


# Bereitstellung von historischen Globalstrahlungsdaten für die Photovoltaik

**Wolfgang Riecke, Dipl.-Met.**  
Deutscher Wetterdienst  
Klima- und Umweltberatung  
Bernhard-Nocht-Straße 76  
D - 20359 Hamburg  
[klima.hamburg@dwd.de](mailto:klima.hamburg@dwd.de)  
Tel.: 0049 40 6690-1920  
Fax: 0049 40 6690-1933

# ***Themen***

- 
- A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a blue square with a white spiral pattern that curves around the edge.
- 1 Globalstrahlungsmessungen (Stationsnetz)**
  - 2 Satellitenabgeleitete Strahlungsdaten**
  - 3 Rasterdaten**
  - 4 Strahlungskarten Deutschland**
  - 5 Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung**

# *Themen*

- 
- A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a blue square with a white spiral design inside, and the letters 'DWD' in white at the top.
- 1 Globalstrahlungsmessungen (Stationsnetz)
  - 2 Satellitenabgeleitete Strahlungsdaten
  - 3 Rasterdaten
  - 4 Strahlungskarten Deutschland
  - 5 Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung



## Regionales Klimabüro Hamburg

**Vertrieb**  
**Berechnung von Rasterwerten**  
**Erstellung von Strahlungskarten**

## Meteorologisches Observatorium Lindenberg

**Betreuung des Strahlungsmessnetzes**  
**Kalibrierung der Messgeräte**  
**Qualitätsprüfung**





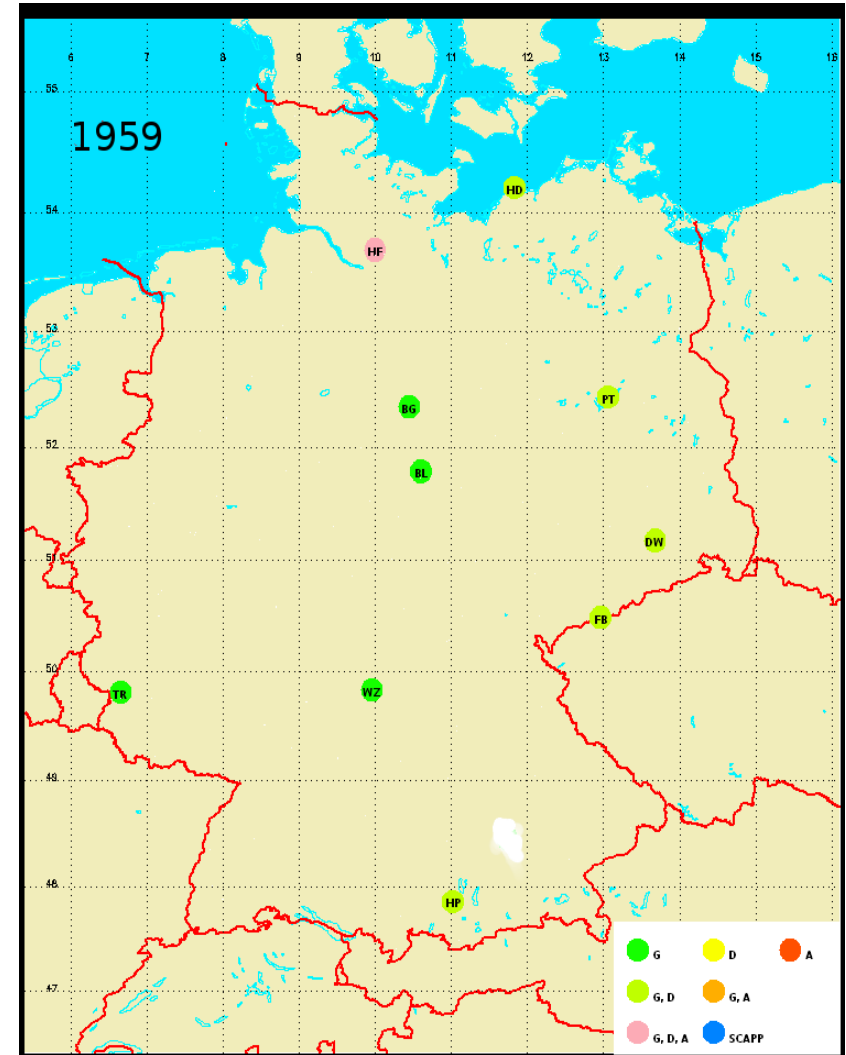
## Strahlungsmessplattform MO Lindenberg



