



Sonnblick (3105 m.ü.M.)



Kanzelhöhe (1520 m.ü.M.)



Innsbruck (578 m.ü.M.)



Graz (397 m.ü.M.)



Wien Hohe Warte (198 m.ü.M.)

# ARAD

## Auf einen BLICK

### Was ist ARAD?

ARAD („Austrian Radiation“ – Österreichische Strahlung) ist ein Projekt zur langfristigen Messung der Sonnenstrahlung und der Wärmestrahlung der Atmosphäre in Österreich. Derzeit werden an 5 Standorten (Wien Hohe Warte, Sonnblick, Graz, Innsbruck, Kanzelhöhe) die zeitlichen und räumlichen Änderungen der Strahlungskomponenten mit sehr genauen Messgeräten erfasst.

### Wer macht ARAD?

ARAD ist ein Forschungsprojekt der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Kooperation mit der Universität Innsbruck, der Karl-Franzens Universität Graz und der Universität für Bodenkultur (BOKU) in Wien.

### Warum ARAD?

Die Sonne ist der „Motor“ für Veränderungen des Erdklimas. Kleine Änderungen in der Sonnen- oder Wärmestrahlung am Erdboden haben große Auswirkungen auf die thermischen Eigenschaften und die Zirkulation der Atmosphäre und der Ozeane. Daher sind die im Rahmen von ARAD gemessenen Daten ein wichtiger Baustein um das vergangene und zukünftige Erdklima besser verstehen zu lernen.

### Was bringt ARAD?

ARAD liefert sehr präzise Messdaten der zeitlichen und räumlichen Änderung der Strahlungskomponenten der Sonne und Atmosphäre. Neben einer ständigen Überwachung unseres Klimas können anhand dieser Daten auch regionale Klimamodelle und Wettervorhersagemodelle überprüft und verbessert werden. ARAD leistet somit einen wichtigen Grundlagenbeitrag zum Wohl der Allgemeinheit.



Zentralanstalt für  
Meteorologie und  
Geodynamik

#### ANSPRECHPARTNER

Dr. Marc Olefs / Dr. Wolfgang Schöner  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Abteilung Klimaforschung  
Hohe Warte 38  
A-1190 Wien  
marc.olefs@zamg.ac.at  
<http://www.zamg.ac.at/strahlung>



# ARAD

Strahlungsmonitoring  
& Strahlungsmessnetz Österreich



ZAMG  
Zentralanstalt für  
Meteorologie und  
Geodynamik

## 1. Hintergrund und Ziele von ARAD

Die Sonne ist der „Motor“ für das Wettergeschehen und prägt damit über längere Zeitperioden hinweg das Klima auf der Erde maßgeblich. Sie sendet ein Spektrum elektromagnetischer Wellen aus, das von den Radiowellen über den Bereich des sichtbaren Lichtes bis hin zur Röntgenstrahlung reicht und zu vielfältigen Wechselwirkungen mit der Erdatmosphäre führt. Unter Strahlung versteht man die Energieübertragung mit Hilfe elektromagnetischer Wellen, die sich sowohl im Vakuum als auch in einem mit Luft gefüllten Volumen wie z.B. der Erdatmosphäre ausbreiten können. Deshalb gelangt die Strahlung der Sonne durch den Weltraum bis zu unserem Erdboden. Für das Klimasystem der Erde sind zwei Arten von Strahlung von besonderer Bedeutung: Die Sonnenstrahlung und die Wärmestrahlung. Mit Sonnenstrahlung bezeichnen wir die Strahlung, die direkt von der Sonne stammt oder indirekt, d.h. beispielsweise durch Streuung in der Erdatmosphäre gebildet wird. Wärmestrahlung beziehungsweise Infrarotstrahlung ist jene Strahlung, die von allen Körpern auf der Erde in Abhängigkeit ihrer Temperatur abgestrahlt wird (z.B. fühlt sich eine eingeschaltete Heizung auch mit etwas Abstand noch „warm“ an). Bei der Sonnenstrahlung haben die elektromagnetischen Wellen viel kürzere Wellenlängen und sind dadurch energiereicher als die der Wärmestrahlung, wir sprechen deshalb auch von kurzwelliger (Sonnen-) und langwelliger (Wärme-) Strahlung.

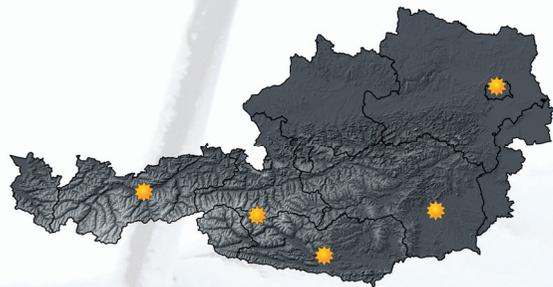


Abbildung 1: Lage der ARAD Strahlungsmessstationen in Österreich.

Im Rahmen des Projekts ARAD (Austrian Radiation) werden sehr präzise die verschiedenen Komponenten des Strahlungshaushaltes der Erdatmosphäre gemessen, um die zeitliche Veränderung des Strahlungshaushaltes zu erfassen und so den Einfluss des Menschen auf das Erdklima besser zu verstehen; wobei der anthropogene Anteil erst durch die Einbeziehung von Modellrechnungen und weiteren ergänzenden Messungen quantifiziert werden kann.

