige Globalstrahlung = **913 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

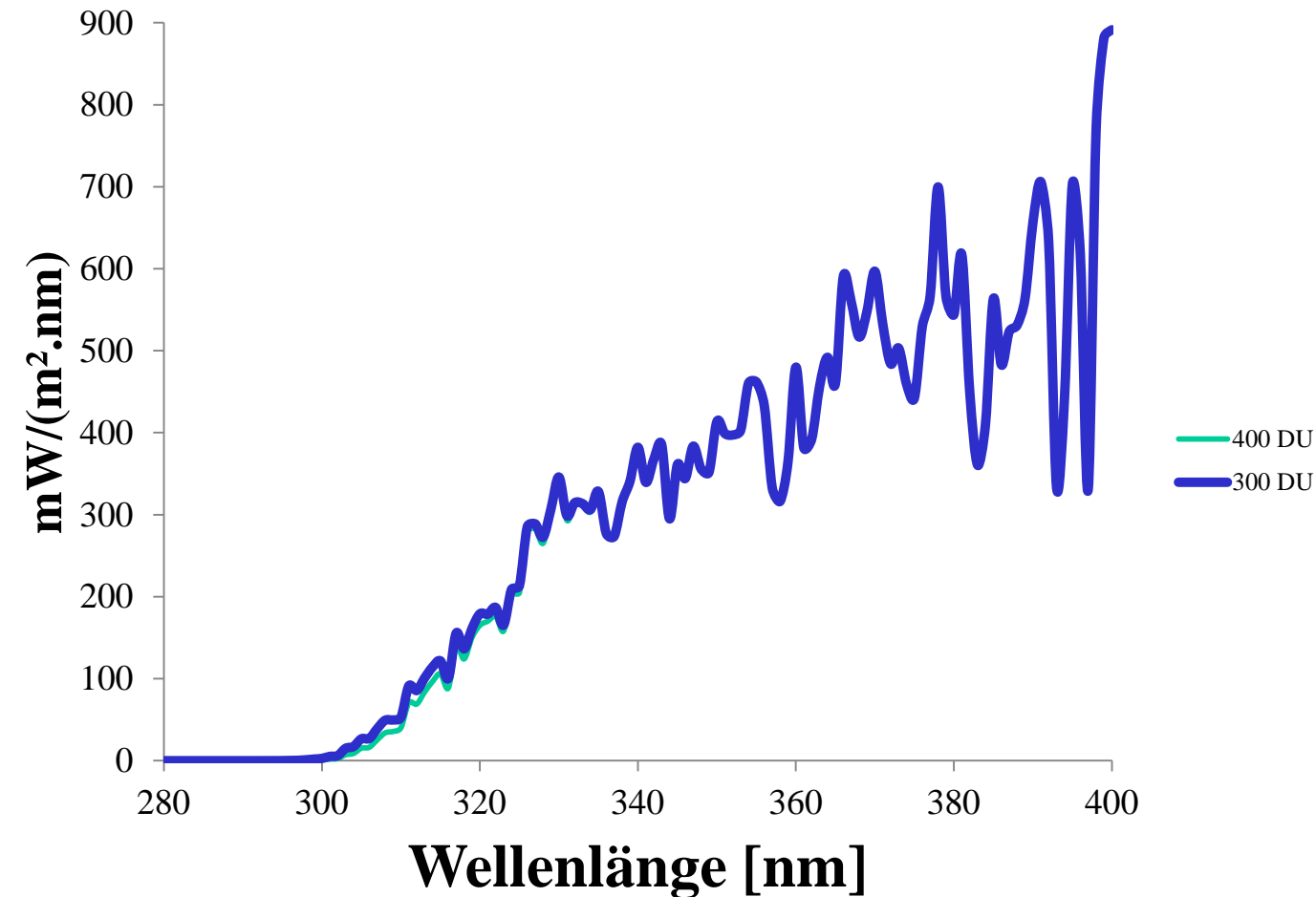
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = **300 DU**

UV Index = **7**

kurzwellige Globalstrahlung = **915 W/m^2**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

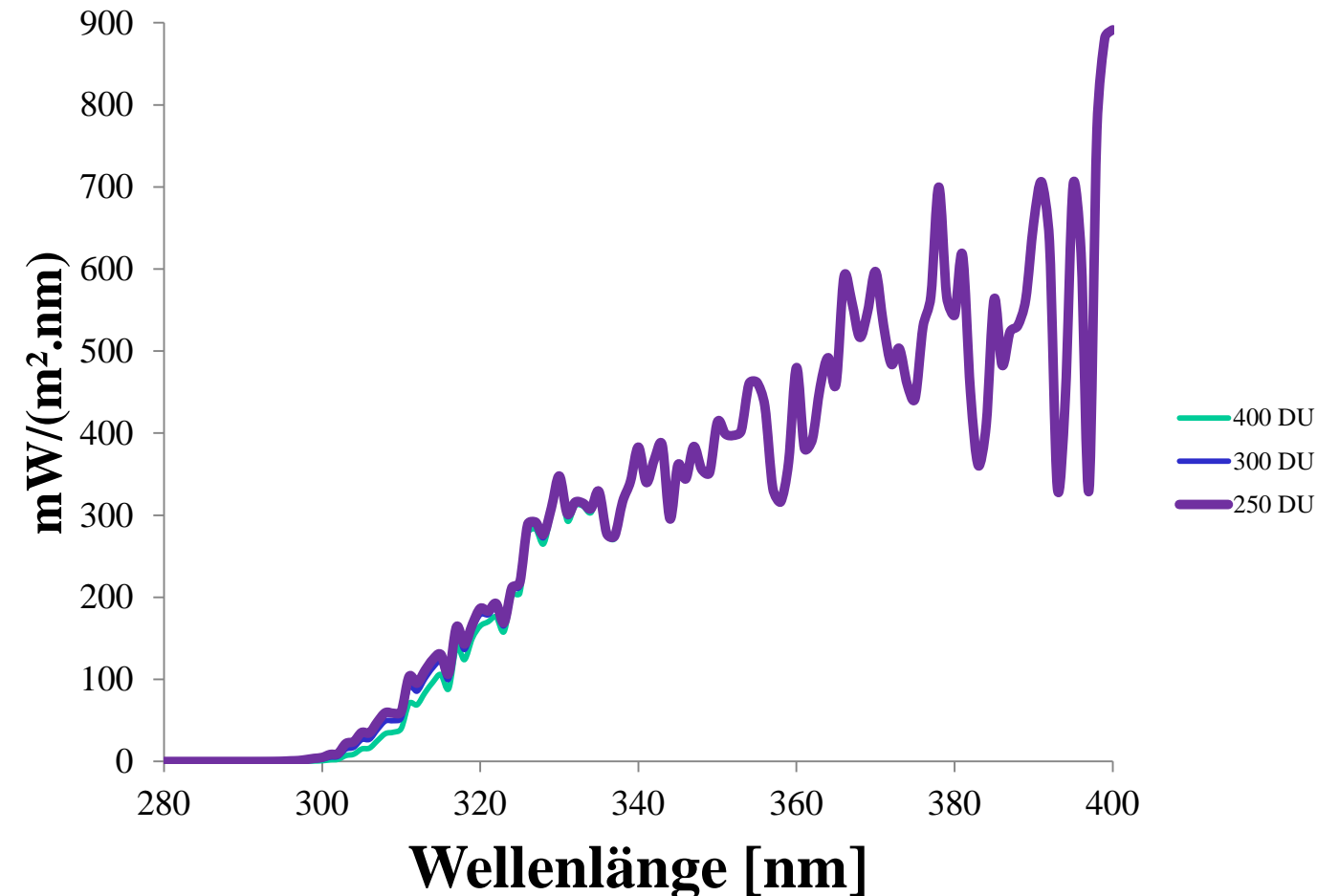
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = **250 DU**

UV Index = **9**

kurzwellige Globalstrahlung = **919 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

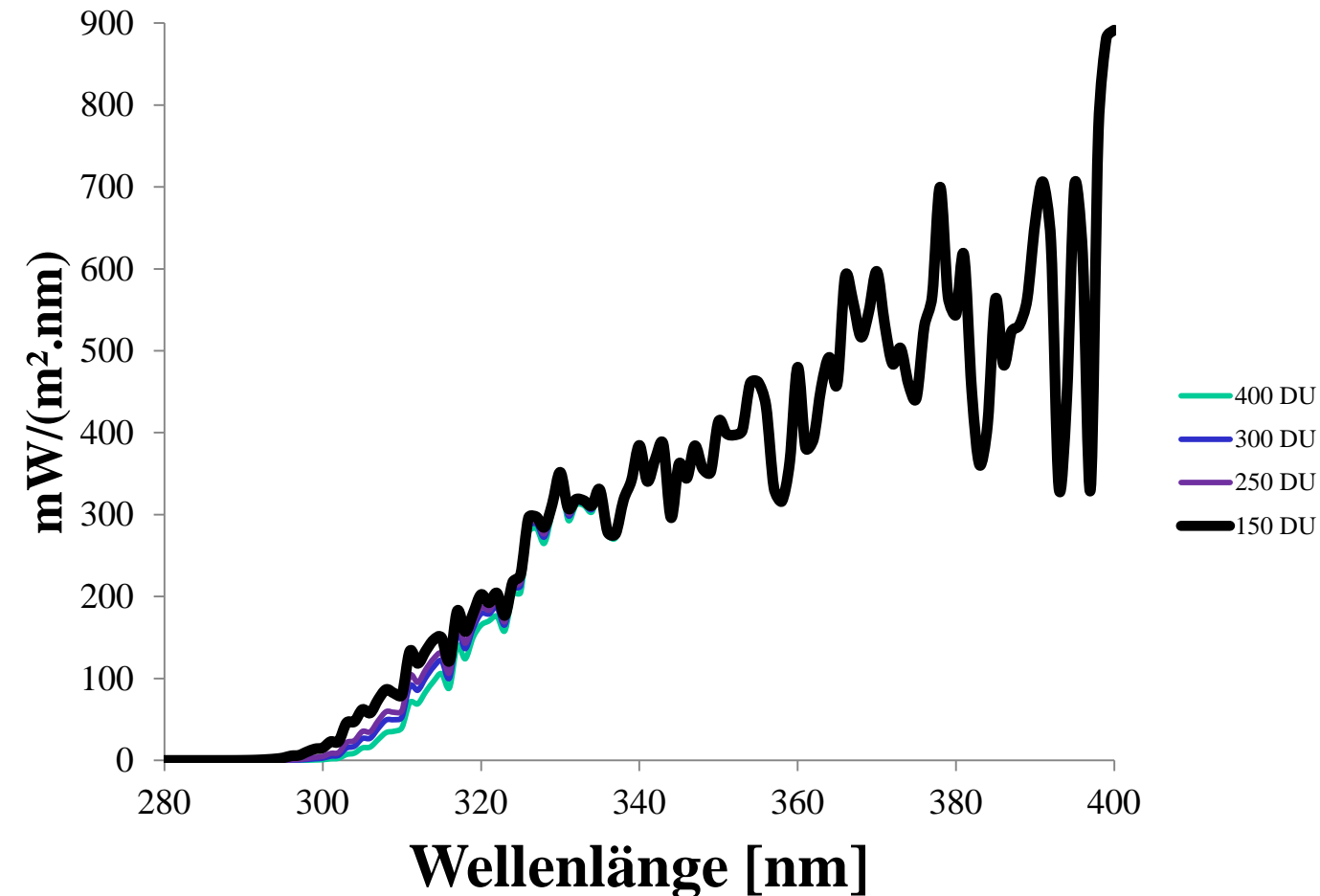
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = **150 DU**

UV Index = **16**

kurzwellige Globalstrahlung = **923 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

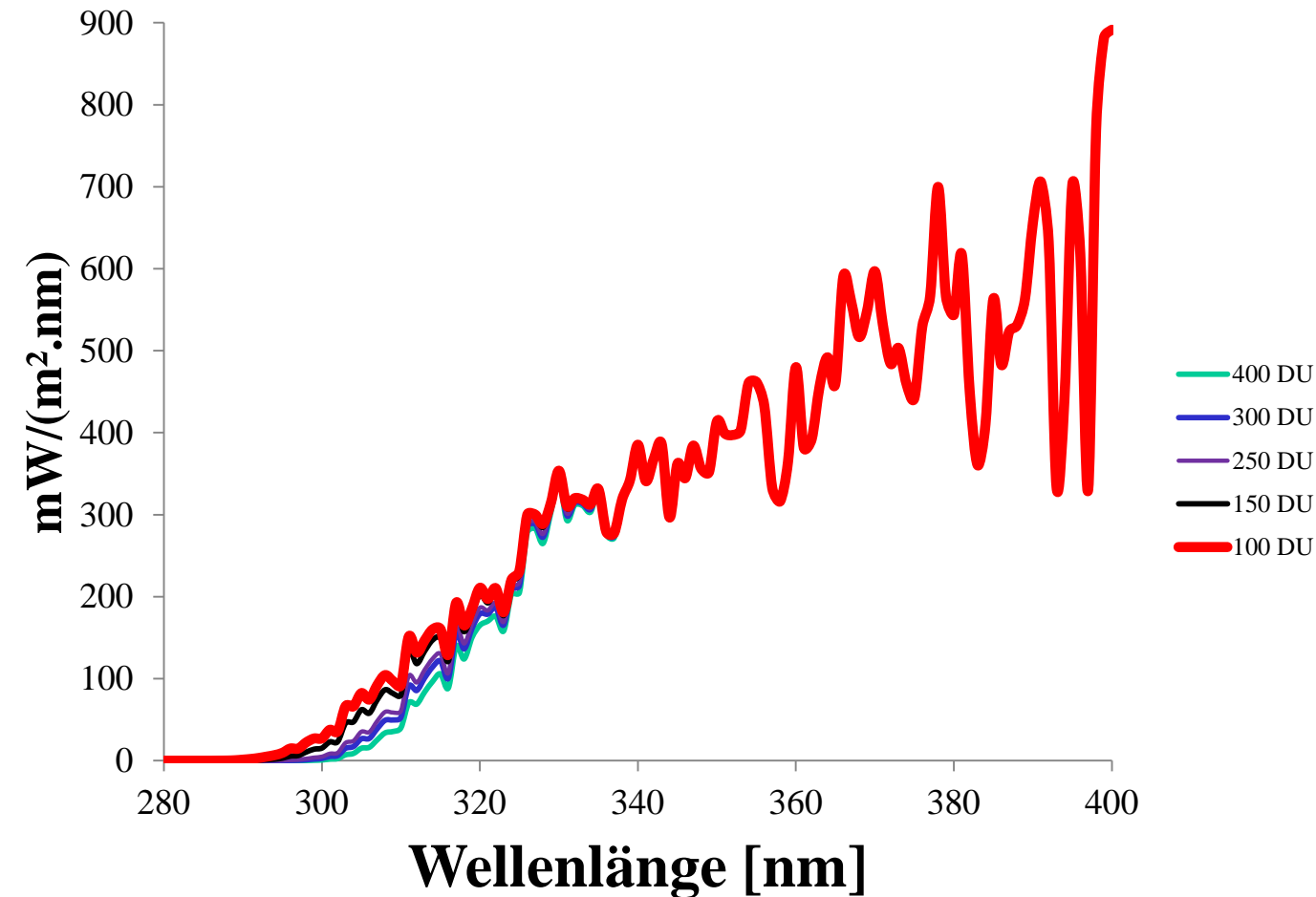
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = **100 DU**