## Beginn kontinuierlicher Strahlungsmessungen: 01.01.1937 Potsdam

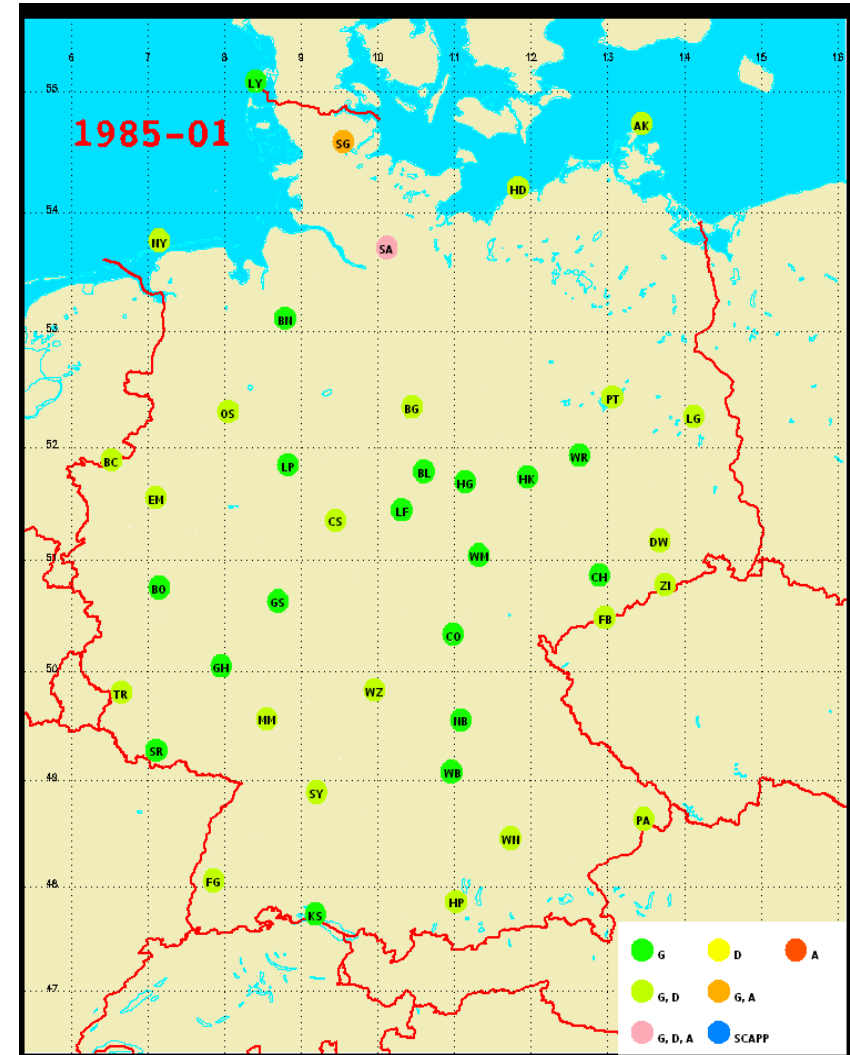
### Geräte

Kipp&Zonen CM2, CM5



## Einrichtung eines Strahlungs- Messnetzes im DWD: 1972

Geräte  
Kipp&Zonen CM11



## Messnetz (aktuell)

*Pyranometer/Pyrgemometer*

G, D, A: 11 Stationen

G, D: 17 Stationen

G: 2 Stationen

*SCAPP*

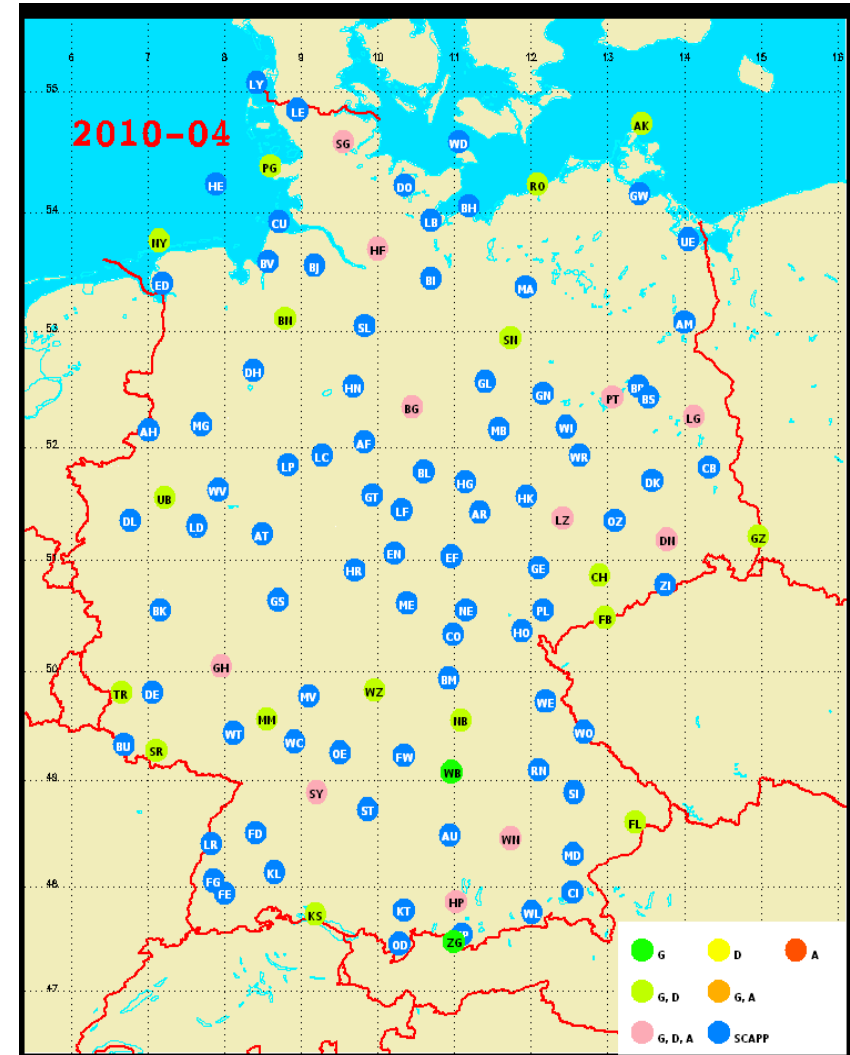
G, D: 82 Stationen

## Geräte

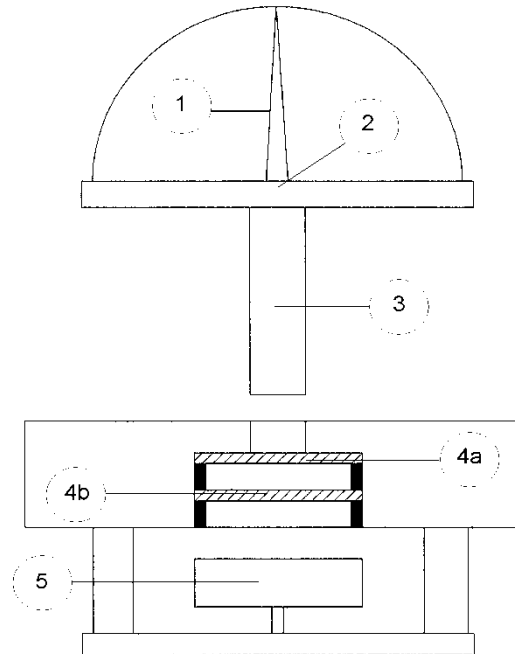
Kipp&Zonen CM11/CM21

SCAPP

(Scanning Pyrheliometer/Pyranometer)







Kopf und Sensormodul des SCAPP bestehen aus einer Tortenschlitzblende (1), einem Diffusor (2), einem Lichtleiter (3), zwei Filterscheiben KG4 (4a), BG34 (4b) Glas und dem Photoempfänger (5).

Gewicht: 5 kg

Höhe: 260 mm

Durchmesser: 185 mm

Das SCAPP zur Messung der direkten und diffusen Sonnenstrahlung, der Globalstrahlung sowie der Sonnenscheindauer

## Messunsicherheit:

Schildrup Paulsen (1968)

Gesamtsystem (Pyranometer, Schreiber, Auswertung)

Tagessummen: Sommer 3 bis 5 %

Winter >5%

Characteristics	CMP 22	CMP 21	CMP 11 CMA 11	CMP 6 CMA 6	High quality	Good quality	Moderate quality
ISO 9060 classification	Secondary standard	Secondary standard	Secondary standard	First class	Secondary standard	First class	Second class
Achievable uncertainty, 95 percent confidence level							
Hourly totals	1 %	2 %	2 %	5 %	3%	8%	20%
Daily totals					2%	5%	10%

**SCAPP**

# ***Themen***

- 
- A decorative graphic on the left side of the slide consists of a blue square with a white spiral pattern that curves around the edge.
- 1 Globalstrahlungsmessungen (Stationsnetz)**
  - 2 Satellitenabgeleitete Strahlungsdaten**
  - 3 Rasterdaten**
  - 4 Strahlungskarten Deutschland**
  - 5 Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung**

## **Satellitenabgeleitete Globalstrahlungswerte:**

### **Verschiedene Methoden**

#### **Im DWD:**


**Routinemäßig - nach Methode W.Möser, 1983, Globalstrahlung aus Satellitenmessungen, Mitteilungen aus dem Institut für Geophysik und Meteorologie an der Universität Köln**

**(Strahlungstransportmodell gekoppelt an die Reflektivität, Vergleich Bodenmessung-Modellwert, Differenz iterativ minimiert)**