**ARAD soll ein langfristiges und hochqualitatives Strahlungsmonitoring in Österreich etablieren.**

## 2. Daten und Methoden

Die eingesetzten Sensoren sowie ihre Datenerfassung entsprechen einem sehr hohen Messstandard, der auch in einem weltweiten Messnetz mit derzeit etwa 40 Messstationen, dem BSRN (Baseline Surface Radiation Network; <http://www.bsrn.awi.de/>) mit den höchsten Qualitätsansprüchen Anwendung findet. Erfasst wird neben der kurzwelligeren auch die langwellige Strahlung. Die Abtastung der Messwerte erfolgt ein Mal pro Sekunde, woraus Minutenmittelwerte gebildet und abgespeichert werden ([www.zamg.ac.at/strahlung](http://www.zamg.ac.at/strahlung)).

Gemessen wird die direkte Sonnenstrahlung (Pyrheliometer), die kurzwellig gestreute (diffuse) Himmelsstrahlung (abgeschattetes Pyranometer) sowie deren Summe, die Globalstrahlung (Pyranometer) und die langwellige Strahlung (oder Wärmestrahlung) der Atmosphäre (abgeschattetes Pyrgeometer).

Die Sensoren sind auf einem Sonnenfolger montiert, der einerseits für die exakte Nachführung entsprechend der Sonnenbahn sorgt und damit die kontinuierliche Ausrichtung des Pyrheliometers zur Messung der direkten Strahlung sicherstellt und andererseits der permanenten Abschattung des Pyranometers zur Messung der diffusen Strahlung und des Pyrgeometers zur Messung der Wärmestrahlung dient.



Abbildung 2: Typische ARAD Station: Sonnenfolger mit den verschiedenen Strahlungsmessgeräten.

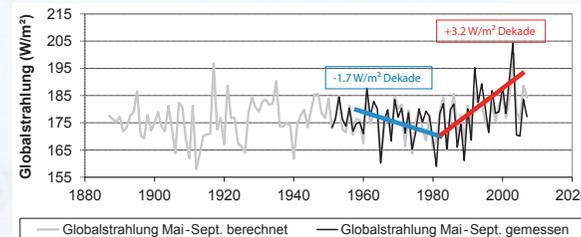


Abbildung 3: Zeitreihe der Globalstrahlung (=direkte + gestreute Sonnenstrahlung) in Wien Hohe Warte. Die blaue Linie zeigt den Effekt des Global Dimming, die rote Linie den Effekt des Global Brightening.

## 3. Wer es genau wissen will: Von Sonnen- und Wärmestrahlung, Gasen, Aerosolen und Wolken

Nachdem die Sonnenstrahlung im Mittel mit einer Intensität von 1368 Watt pro Quadratmeter am Oberrand unserer Atmosphäre eintrifft, wird sie beim weiteren Durchgang der Erdatmosphäre durch Gase (z.B. Wasserdampf, Ozon, CO<sub>2</sub>), Aerosole (feste Teilchen in der Luft, z.B. Ruß oder Sulfat) und letztendlich durch Wolken im Durchschnitt auf ca. die Hälfte der Intensität reduziert. Die Zusammensetzung und Konzentration dieser Gase und Aerosole sowie die Menge, Art und Dichte der Wolken unterliegen natürlichen Schwankungen, werden aber auch durch menschliches Einwirken teilweise wesentlich verändert. Hier ist beispielsweise der Einfluss der Aerosole auf die kurzwellige Sonnenstrahlung von besonderem Interesse. Durch verschiedene menschliche Aktivitäten ist insbesondere der Anteil des Sulfats in der Atmosphäre bis in die 1980er Jahre stark angestiegen. Der saure Regen und das Waldsterben waren eine Folge. Dies führte in den 1980er Jahren zu sehr wirksamen Luftreinhaltemaßnahmen wodurch der Anteil des Sulfats deutlich abnahm. Später erst erkannte man, dass diese Veränderungen der Luftqualität auch deutliche Veränderungen des Strahlungsklimas der Atmosphäre zur Folge hatten. Durch den hohen Anteil an Sulfataerosolen und der dadurch verursachten Abminderung der Sonnenstrahlung, ist es in den 1970er Jahren zu einer leichten Abkühlung gekommen. Durch die Luftreinhaltemaßnahmen ist dieser Effekt nach 1980 jedoch verschwunden und die Erwärmung umso deutlicher ausgefallen. Der Aerosoleffekt hat somit den davon unabhängig funktionierenden Treibhauseffekt (der die Wärmestrahlung verändert) während dieser Zeit maskiert.

Die Globalstrahlungsmessungen an der Station Hohe Warte in Wien (siehe Abb. 3) belegen eindrucksvoll, dass die am Erdboden auftreffende Sonneneinstrahlung in den 1960er und 1970er Jahren eine Phase kontinuierlicher Abnahme zeigt. Man bezeichnet dies als „Global Dimming“, dem wieder ein Anstieg in der jüngsten Vergangenheit gegenüber steht („Global Brightening“).

Neben dem Einfluss auf die Sonnenstrahlung wirken sich bestimmte Gase in der Atmosphäre besonders auf die langwellige Wärmestrahlung der Erde aus. Sie verhindern nämlich, dass diese ungehindert die Atmosphäre in Richtung Weltraum verlässt und verstärken die Wärmestrahlung, die von der Atmosphäre in Richtung Erdboden strahlt. Weil das genauso funktioniert wie in einem Treibhaus nennen wir diese Gase auch Treibhausgase und den eben beschriebenen Prozess „Treibhauseffekt“, der eben nicht die kurzwellige Sonnenstrahlung sondern die langwellige Wärmestrahlung verändert.