UV Index = **25**

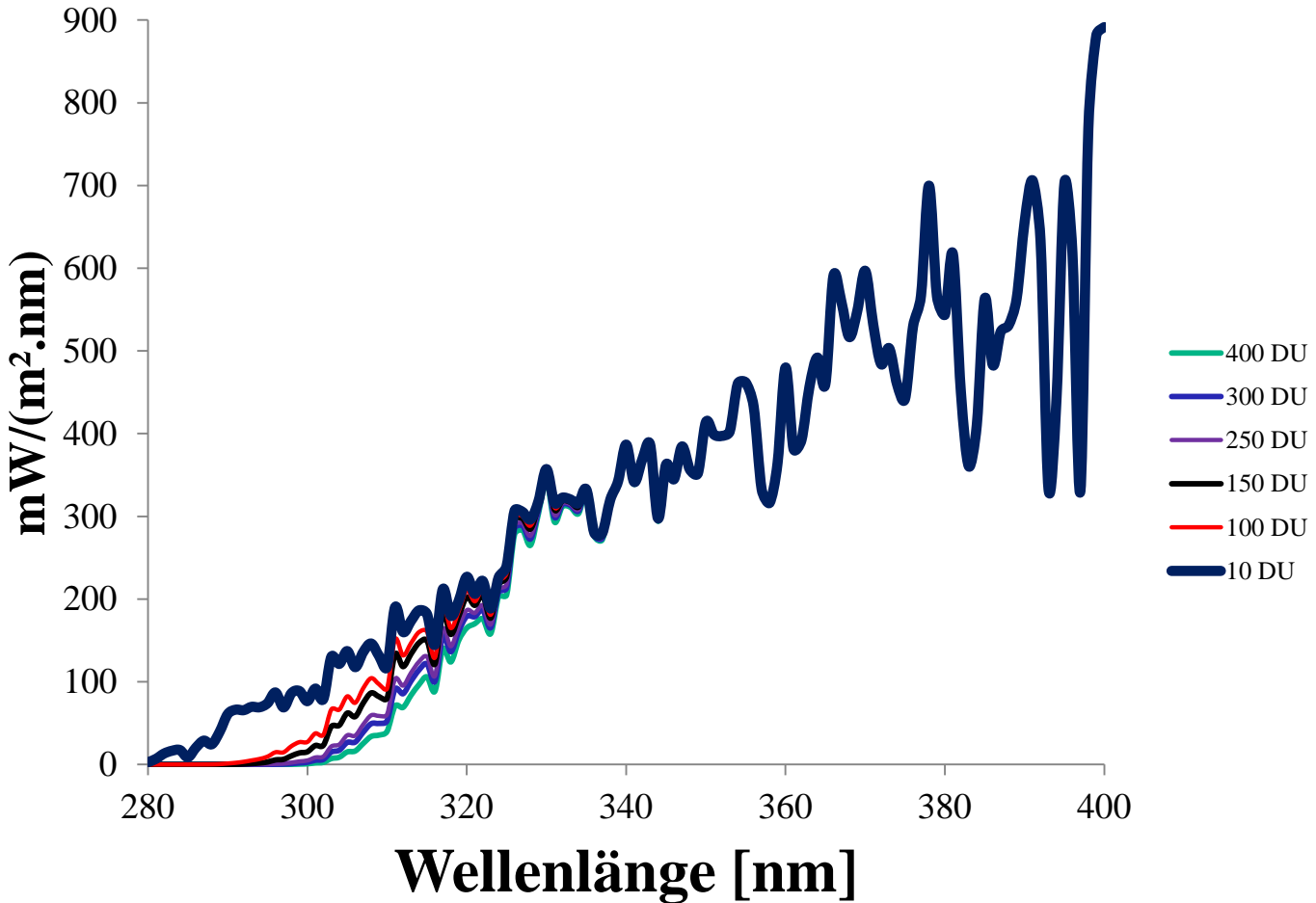
kurzwellige Globalstrahlung = **925 W/m^2**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

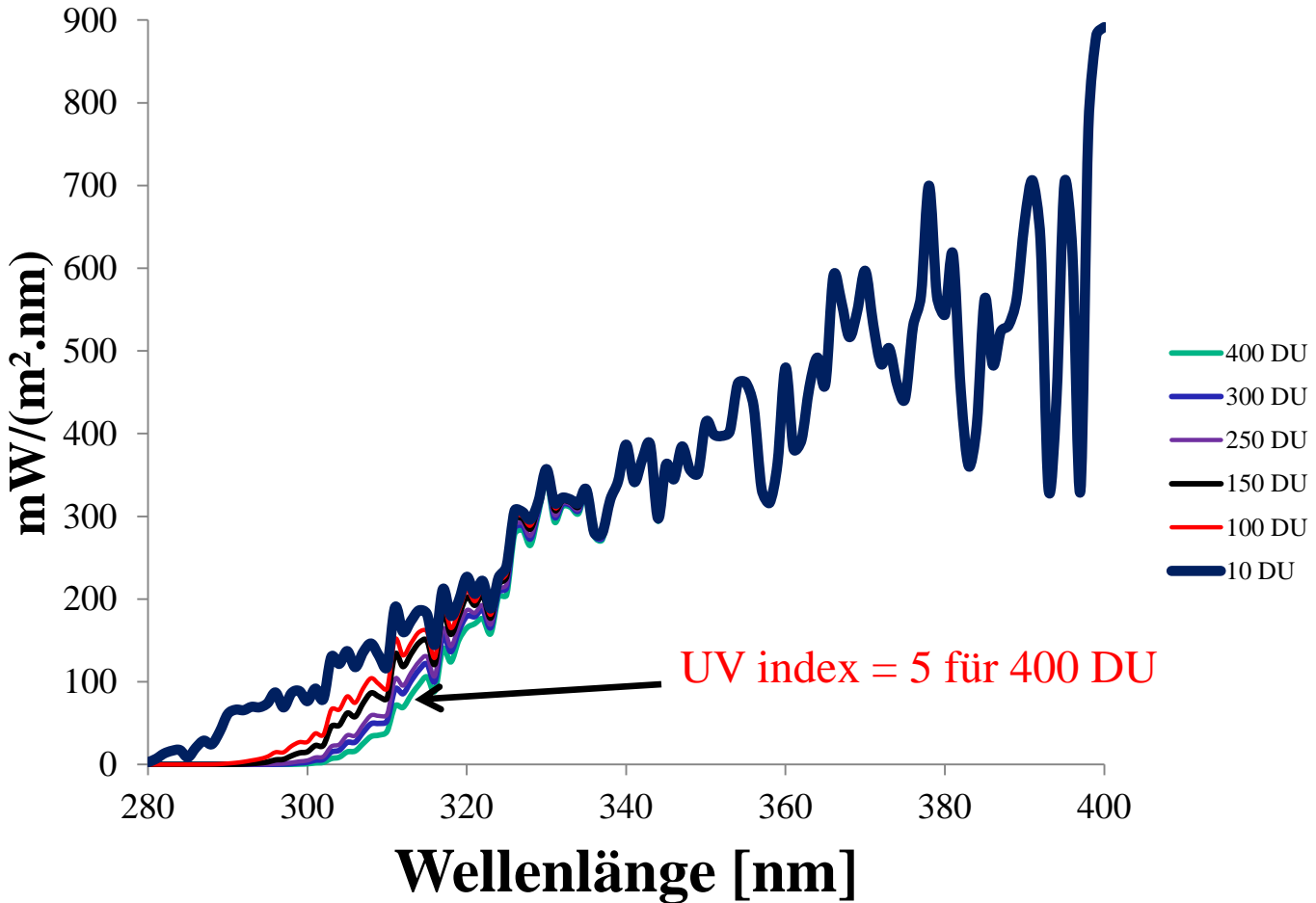
15. Mai 13h MEZ
Sonnenzenitwinkel = 32°
Ozonschichtdicke = **10 DU**
UV Index = **97**
kurzwellige Globalstrahlung = **931 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

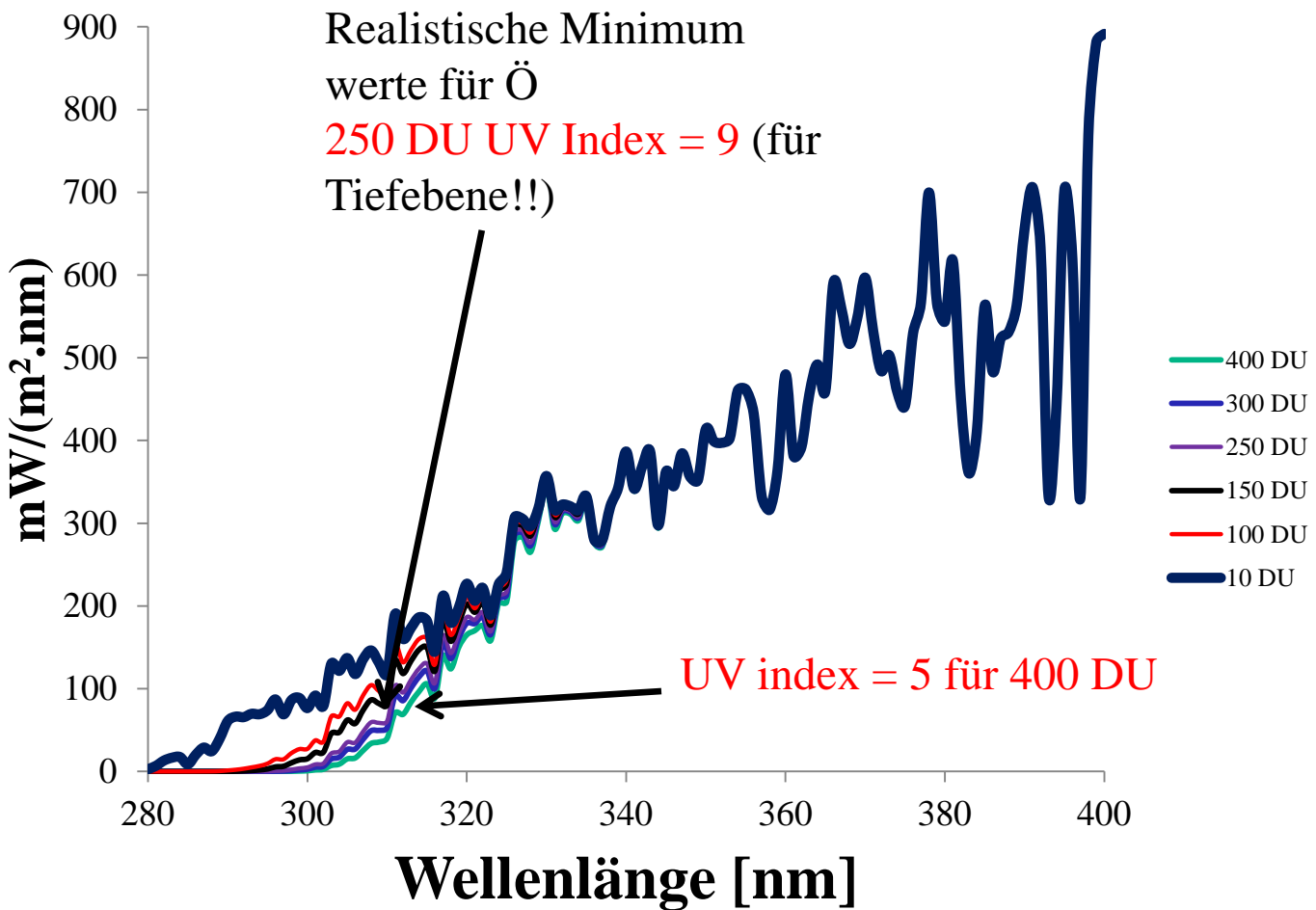
15. Mai 13h MEZ
Sonnenzenitwinkel = 32°
Ozonschichtdicke = **10 DU**
UV Index = **97**
kurzwellige Globalstrahlung = **931 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER OZONSCHICHTDICKE

15. Mai 13h MEZ
Sonnenzenitwinkel = 32°
Ozonschichtdicke = **10 DU**
UV Index = **97**
kurzwellige Globalstrahlung = **931 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER AEROSOLE

15. Mai 13h MEZ

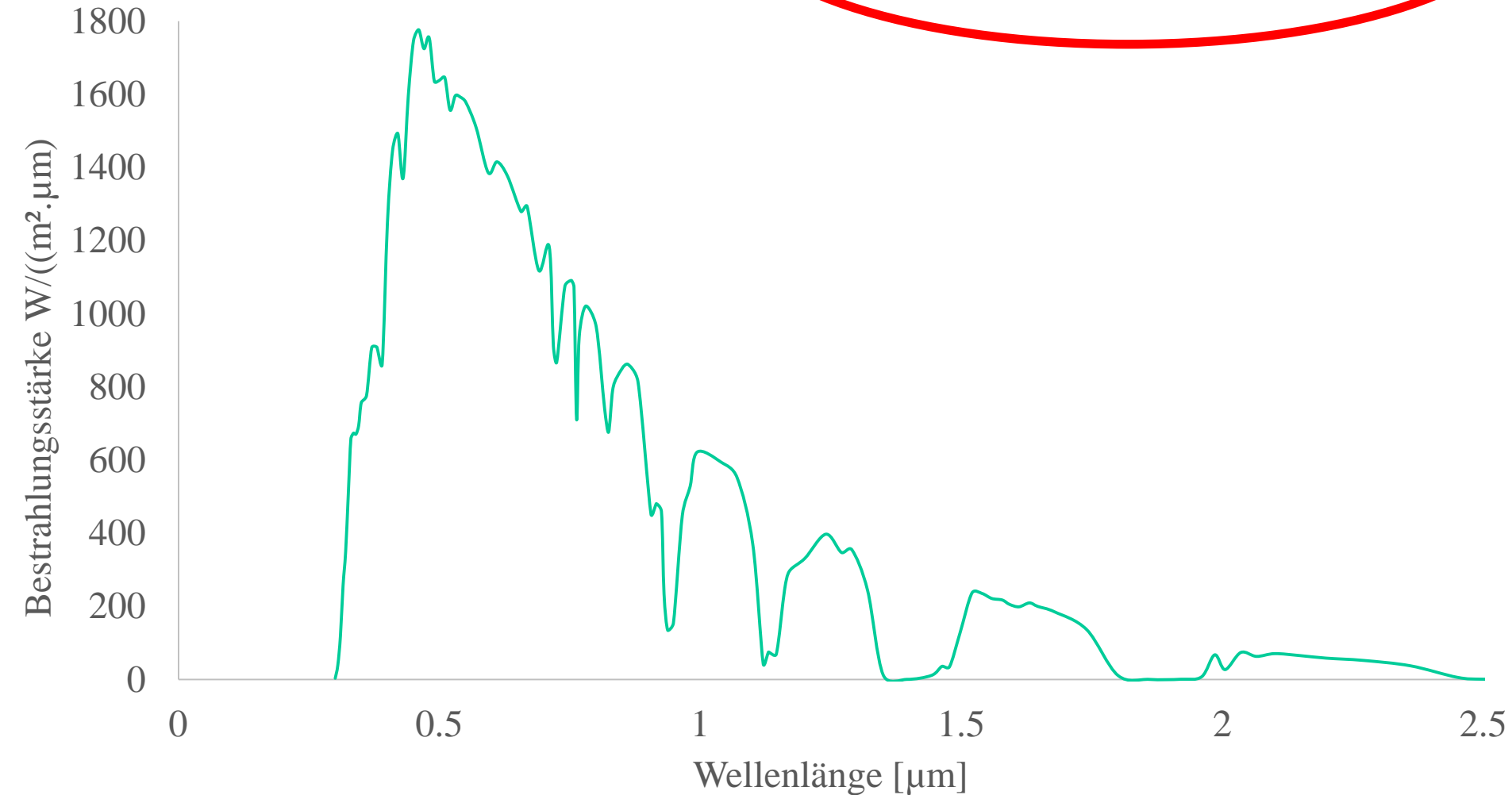
Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = 350 DU