**CMSAF (satellite application facility on climate monitoring)  
Heliosat-Methode**



# *Themen*

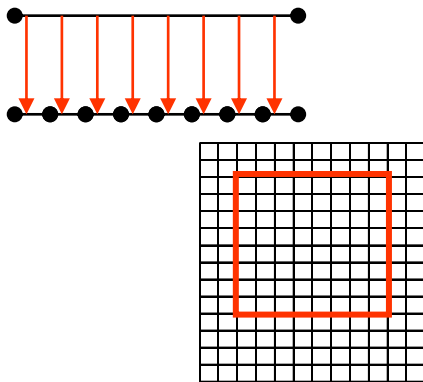
- 
- A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a blue square with a white spiral design inside, and the letters 'DWD' in white at the top.
- 1 Globalstrahlungsmessungen (Stationsnetz)**
  - 2 Satellitenabgeleitete Strahlungsdaten**
  - 3 Rasterdaten**
  - 4 Strahlungskarten Deutschland**
  - 5 Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung**

## Rasterwerte der Globalstrahlung (1 km-Gitter)

Ausgangswerte:

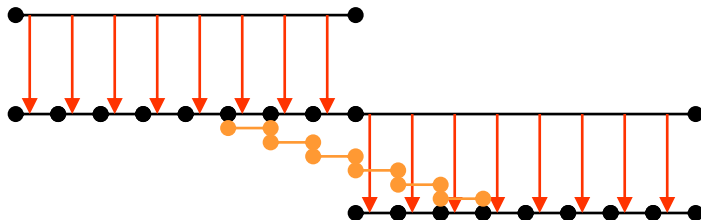
**Satellitenabgeleitete Globalstrahlungswerte 8 km Gitter (Meteosat)**

**unregelmäßig verteilte Bodenmessungen d. Globalstrahlung (Pyranometer)**

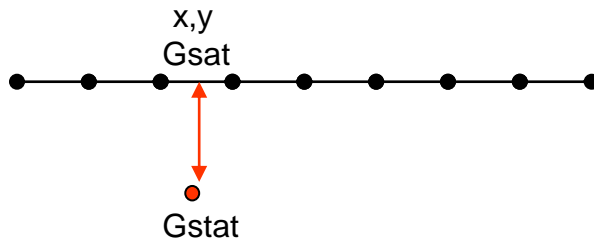


Überführung der 8 km-Satellitenrasterwerte  
auf das 1 km-Kartenraster  
für Deutschland:

alle 64 1 km-Raster erhalten gleichen  
Satellitenwert



Glätten des 1 km-Rasters

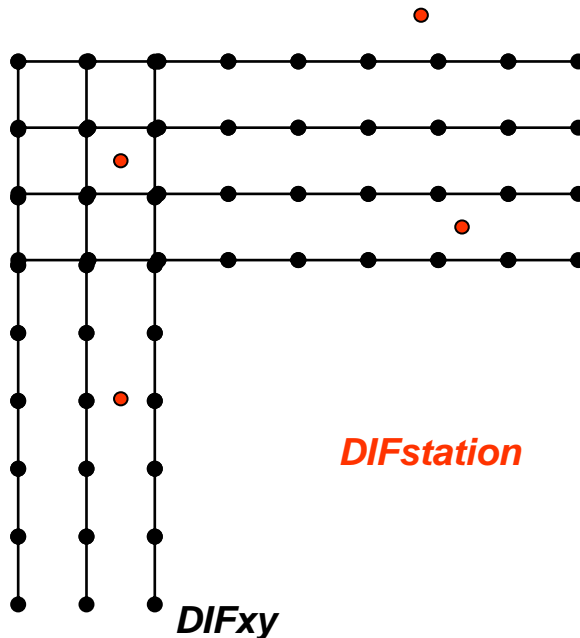


Berechnung aller Differenzen  
an den Stationsorten

Berechnung einer linearen Regression  
der Differenzen mit der Stationshöhe

Berechnung der Differenz  
„Stationswert“ minus „Regressionswert“ am  
Stationsort

Umrechnung der Differenz auf das 1 km Gitter



## Berechnung der Strahlungswerte (mittlere monatliche Tagessumme der Globalstrahlung) GT an den Rasterpunkten x,y

$$\begin{aligned} GT_{xy} &= \text{Satellitenabgeleiteter G-Wert am Rasterpunkt } x,y \\ &+ \text{auf 1 km-Gitter übertragene Differenz } Dif_{xy} \\ &+ \text{G-Wert am Rasterpunkt } x,y \text{ aus Regressionsgleichung} \end{aligned}$$

Die Prozedur ist so eingerichtet, dass der Rasterwert an der Station genau dem gemessenen Stationswert entspricht