Angström Trübungskoeffizient = **0.01**

UV Index = **6.5**

Kurzwellige Strahlung = **935 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER AEROSOLE

15. Mai 13h MEZ

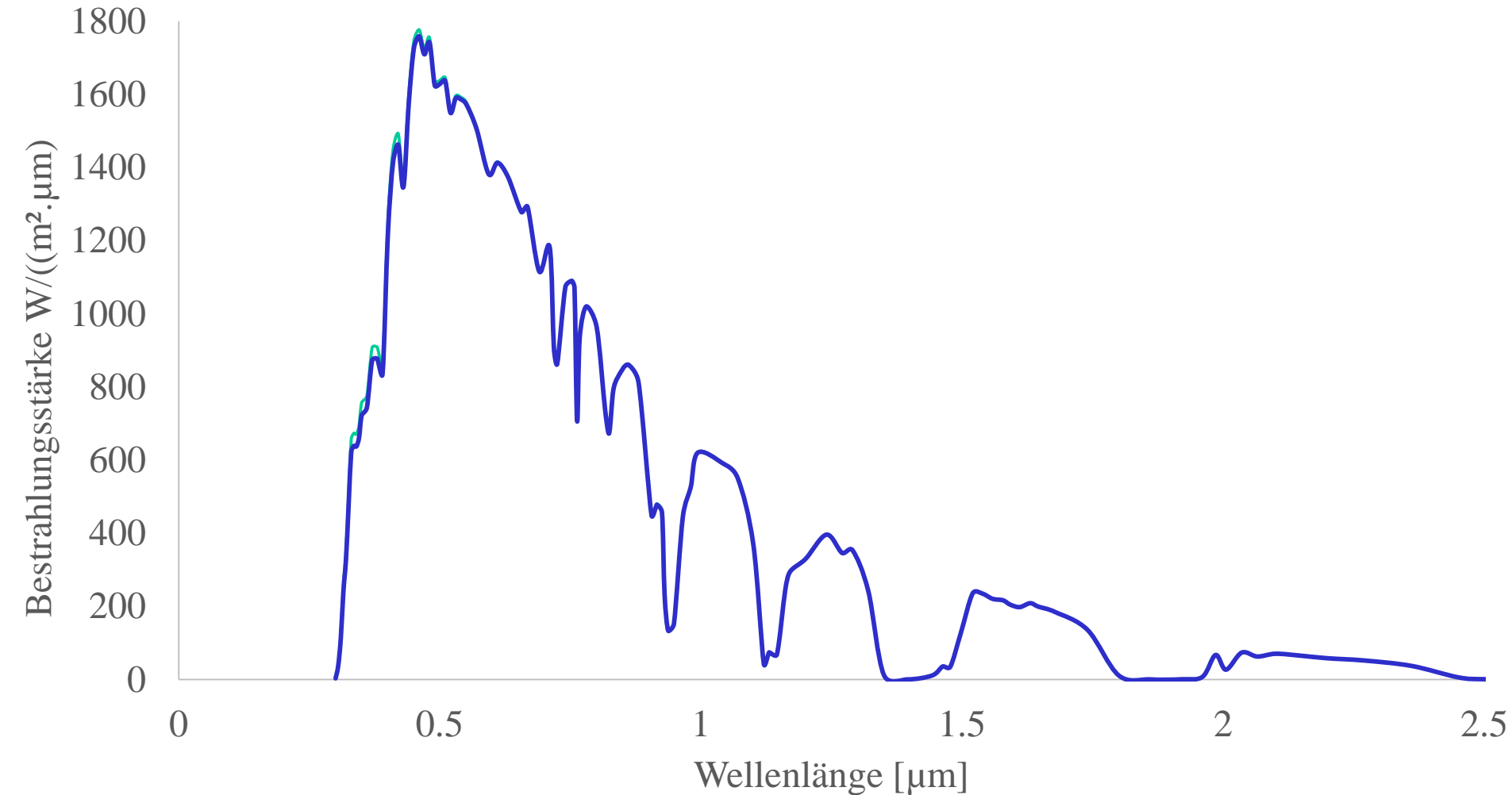
Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = 350 DU

Angström Trübungskoeffizient = **0.1**

UV Index = **6**

Kurzwellige Strahlung = **927 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER AEROSOLE

15. Mai 13h MEZ

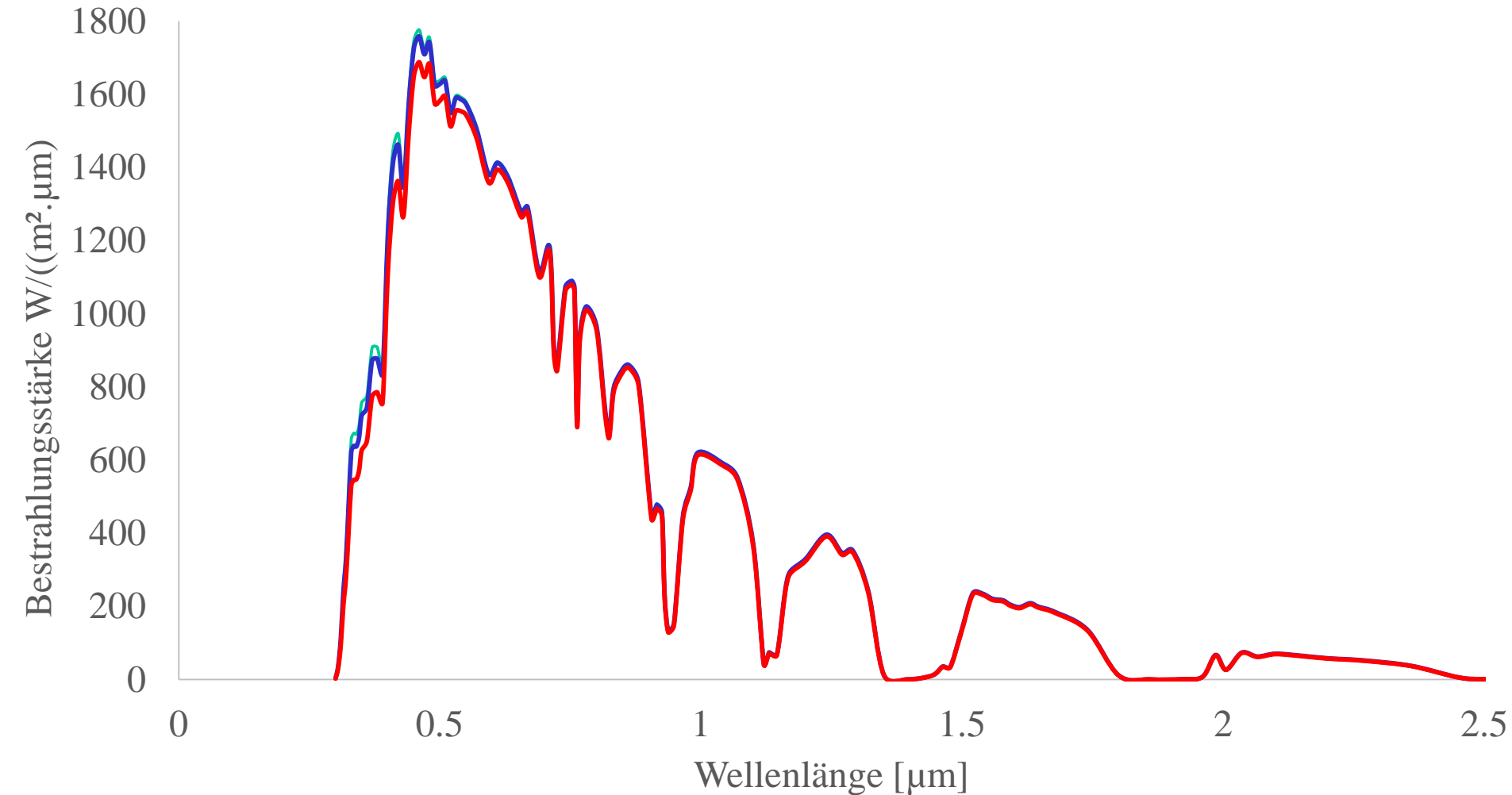
Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = 350 DU

Angström Trübungskoeffizient = **0.4**

UV Index = **4.3**

Kurzwellige Strahlung = **901 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER AEROSOLE

15. Mai 13h MEZ

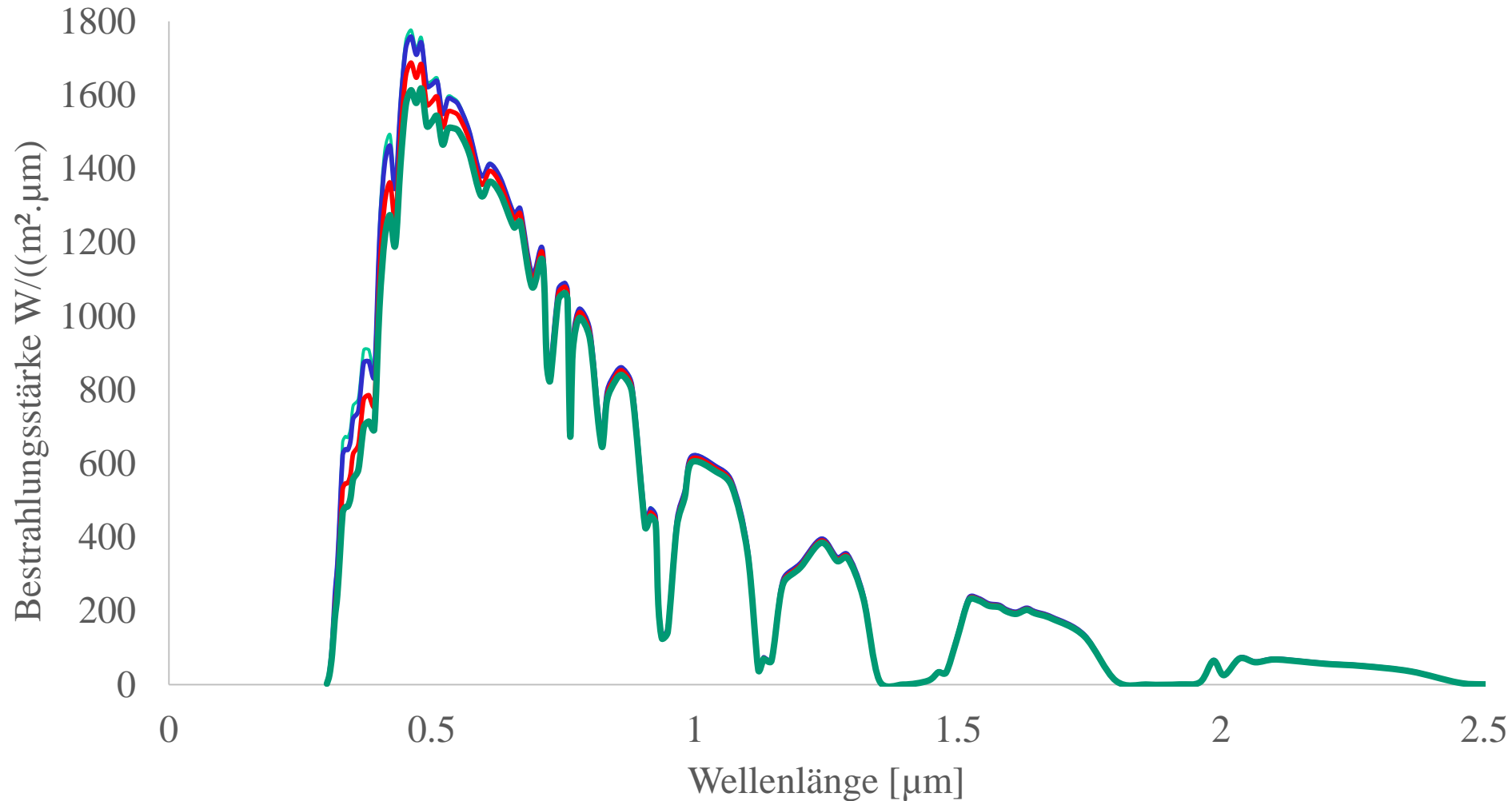
Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = 350 DU

Angström Trübungskoeffizient = **0.5**

UV Index = **4.2**

Kurzwellige Strahlung = **874 W/m^2**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER AEROSOLE