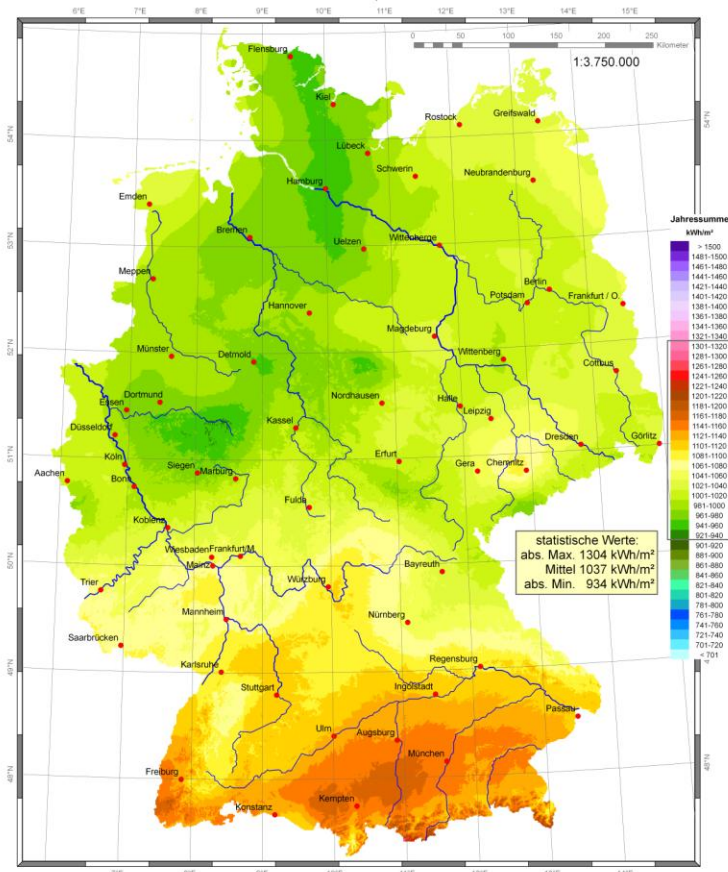


# ***Themen***

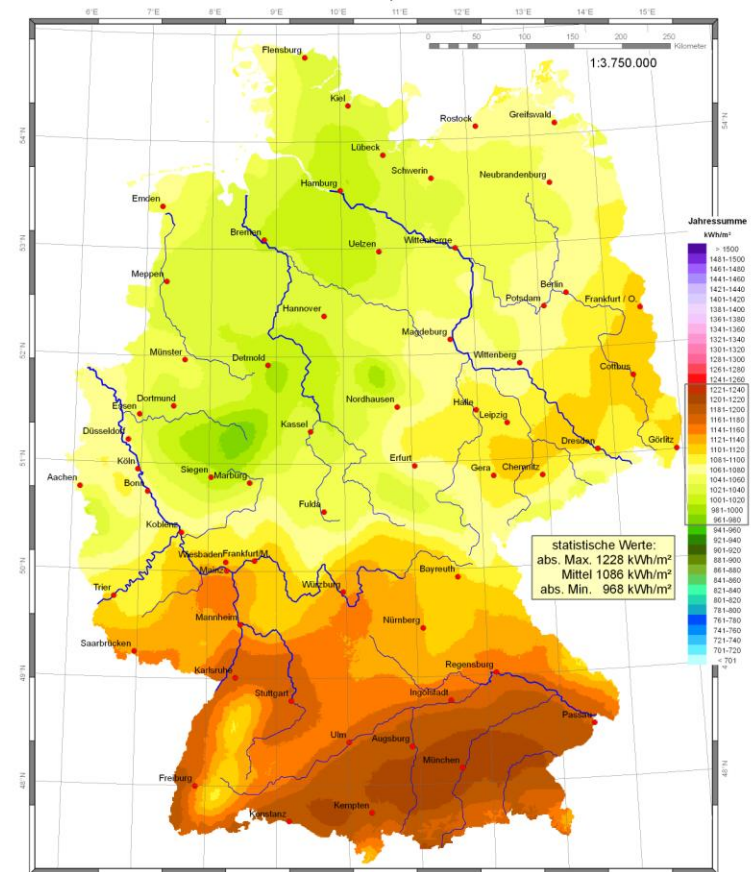
- 
- A decorative graphic on the left side of the slide, featuring a blue and white concentric circular pattern that resembles a stylized sun or a target, partially obscured by a vertical blue bar.
- 1 Globalstrahlungsmessungen (Stationsnetz)**
  - 2 Satellitenabgeleitete Strahlungsdaten**
  - 3 Rasterdaten**
  - 4 Strahlungskarten Deutschland**
  - 5 Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung**

# Strahlungskarten Deutschland

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland  
Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981 - 2000



Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland  
Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 2001 - 2010



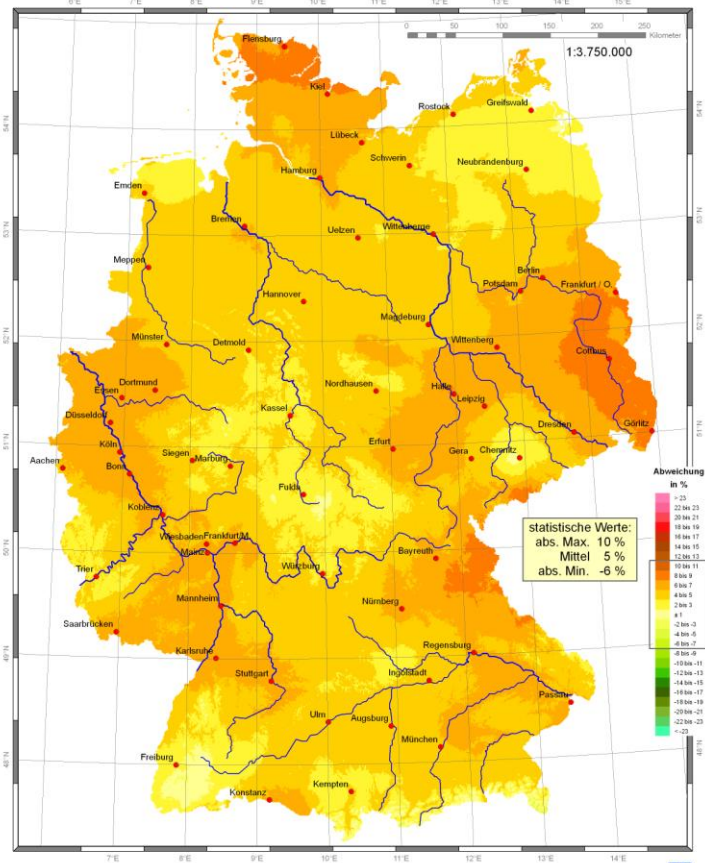
Wissenschaftliche Bearbeitung:  
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg  
Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de

Deutscher Wetterdienst  
Wetter und Klima aus einer Hand

Wissenschaftliche Bearbeitung:  
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg  
Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de

Deutscher Wetterdienst

## Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Abweichung des Mittel 2001-2010 vom Mittel 1981-2000

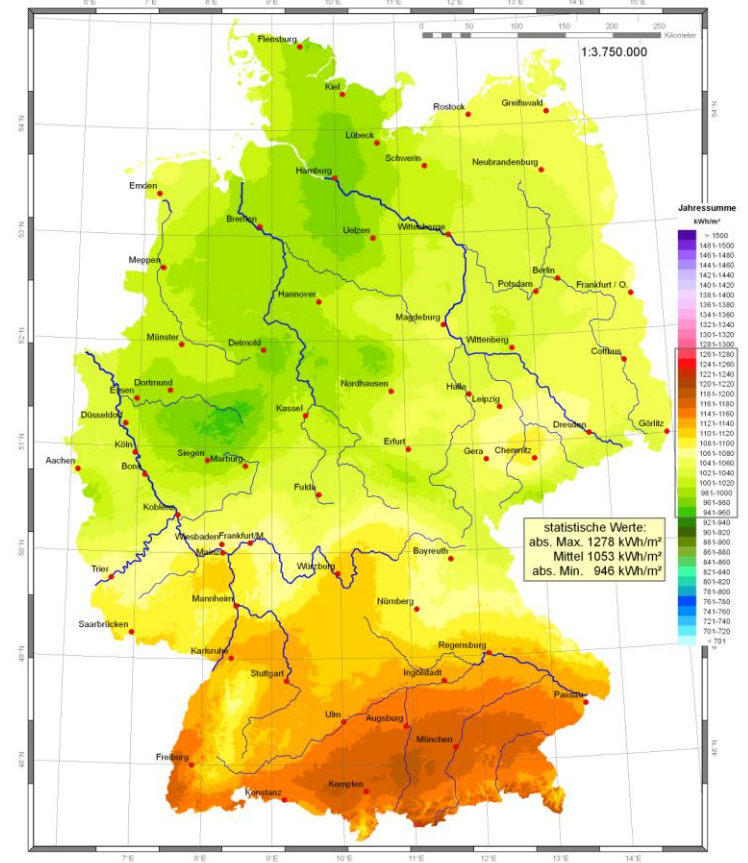


Wissenschaftliche Bearbeitung:  
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg  
Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de