15. Mai 13h MEZ

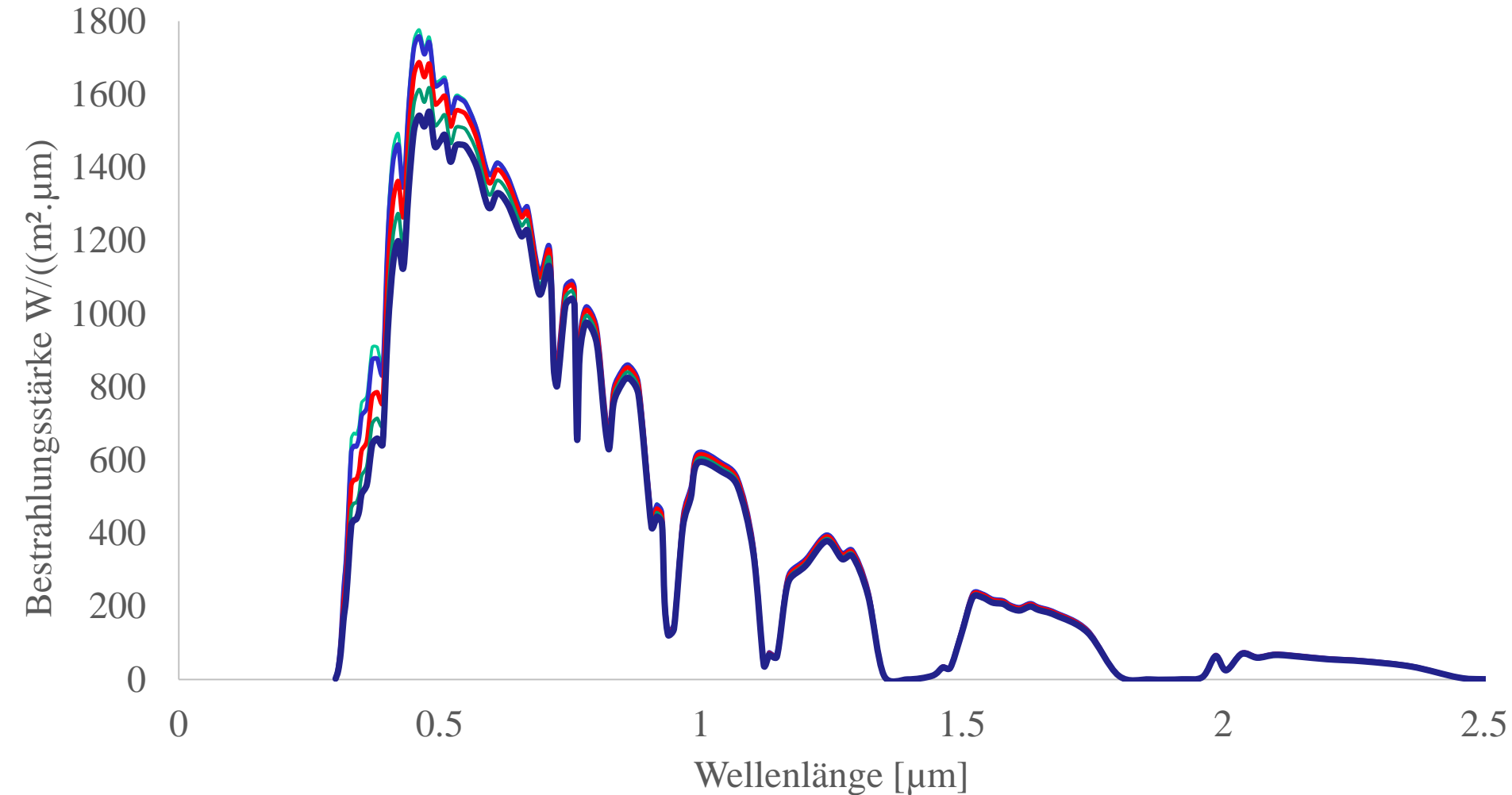
Sonnenzenitwinkel = 32°

Ozonschichtdicke = 350 DU

Angström Trübungskoeffizient = **1**

UV Index = **3.5**

Kurzwellige Strahlung = **847 W/m^2**

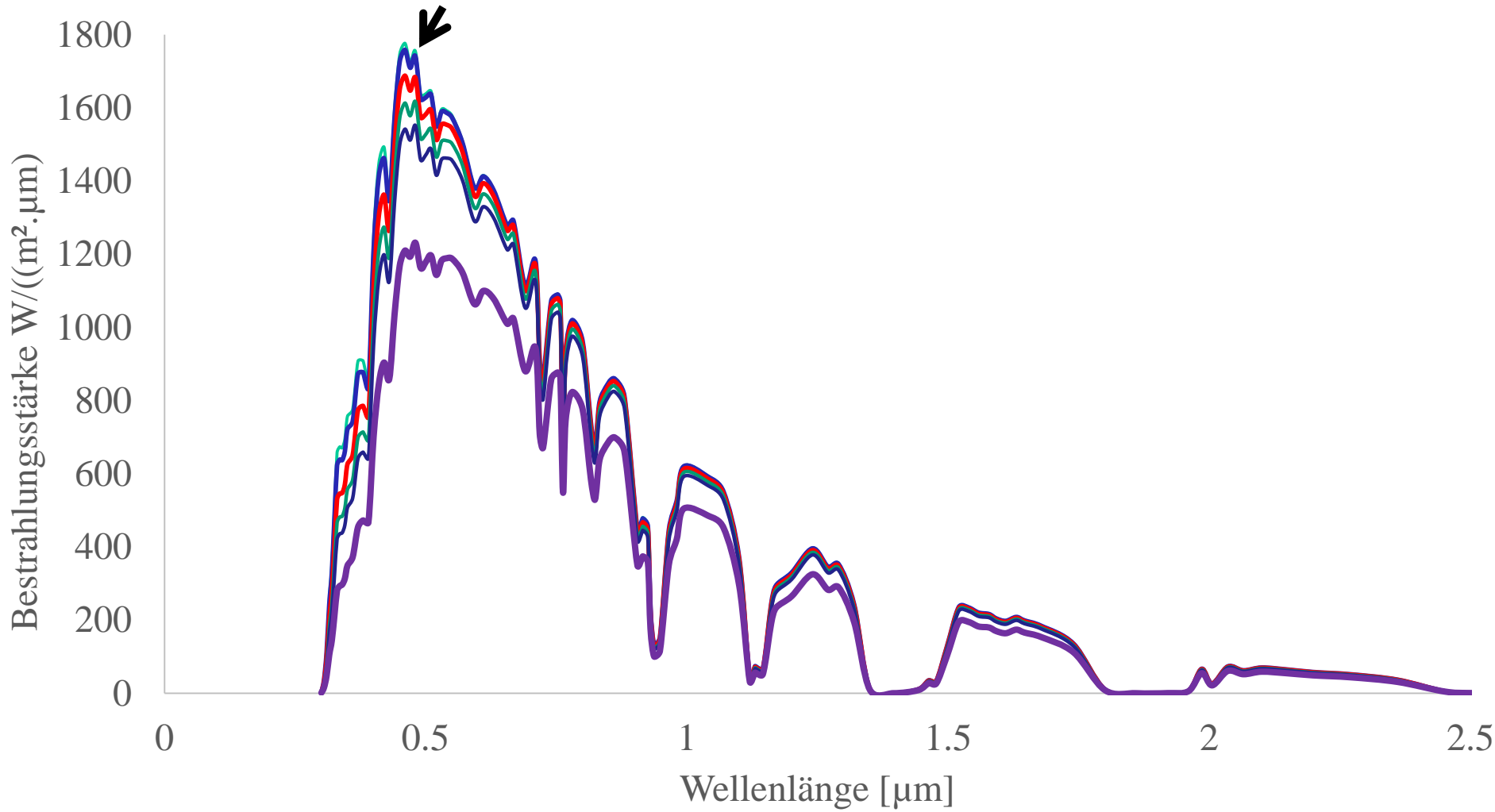


3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DER AEROSOLE

Für Trübung = 0.01
UV Index = 6.5
KW Strahlung = 935 W/m²

15. Mai 13h MEZ
Sonnenzenitwinkel = 32°
Ozonschichtdicke = 350 DU
Angström Trübungskoeffizient = **3**
UV Index = **2.5**
Kurzwellige Strahlung = **697 W/m²**



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DES ATMOSPHERISCHEN WASSERDAMPFS

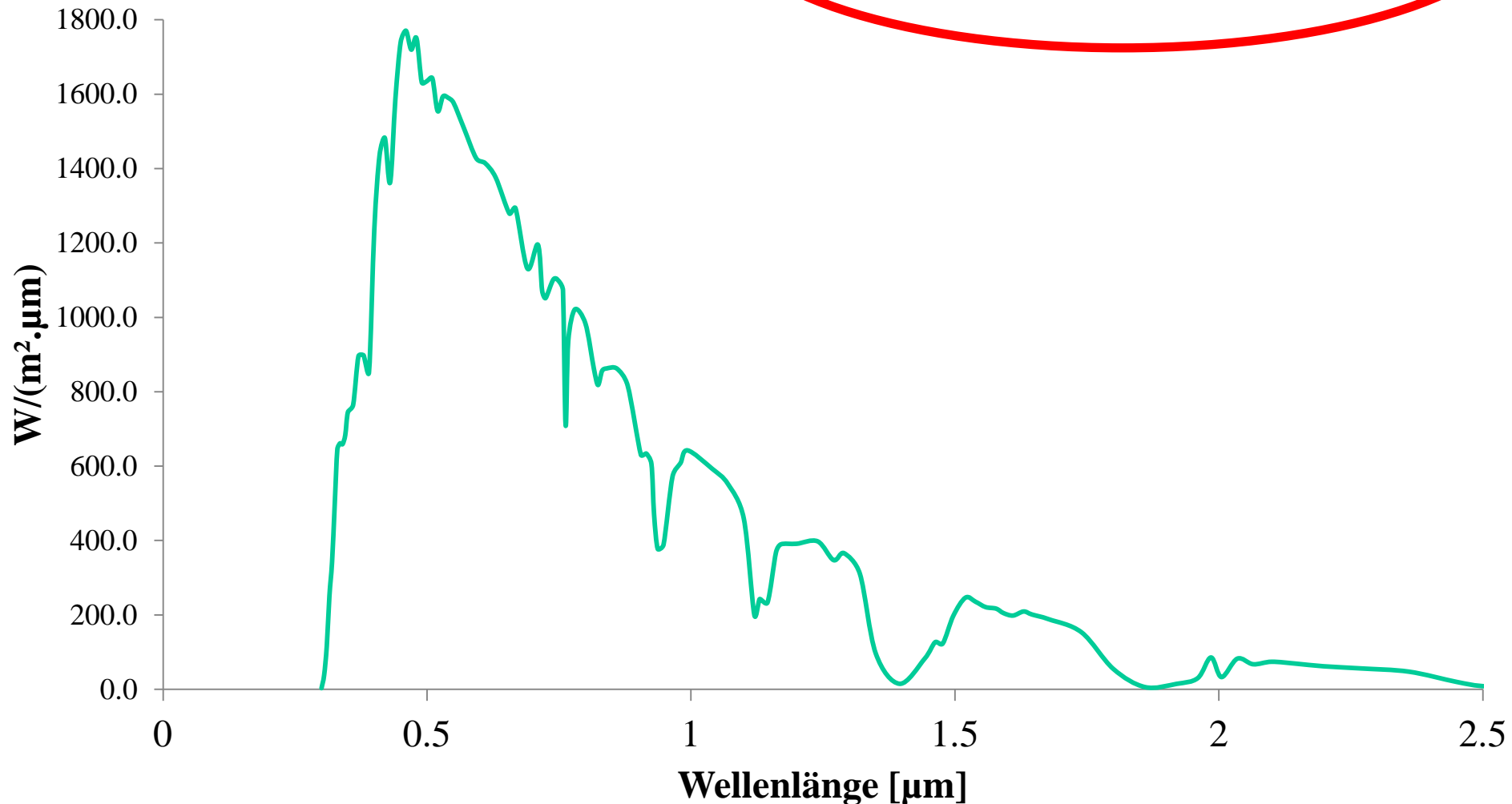
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Wasserdampfgehalt (TPWV) = **0.01 cm**

kurzwellige Globalstrahlung

1095 W/m²



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DES ATMOSPHERISCHEN WASSERDAMPFS

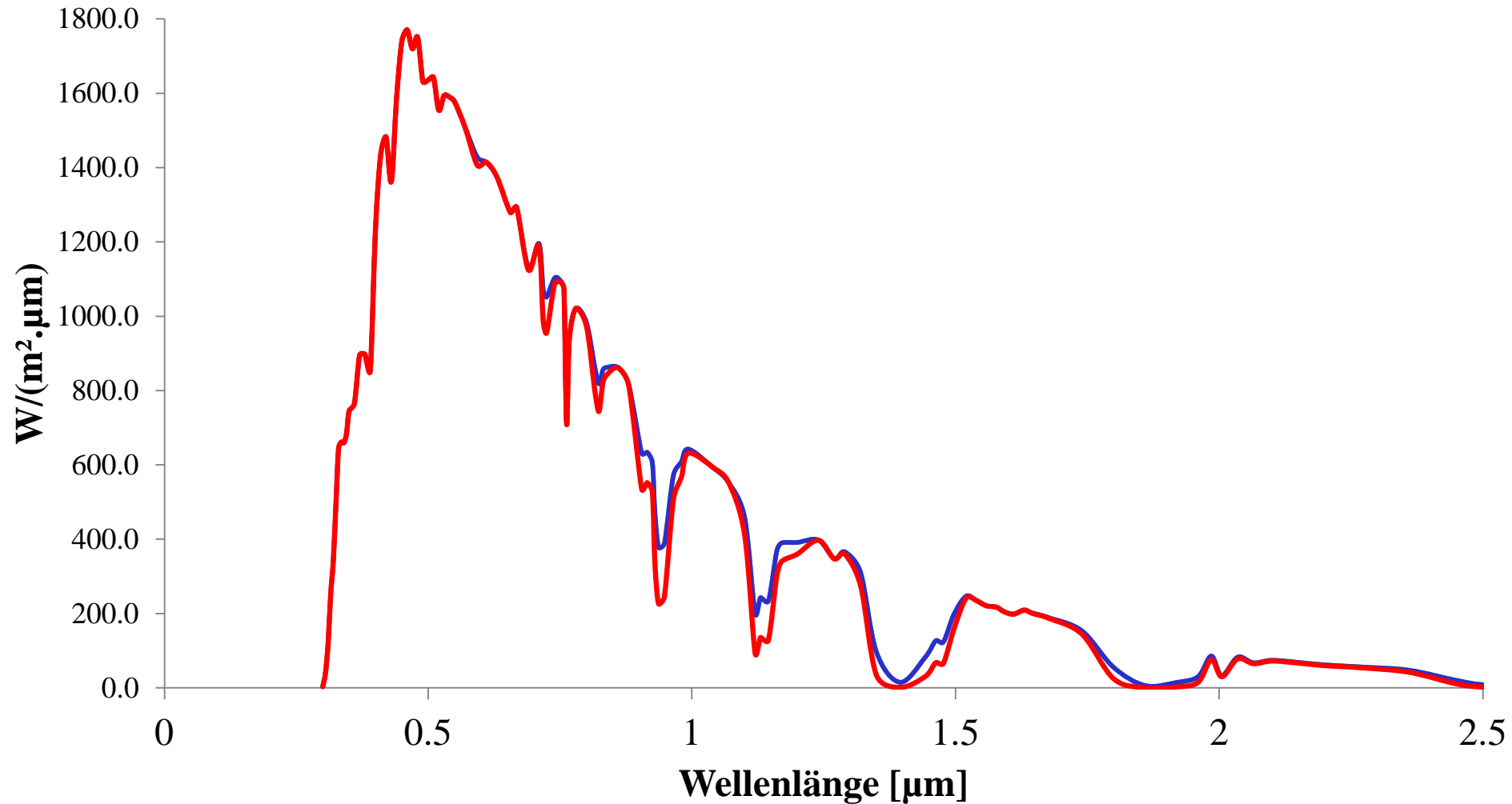
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Wasserdampfgehalt (TPWV) = **3 cm**

kurzwellige Globalstrahlung

959 W/m^2



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DES ATMOSPHERISCHEN WASSERDAMPFS