Deutscher Wetterdienst  
Wetter und Klima aus einer Hand



## Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981 - 2010



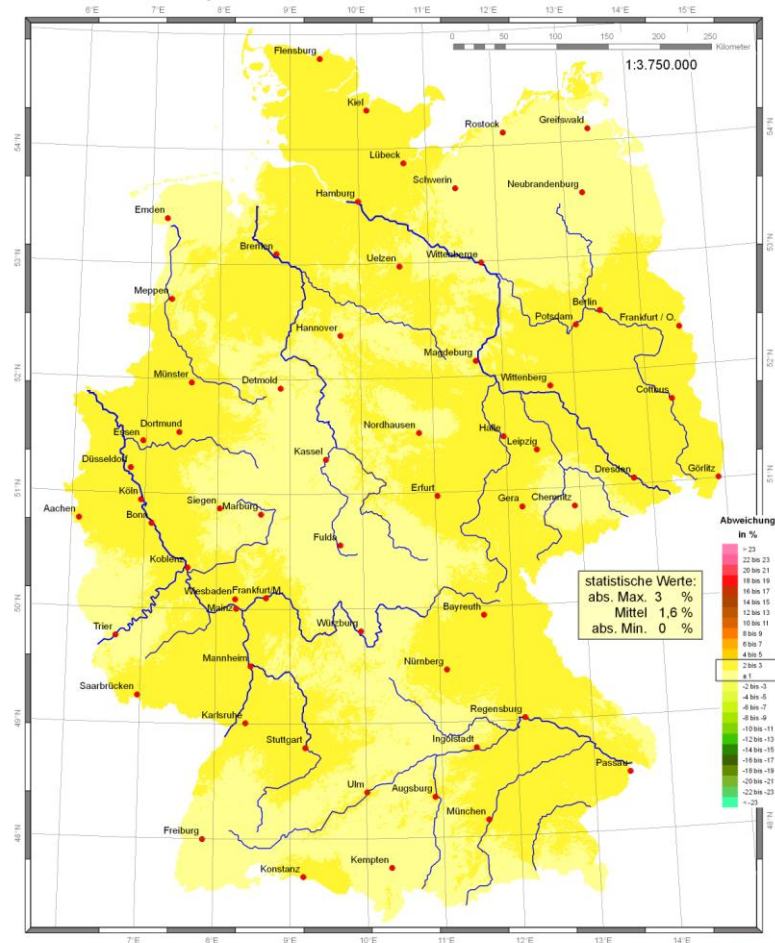
Wissenschaftliche Bearbeitung:  
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg  
Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de

Deutscher Wetterdienst





# Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Abweichung des Mittel 1981-2010 vom Mittel 1981-2000



Wissenschaftliche Bearbeitung:  
DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg  
Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de

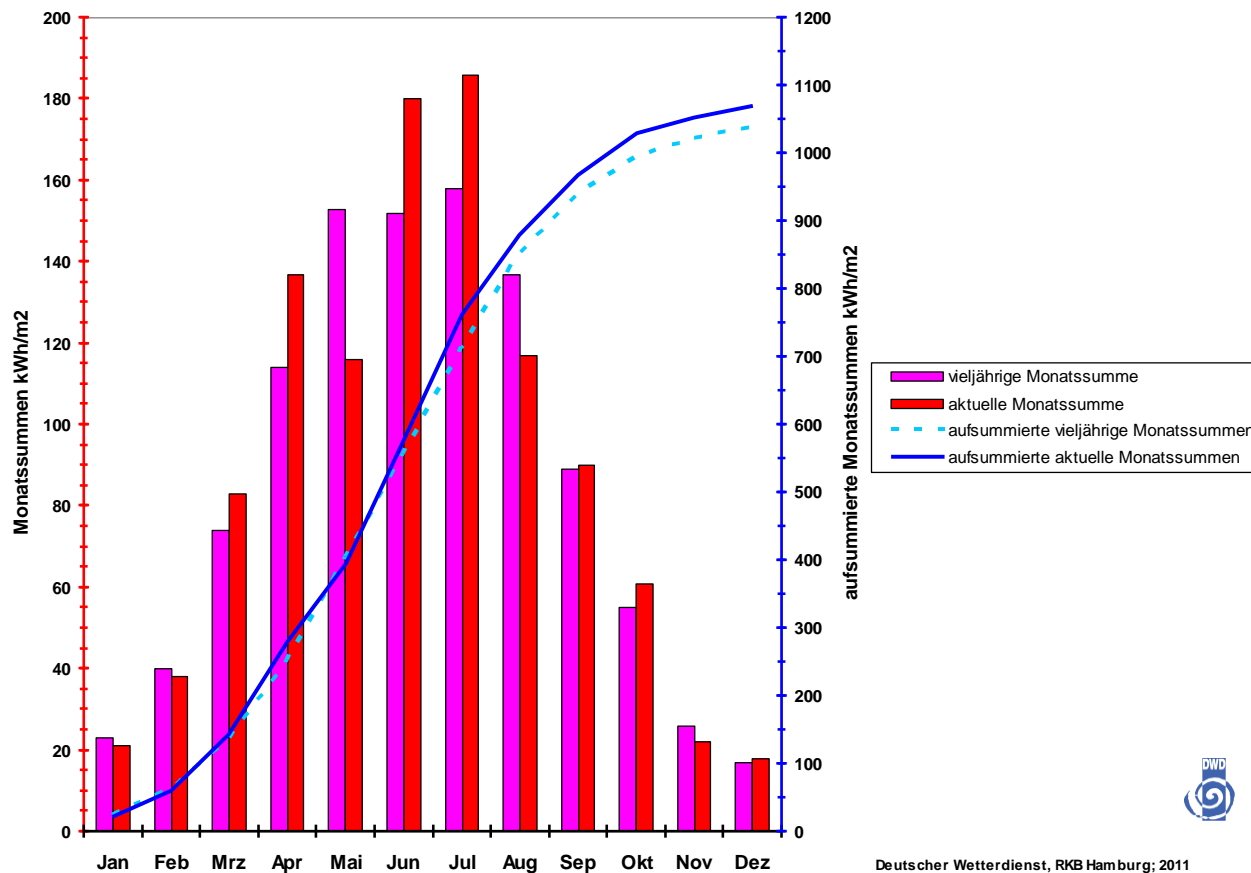


# ***Themen***

- 
- A decorative graphic on the left side of the slide, featuring a blue and white concentric circular pattern that resembles a stylized sun or a target, partially cut off by the left edge.
- 1 Globalstrahlungsmessungen (Stationsnetz)**
  - 2 Satellitenabgeleitete Strahlungsdaten**
  - 3 Rasterdaten**
  - 4 Strahlungskarten Deutschland**
  - 5 Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung**

# Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung – 1 Jahr 2010

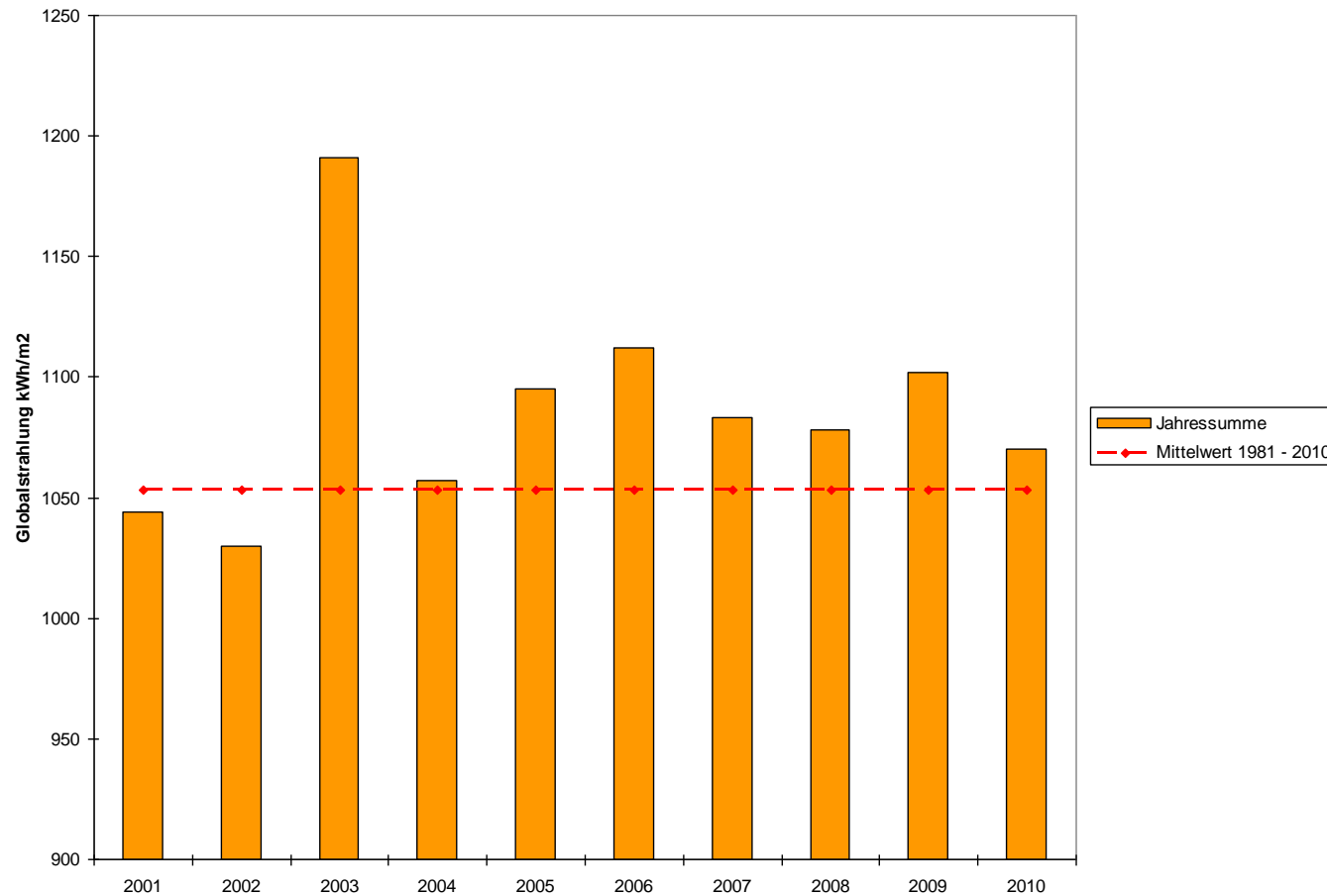
Abb. 2: Verlauf der Einstrahlung 2010 in Deutschland (Flächenmittel)  
Vergleich aktuelles Jahr/vieljähriges Mittel



Deutscher Wetterdienst, RKB Hamburg; 2011

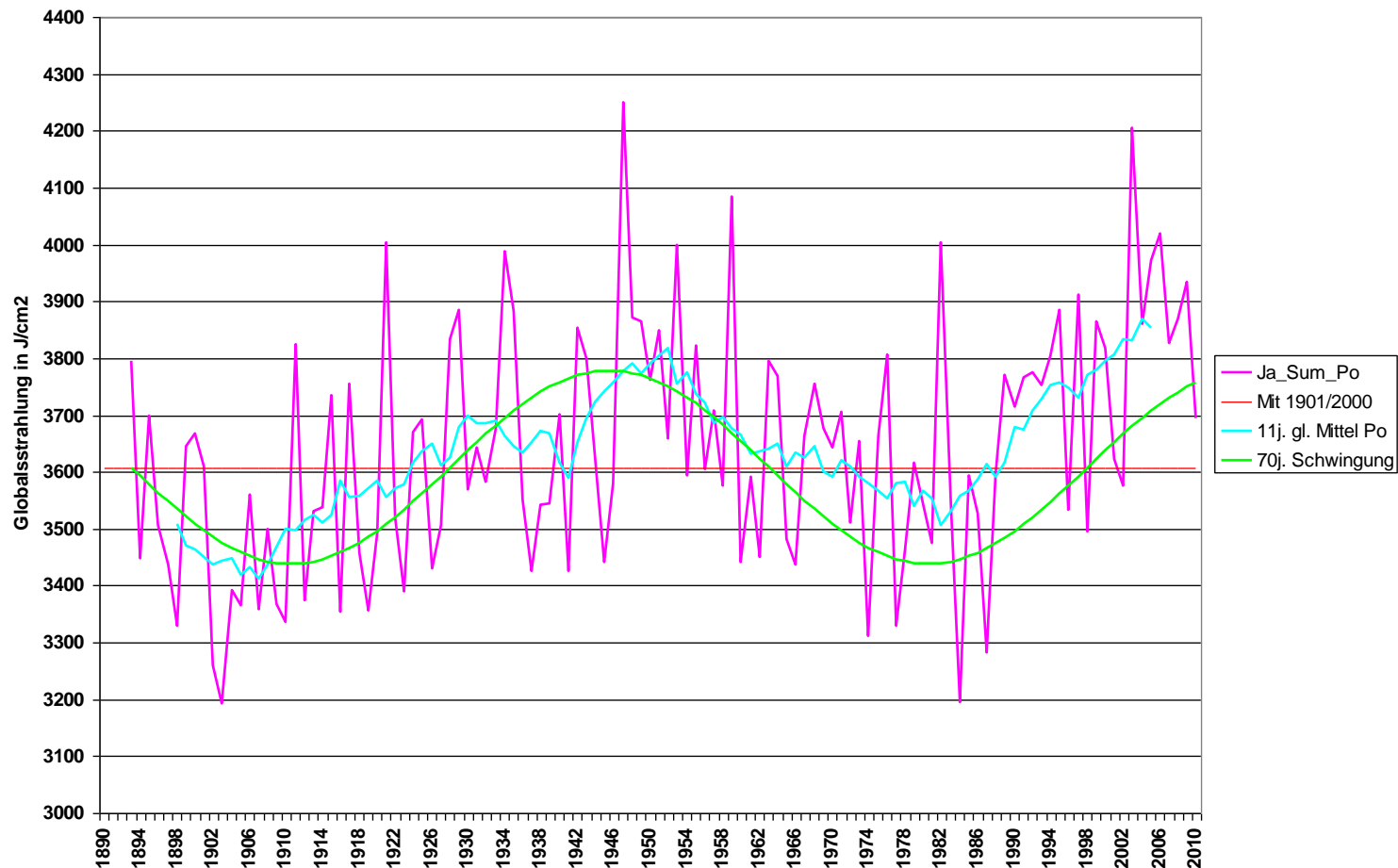
## Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung – 10 Jahr 2001 - 2010