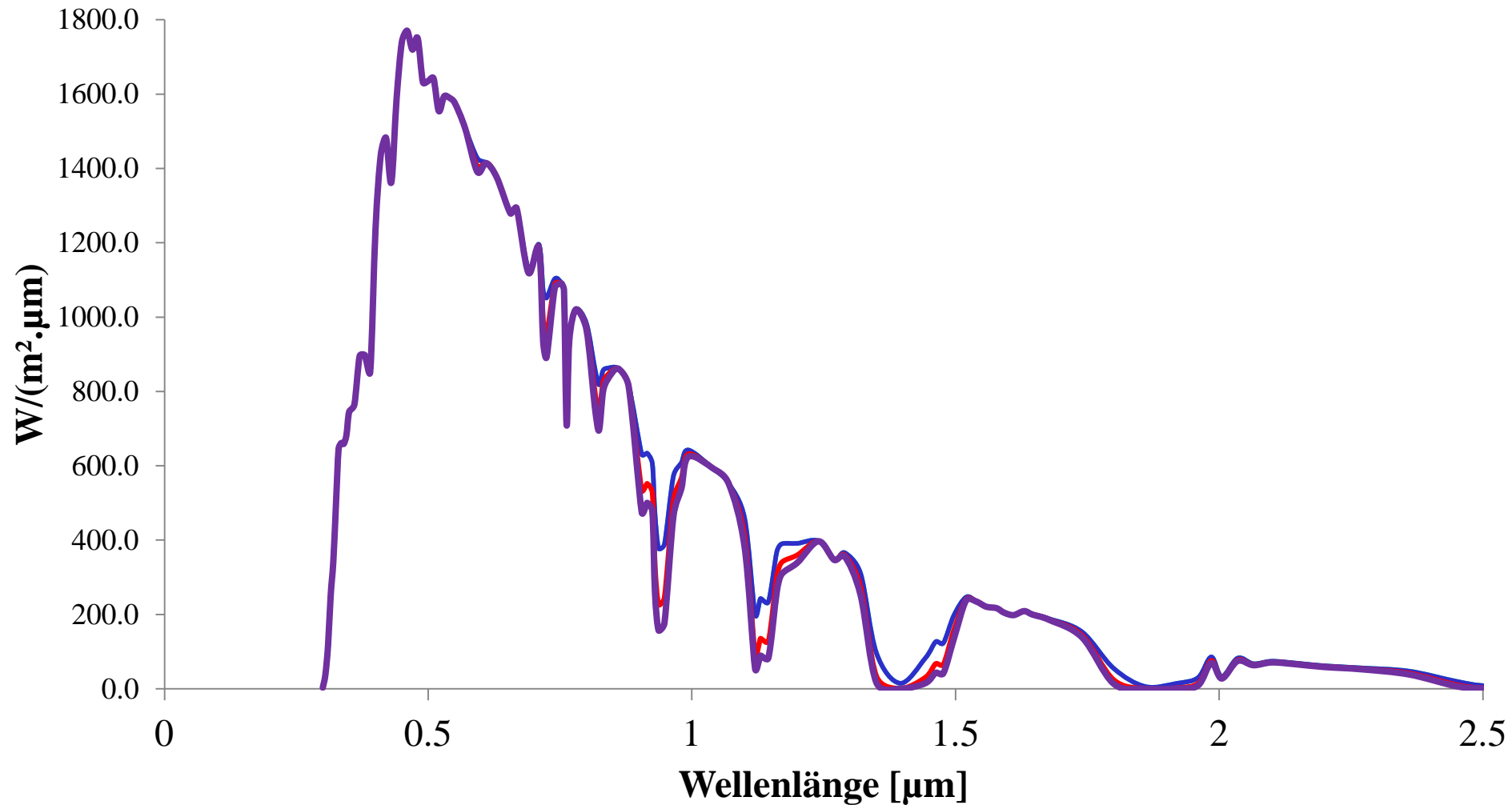
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Wasserdampfgehalt (TPWV) = **5 cm**

kurzwellige Globalstrahlung

940 W/m²



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DES ATMOSPHERISCHEN WASSERDAMPFS

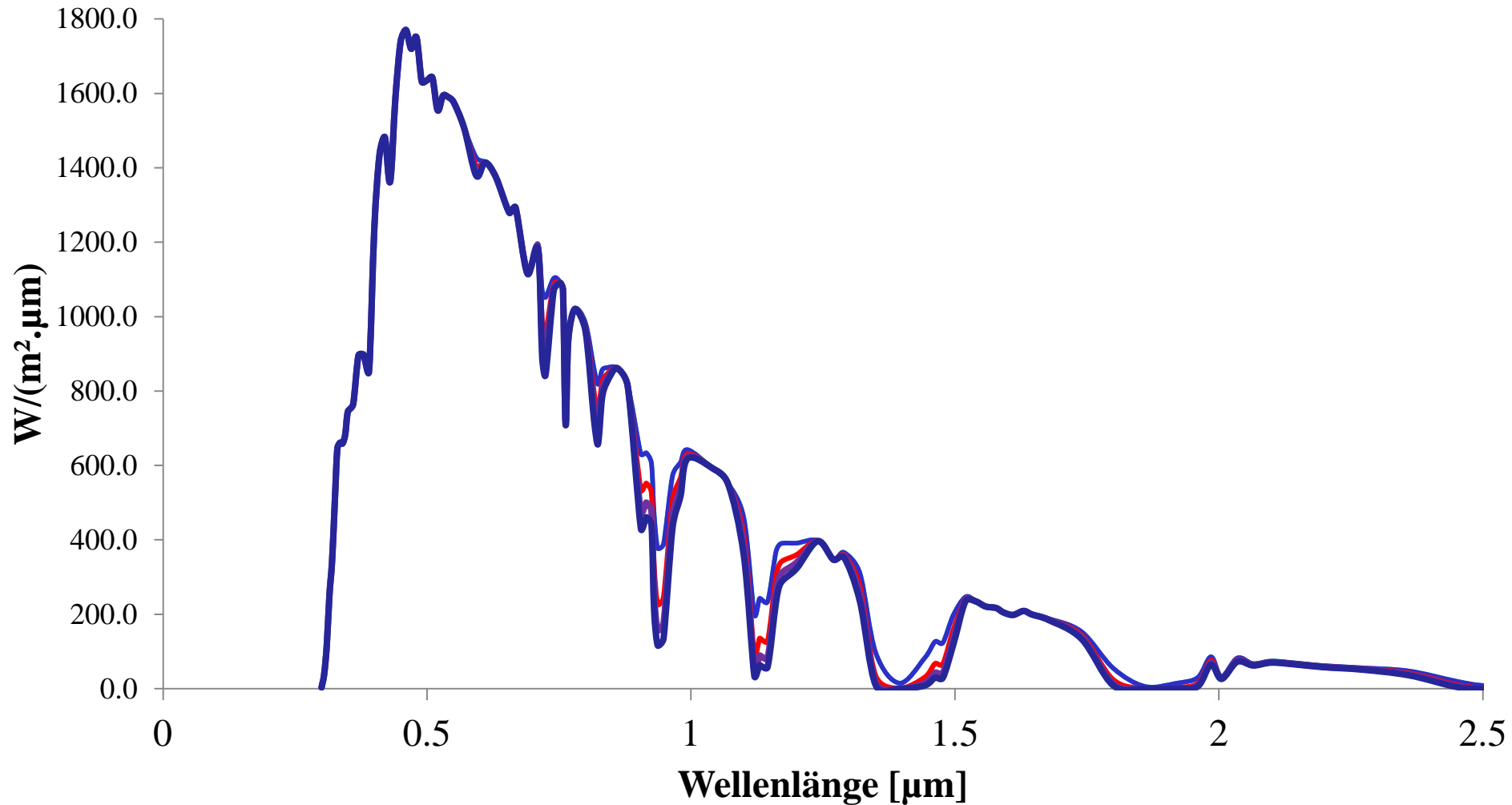
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Wasserdampfgehalt (TPWV) = **7 cm**

kurzwellige Globalstrahlung

926 W/m²



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DES ATMOSPHERISCHEN WASSERDAMPFS

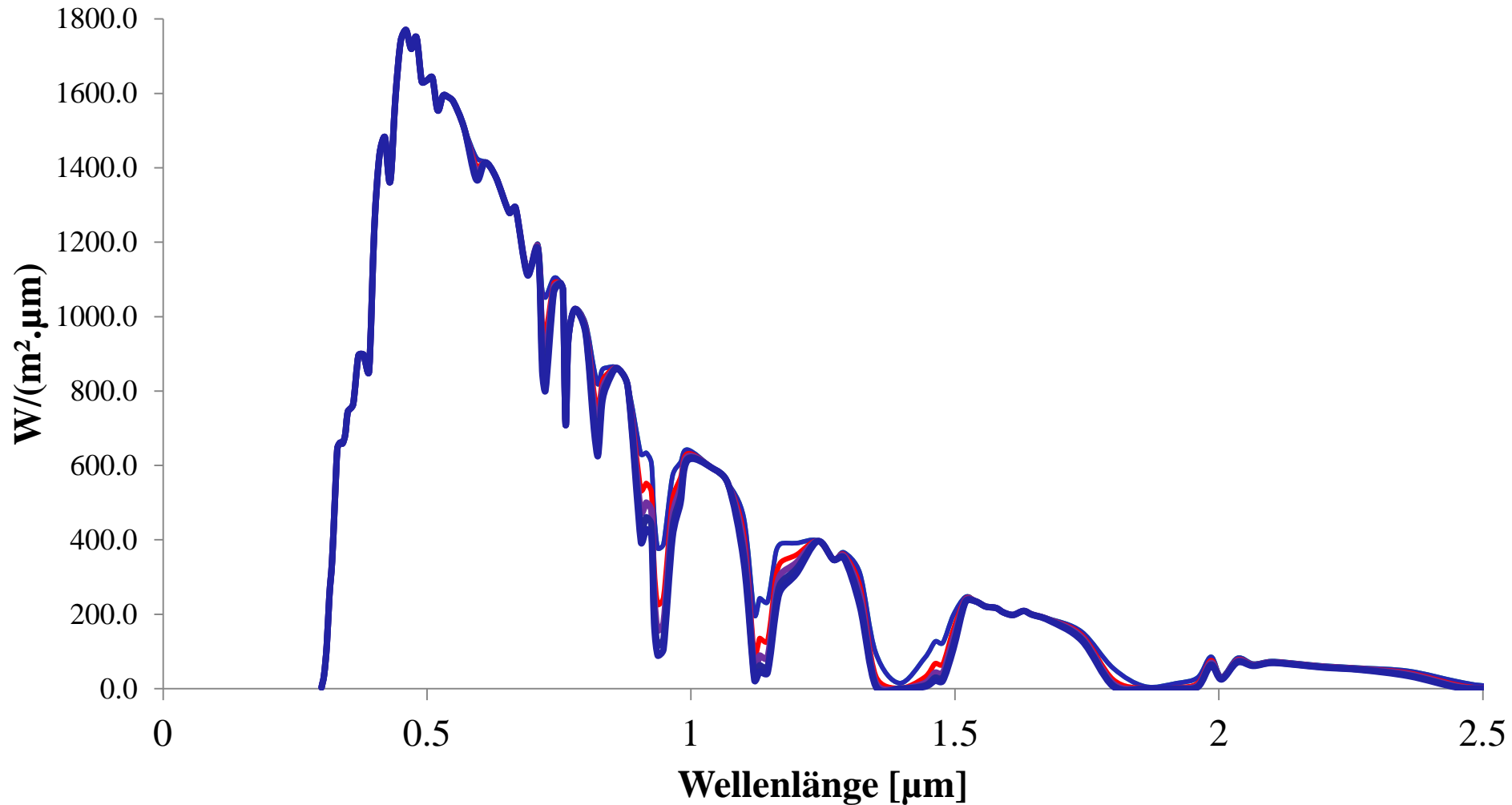
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Wasserdampfgehalt (TPWV) = **9 cm**