Deutschland weite Flächenmittel der Globalstrahlung 2001 - 2010 in kWh/m<sup>2</sup>



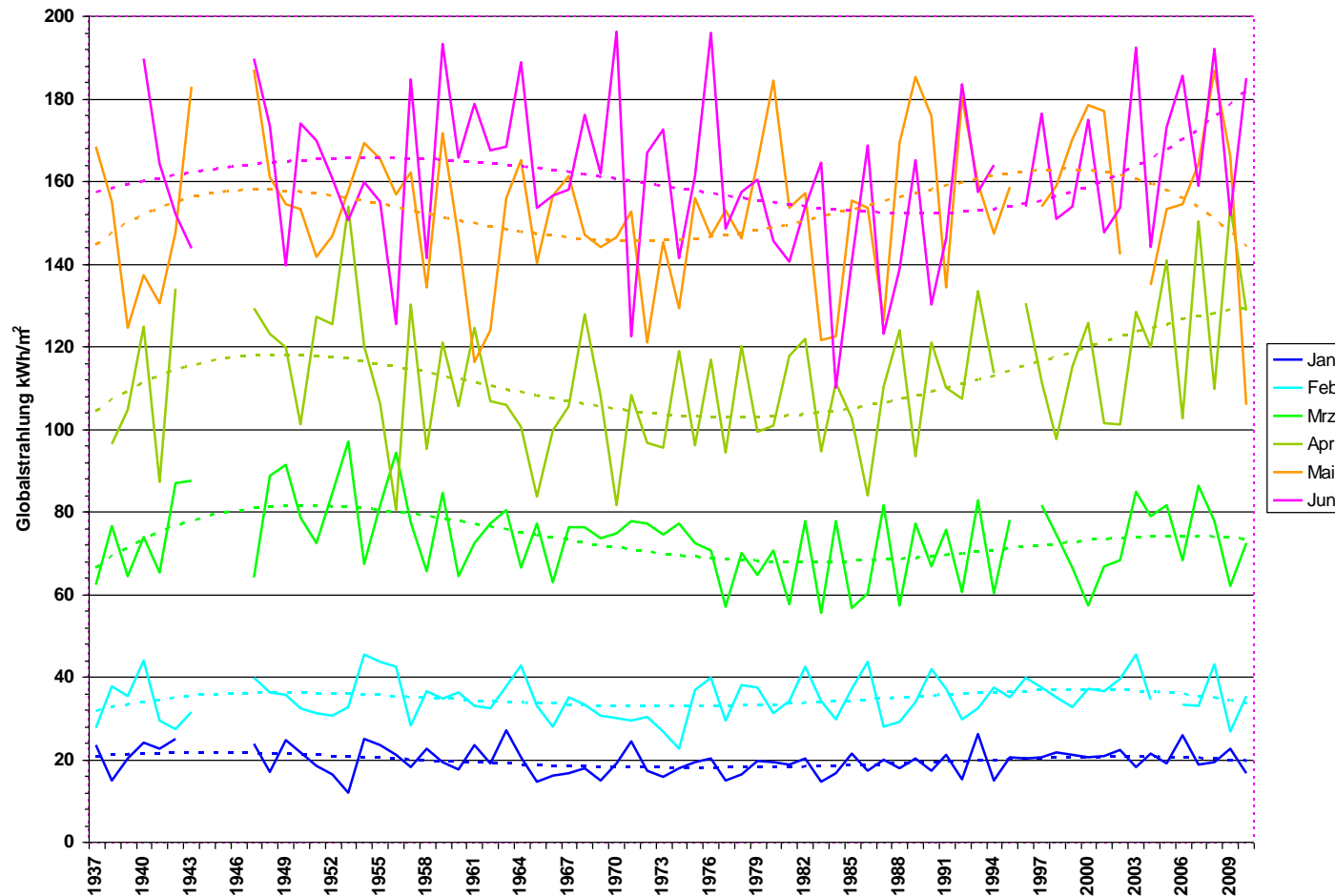
# Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung ~ 120 Jahre 1893 - 2010

Entwicklung der Globalstrahlung 1893 - 2010, Station Potsdam

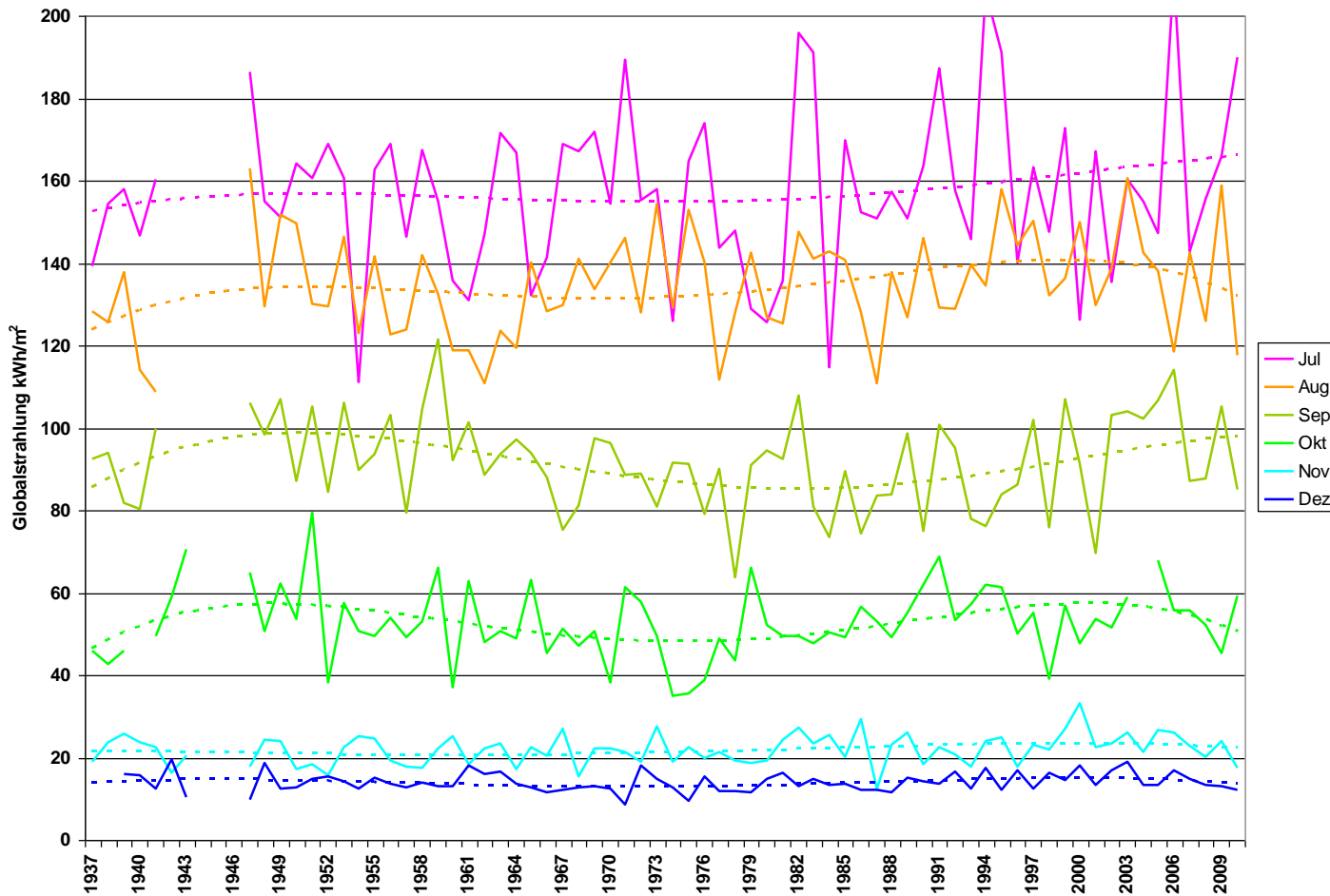




## Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung in den einzelnen Monaten Potsdam, 1937 – 2010 (1: Jan-Jun)