kurzwellige Globalstrahlung

916 W/m²



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

EINFLUSS DES ATMOSPHERISCHEN WASSERDAMPFS

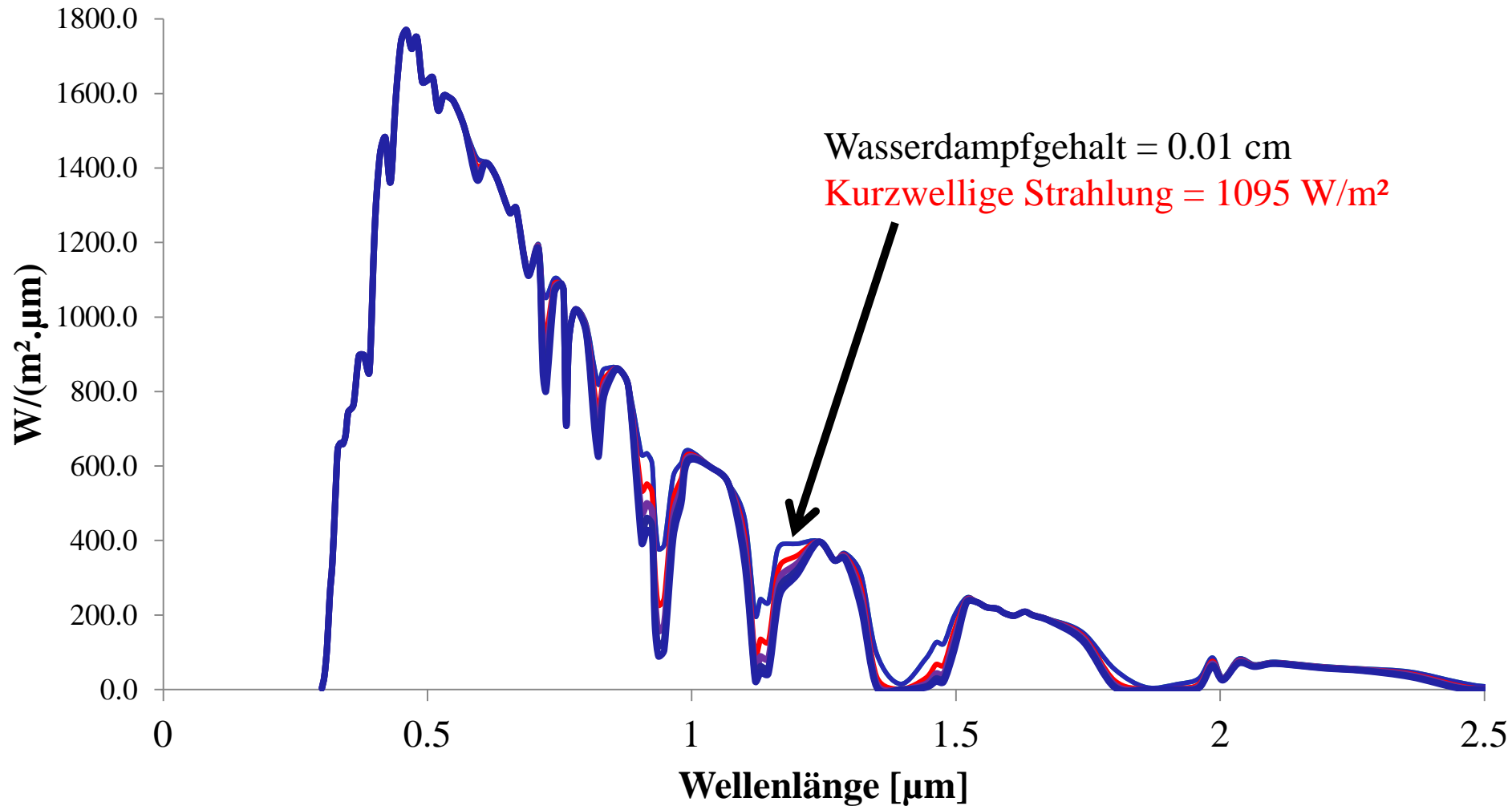
15. Mai 13h MEZ

Sonnenzenitwinkel = 32°

Wasserdampfgehalt (TPWV) = **9 cm**

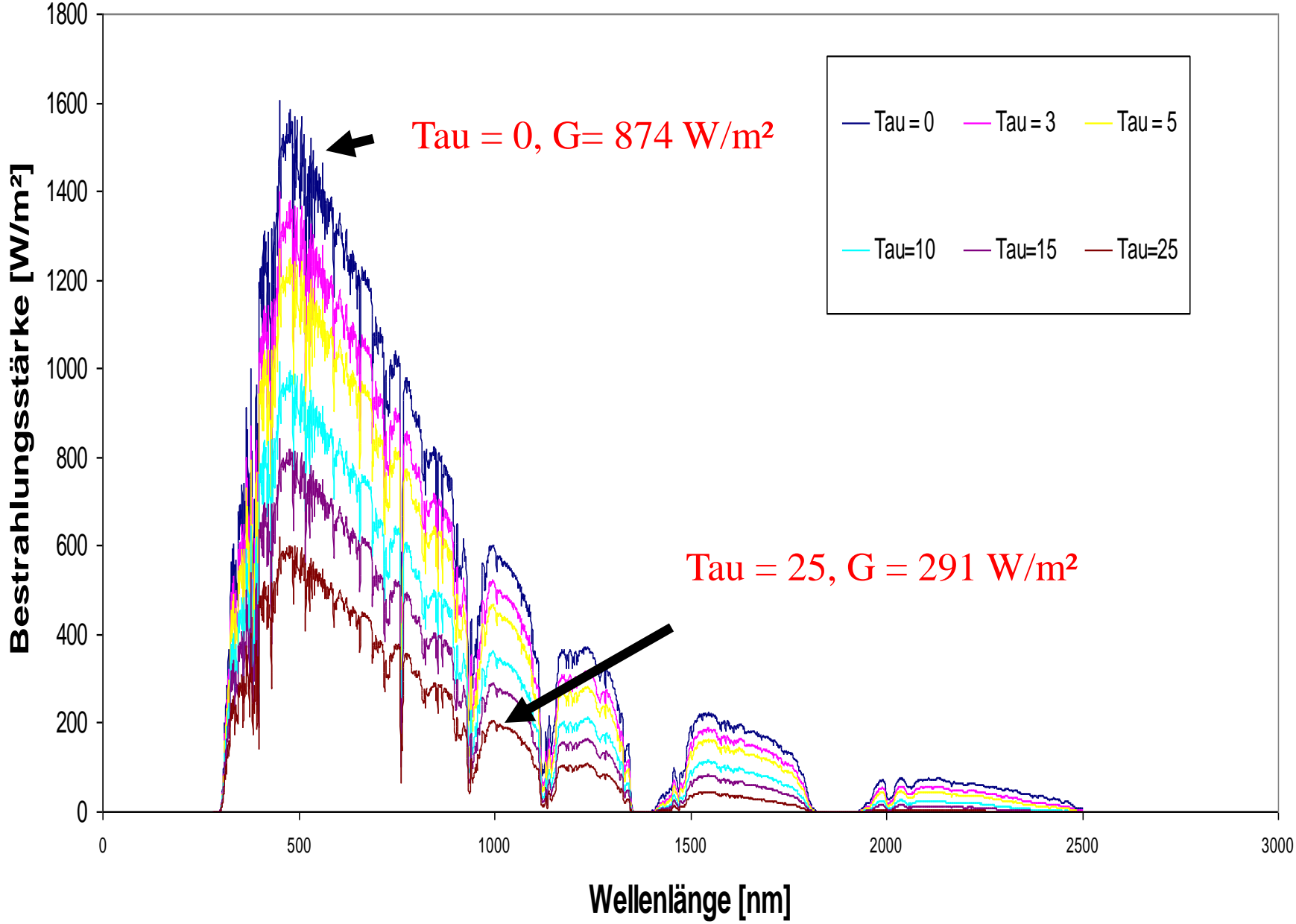
kurzwellige Globalstrahlung

916 W/m²

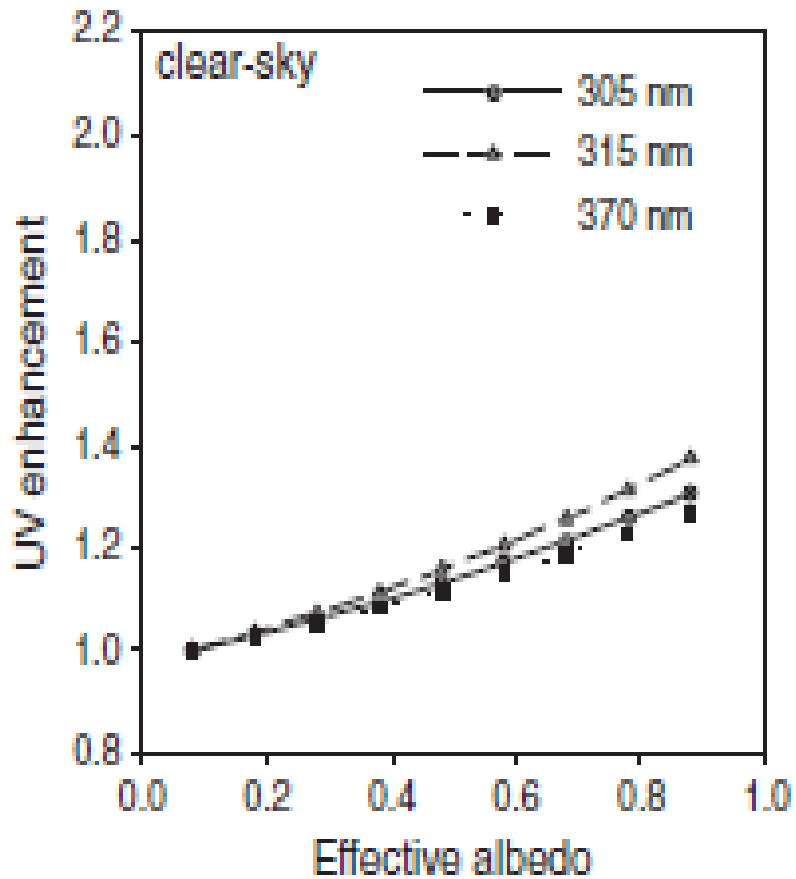


3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit

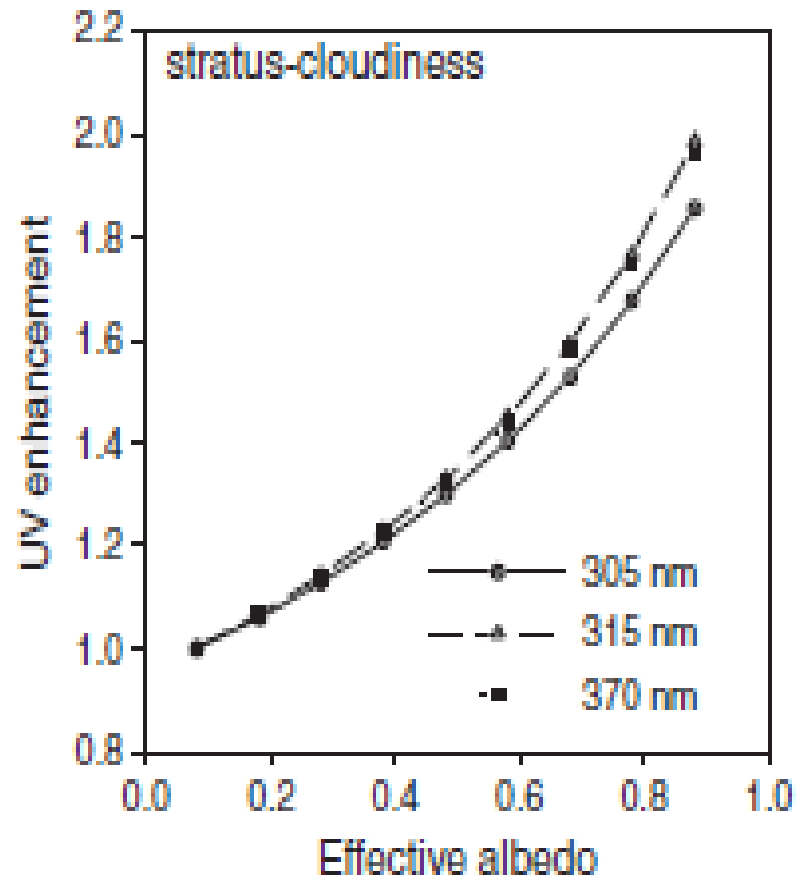
EINFLUSS DER BEWÖLKUNG



3. Einfluss Eingabeparameter auf Modellgenauigkeit



a



b

Einfluss der effektiven Albedo (Reflexion) auf die Erhöhung der UV-Strahlung bei wolkenlosem Himmel (a) und bei Bewölkung (b) (Simic et al. 2011)

**GENAUIGKEIT VON
STRAHLUNGSBERECHNUNGEN BEI
VERWENDUNG VON KLIMATOLOGISCHEN
MITTELWERTEN**

**GROBE ABSCHÄTZUNG DER GENAUIGKEIT VON STRAHLUNGSBERECHNUNGEN
BEI VERWENDUNG VON KLIMATOLOGISCHEN MITTELWERTEN (HOCHGEBIRGE)**
Annahmen Sonnenzenitwinkel = 32 Grad, für Österreichische Verhältnisse

Parameter	klimatologische Mittelwerte	Angenommene max. mögliche Schwankungen	Einfluss auf UV Index	Einfluss auf kurzwellige Strahlung
Gesamtozon	312 DU (Sommer)	± 40 DU	± 1 (±17%)	± 2 W/m ² (0,2%)
Bewölkung	optische Dicke = 5 (0.6µm) (1)	±0.4 (bei Wetterbeob.) 5 (wenn keine Beobachtung)	± 0.2 (±10%) 6 (90%)	± 150 W/m ² (±16%) 800 W/m ² (90%)
Aerosole	Hochgebirge: Opt. Dicke =0.03 (0.4µm) (2) (3)	± 0.02	<= 1 (± 5%)	± 2 W/m ² (0,2%)
Wasserdampf	5 cm Wassersäule (4)	± 4 cm	----	± 90 W/m ² (± 10%)
Albedo (Reflexion)	ca. 0.3 (2)	± 0.3	± 1 (±17%)	± 23 W/m ² (± 2.5 %)

1= ISCCP Cloud climatology (2) Simic et al (2011), (3)Weihls et al.(1998) (4) Bird and Riordan (1984)

**GROBE ABSCHÄTZUNG DER GENAUIGKEIT VON STRAHLUNGSBERECHNUNGEN
BEI VERWENDUNG VON KLIMATOLOGISCHEN MITTELWERTEN (HOCHGEBIRGE)**
Annahmen Sonnenzenitwinkel = 32 Grad, für Österreichische Verhältnisse

Parameter	klimatologische Mittelwerte	Angenommene max. mögliche Schwankungen	Einfluss auf UV Index	Einfluss auf kurzwellige Strahlung
Gesamtozon	312 DU (Sommer)	± 40 DU	± 1 (±17%)	± 2 W/m ² (0,2%)
Bewölkung	optische Dicke = 5 (0.6µm) (1)	±0.4 (bei Wetterbeob.) 5 (wenn keine Beobachtung)	± 0.2 (±10%) 6 (90%)	± 150 W/m ² (±16%) 800 W/m ² (90%)
Aerosole	Hochgebirge: Opt. Dicke =0.03 (0.4µm) (2) (3)	± 0.02	<= 1 (± 5%)	± 2 W/m ² (0,2%)
Wasserdampf	5 cm Wassersäule (4)	± 4 cm	----	± 90 W/m ² (± 10%)
Albedo (Reflexion)	ca. 0.3 (2)	± 0.3	± 1 (±17%)	± 23 W/m ² (± 2.5 %)

1= ISCCP Cloud climatology (2) Simic et al (2011), (3)Weih's et al.(1998) (4) Bird and Riordan (1984)

**BESTIMMUNG DER
MODELLEINGABEPARAMETER: BODEN-
ODER SATELLITENMESSUNGEN?**

4. Boden oder Satellitenmessungen?

VERGLEICH VON BODENMESSUNGEN MIT SATELLITENBESTIMMTEN WERTEN

20 Jahre Messungen der
Ozonschichtdicke und der UV-
Strahlung auf dem Hohen Sonnblick

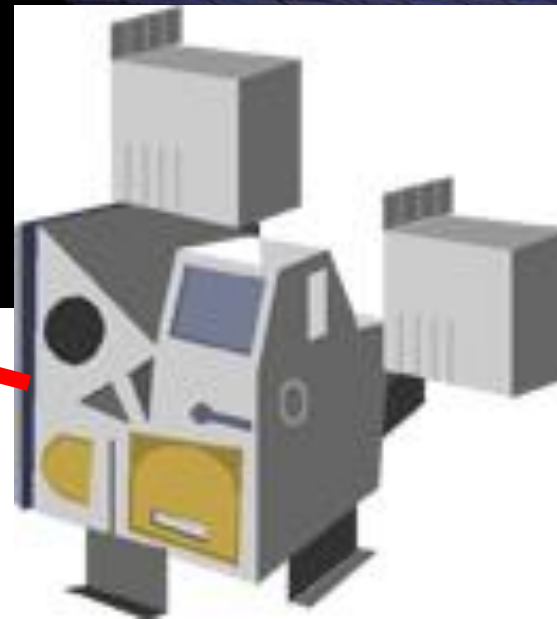
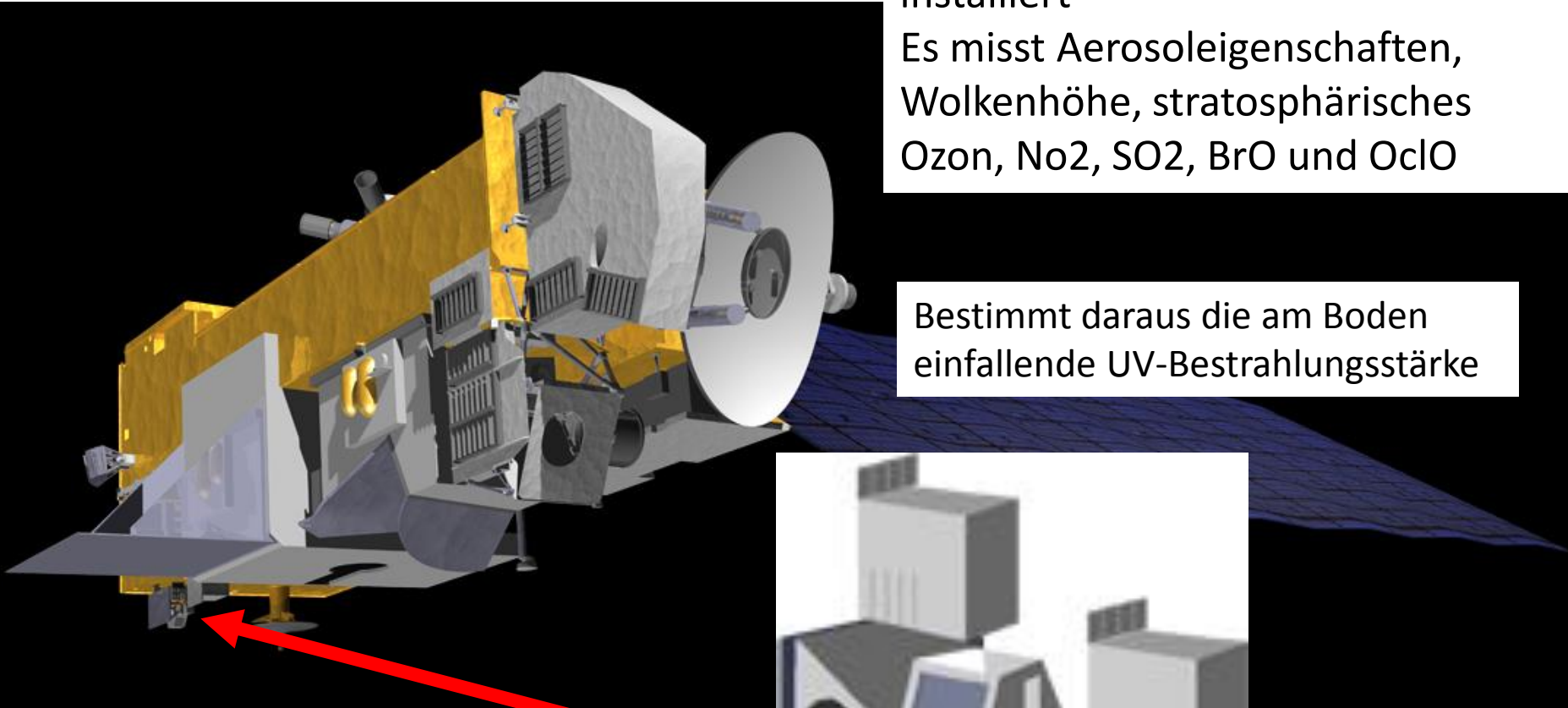
Bestimmung der UV-Strahlung mit Satelliten

Daten

OMI ist auf NASA Aura Satellit installiert

Es misst Aerosoleigenschaften, Wolkenhöhe, stratosphärisches Ozon, NO_2 , SO_2 , BrO und OClO

Bestimmt daraus die am Boden einfallende UV-Bestrahlungsstärke



OMI = Ozone Monitoring Instrument

Messkampagne zur Validierung der OMI UV Produkte (UV Bestrahlungsstärke am Boden) im Alpenraum

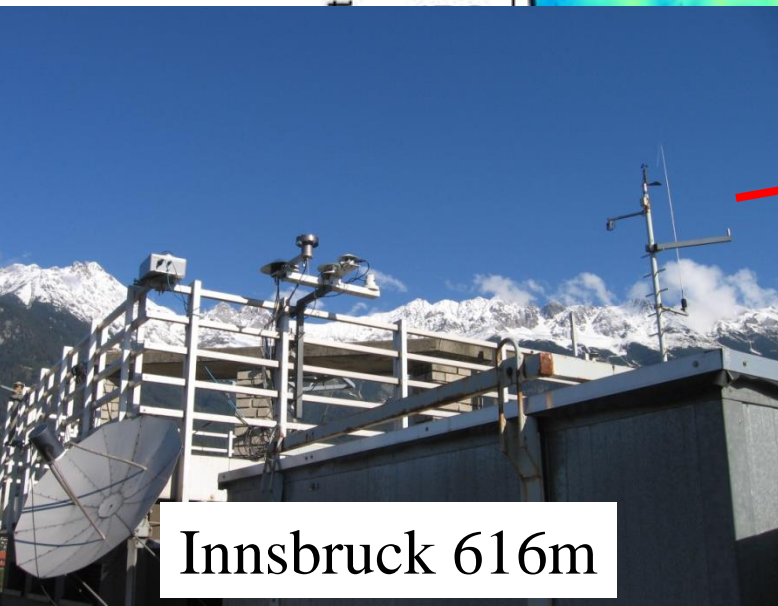




Hafelekar 2275m

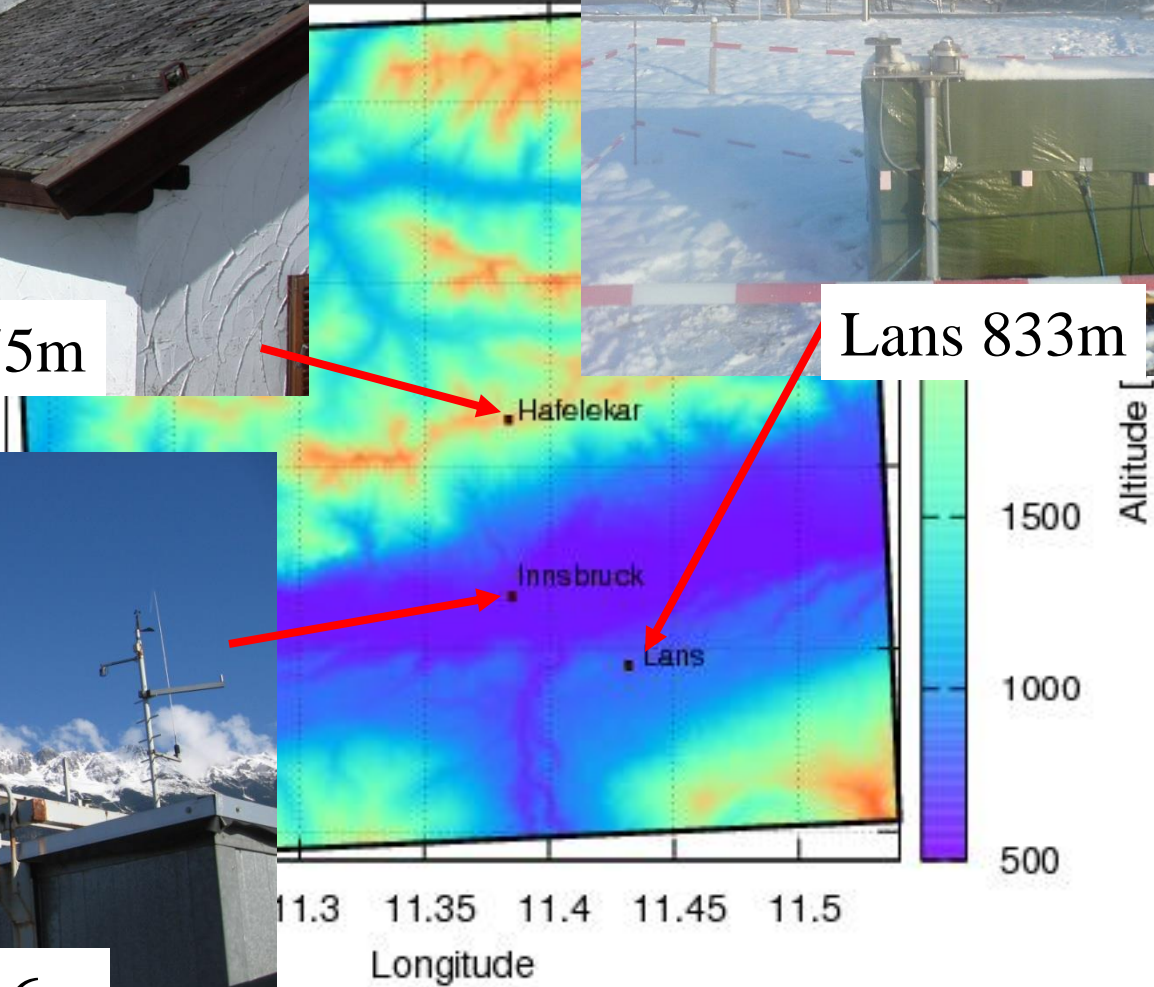


Lans 833m



Innsbruck 616m

tion model used

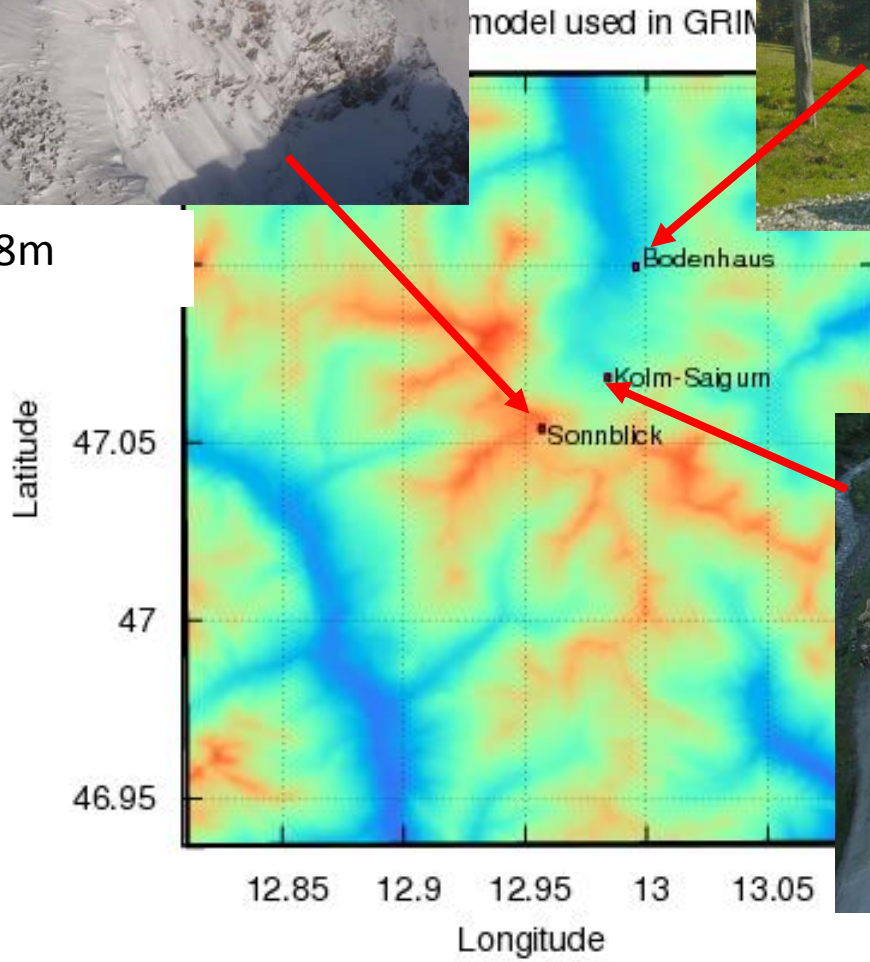




Sonnblick 3108m



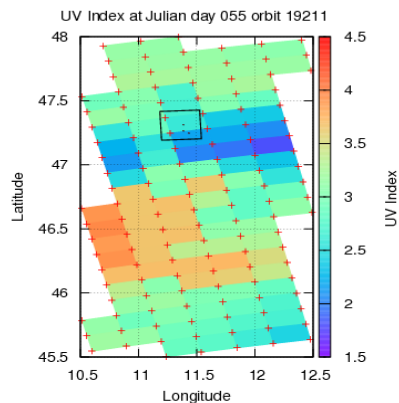
Bodenhaus 1296m



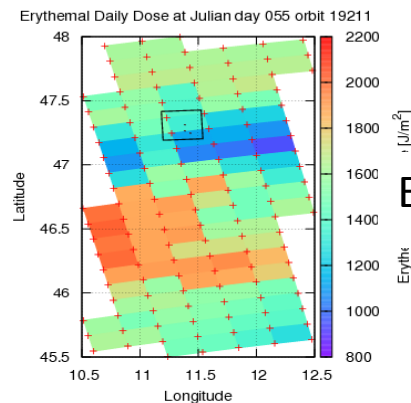
Kolm-Saigurn 1600m

OMI bestimmte Werte 24. Februar 2008

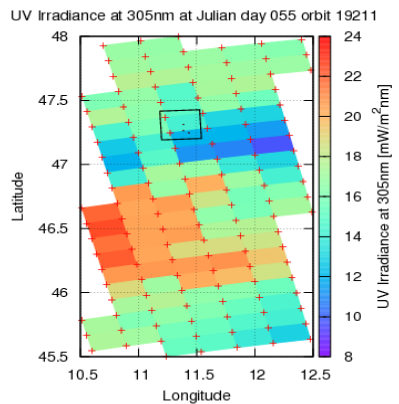
UV-Index



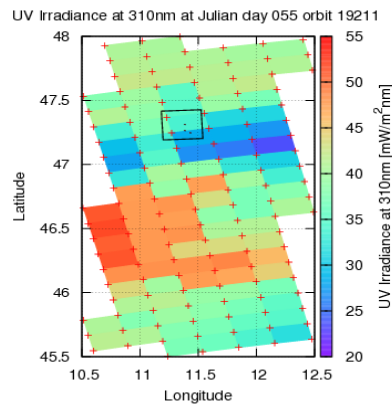
Erythema daily Dose



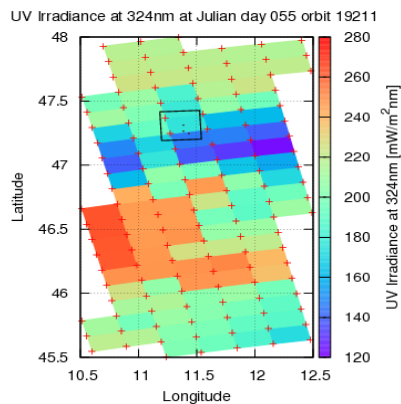
305nm



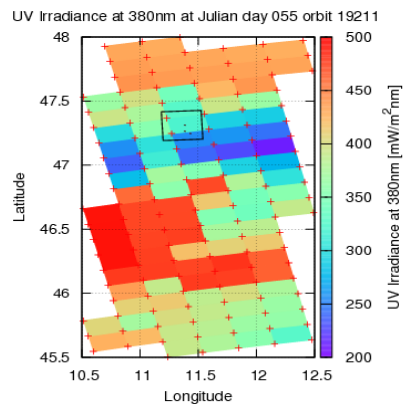
310nm



324nm



380nm



For Innsbruck und Hafelekar (2008 measurement campaigns)

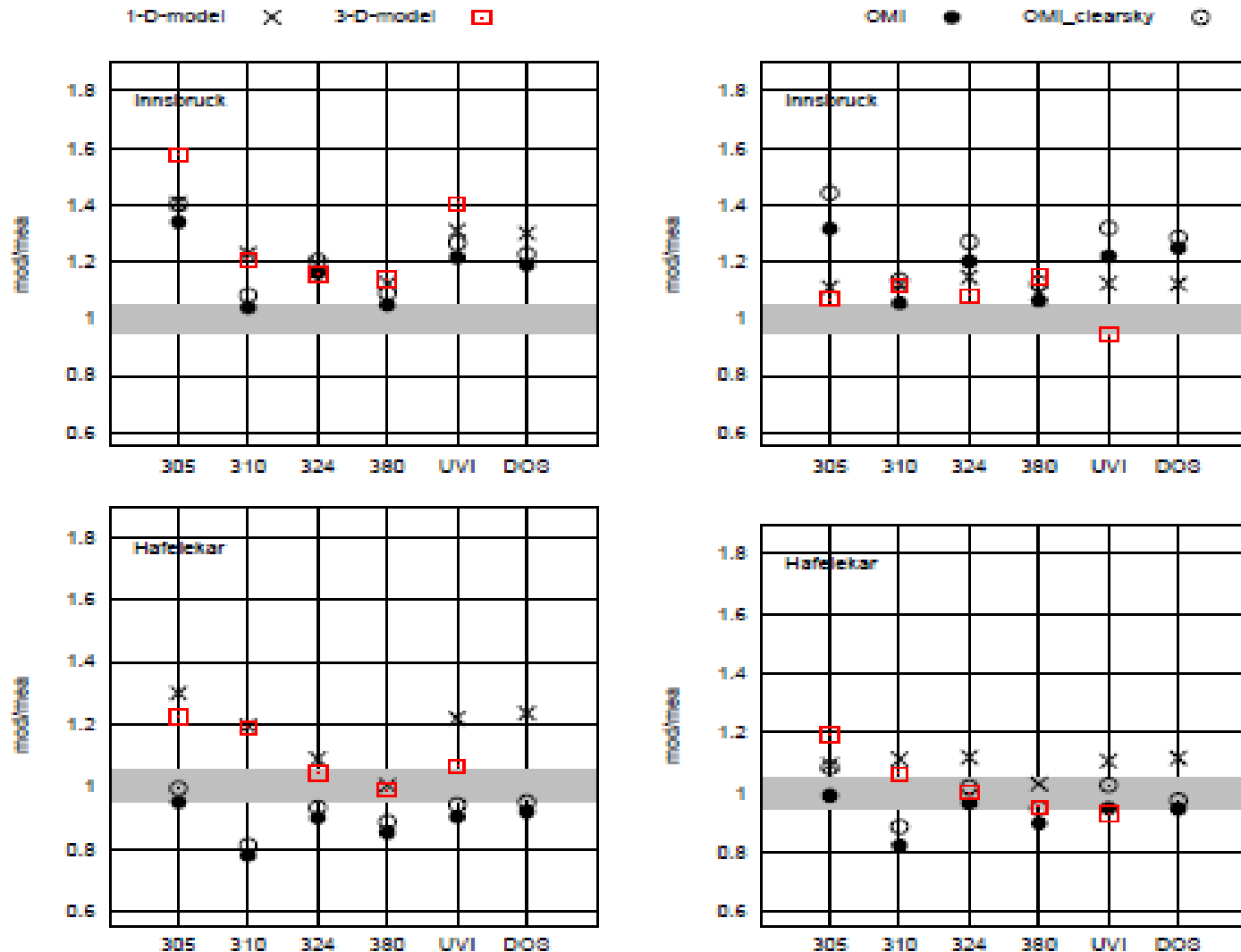


Figure 3: The ratio of measured (mea) to modelled (mod) UV radiation (irradiance at 305 nm, 310 nm, 324 nm, 380 nm, UV-Index (UVI) and erythemally weighted daily dose (DOS)) is shown. Filled circles denote satellite-derived data, crosses denote 1-D-model and squares 3-D-model calculations. The grey background shows the measurement uncertainty ($\pm 5\%$). The left column shows results from September 13th 2007 11:21 UTC. The right column shows results from September 16th 2008 11:51 UTC.

Abweichung (sigma) des Quotienten Modell/Messung [%]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

	13.09. 2007	16.09 2007	24.02. 2008	07.05 2008
OMI	17.3	14.6	13.7	25.3
OMI_wolkenlos	16.7	14.0	11.6	16.5
1-D	9.1	16.3	6.3	11.5
3-D	11.3	8.4	8.4	13.8

4. Boden oder Satellitenmessungen?

Messkampagne zur Validierung der OMI UV Produkte (UV Bestrahlungsstärke am Boden) in der pannonischen Tiefebene

Ziele der Studie

- Untersuchung der Repräsentativität der bestimmten Werte für ein Pixel von OMI (30x30km)
- Homogenität der UV-Strahlung innerhalb vom Pixel
 - Einfluss der Aerosole
 - Einfluss der Luftverschmutzung
 - Einfluss der Bewölkung

Messkampagne in Wien (Mai – Juli 2007)

Strebersdorf (175 m)

16°23' E, 48°18' N

BOKU university (256 m)

16°19' E, 48°14' N

TGM (178 m)

16°22' E, 48°13' N

Vienna Veterinary Univ.

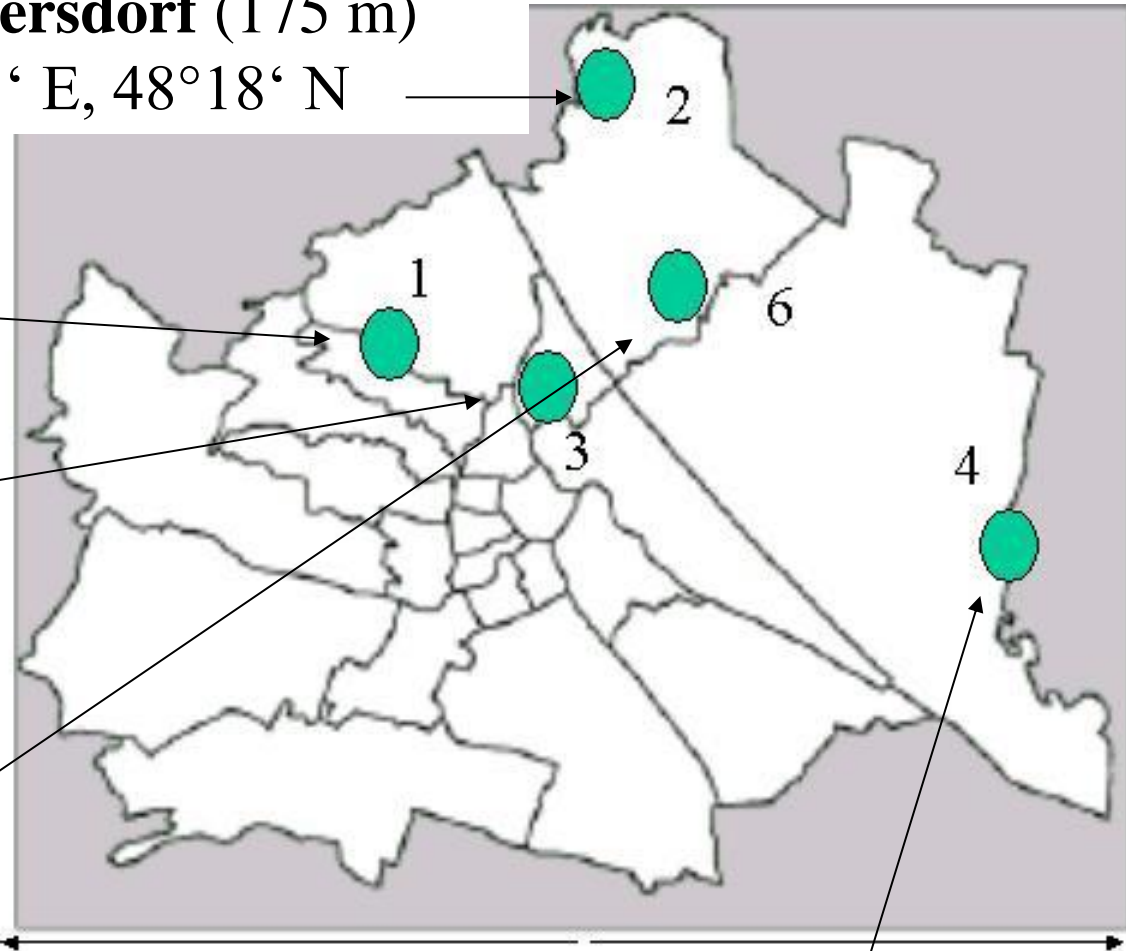
(166 m) 16°25' E, 48°14' N

Bad Vöslau (286 m)

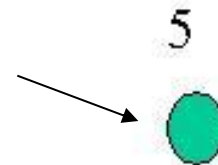
16°12' E, 48°57' N

Groß-Enzersdorf (156 m)

16°33' E, 48°12' N



25 km



Instrumentation

Bei jeder Station UV Biometer
(erythemwirksame UV-Strahlung)

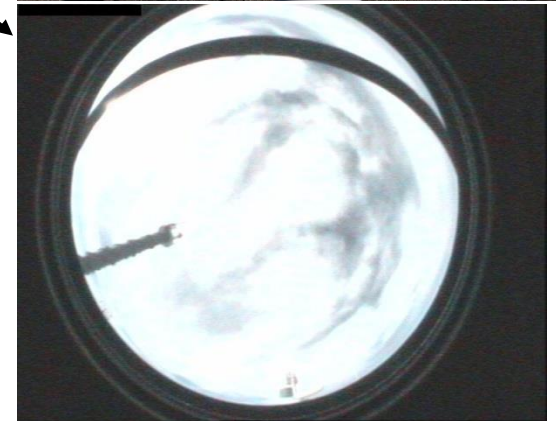


Station BOKU:
Sonnenphotometer (aerosol
opt.Dicke)
Fischaugenkamera (Bewölkung)

TGM and BOKU Station
Tragbares NOLL Sonnenphotometer
(optical Dicke der Aerosole)



Meteorologische Daten der ZAMG
Wien und der BOKU Wetterstation:
Globale und diffuse Strahlung,
Bewölkung, Sonnenscheindauer



Quotient des OMI UV zu den Bodenmessungen

Wolkenlos

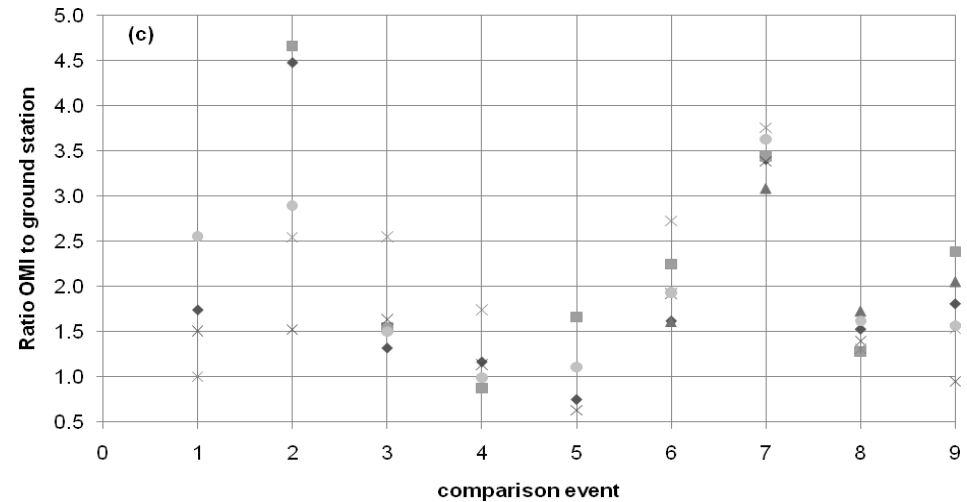
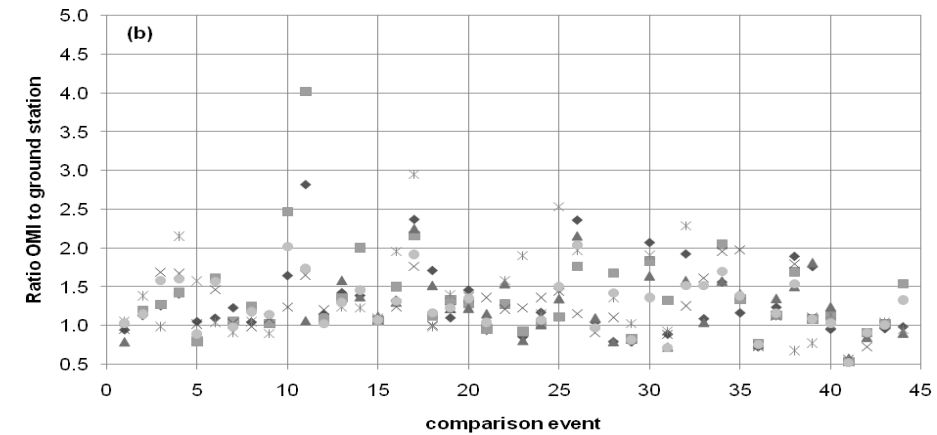
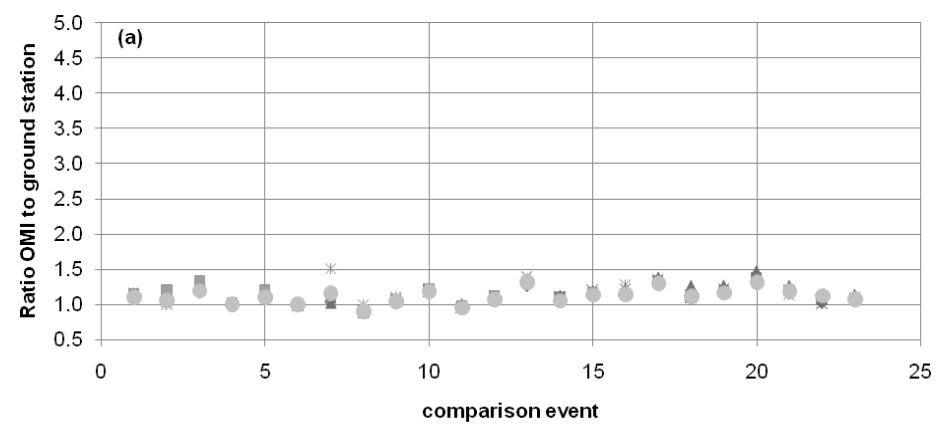
Quotient: 1-1.5

Teilweise bewölkt

Quotient: 0.5-4

Vollständig bewölkt

Quotient: 0.6-4.5



◆ BOKU ■ STREB ▲ HTL × GED ✕ VOE ● VETMED

5. Schlussfolgerungen

- Die verbesserte Rechenleistung der Computer hat eine Fülle von neuen Möglichkeiten eröffnet
- Die Genauigkeit von Modellberechnungen hängt von der Genauigkeit der Modelleingabeparameter ab
- Im ultravioletten (UV) und kurzwelligen Bereich werden die größten Schwankungen durch die Bewölkung hervorgerufen
- Im UV hat auch Ozon einen grossen Einfluss auf die Intensität
- Die Verwendung von klimatologischen Mittelwerten kann die Rechengenauigkeit verbessern ist aber nicht ausreichend
- Ausserdem im Kontext eines sich ändernden Klimas können klimatologische Mittelwerte einem Trend unterworfen sein

5. Schlussfolgerungen

Satellitenmessungen sind aus folgenden Gründen für die Bestimmung der Modelleingabeparameter nicht ausreichend:

- Größen die mit Hilfe von Satelliten bestimmt wurden sind oft (punktweise) ungenauer
- Satellitenprodukte müssen mit Hilfe von Bodenmessungen validiert werden
- Nur parallele Messungen über Bodengebundene Messsysteme und Satelliten führen zu einer zufriedenstellenden Messgenauigkeit

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

20 Jahre Messungen der Ozonschichtdicke
und der UV-Strahlung auf dem Hohen
Sonnblick