## Zeitl. Entwicklung der Einstrahlung in den einzelnen Monaten Potsdam, 1937 – 2010 (2: Jul-Dez)



A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a blue square with a white spiral design inside, and the letters 'DWD' in white at the top.

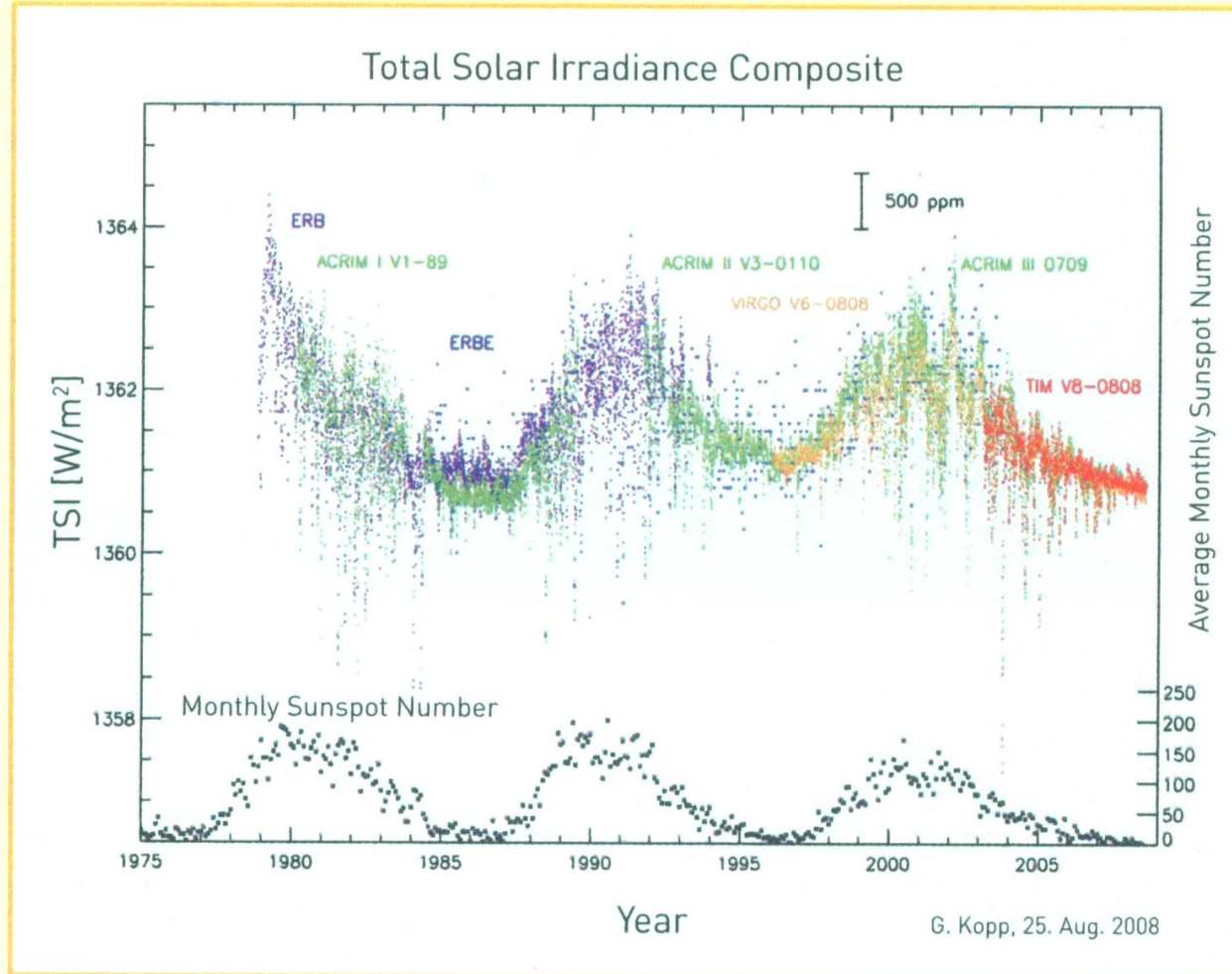
Unter [www.dwd.de](http://www.dwd.de) alle aktuellen (seit 1998) und langjährigen Strahlungskarten frei verfügbar (Monate, Jahre)

und demnächst auch

alle langjährigen Rasterdaten (Monate, Jahre)

Vielen Dank

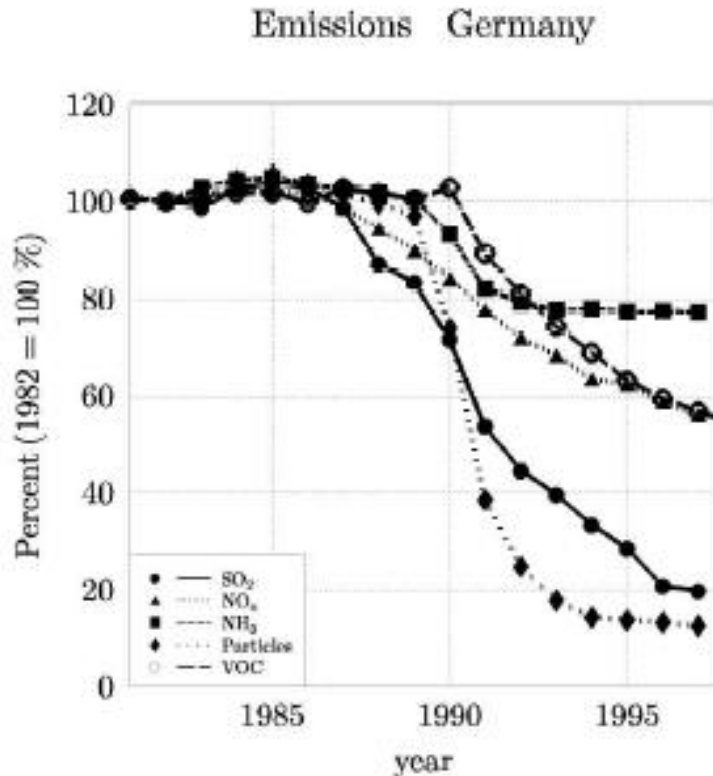
## Abhängigkeit der Strahlungsleistung von der Sonnenfleckenanzahl



Quelle: Raschke, E., 2009:  
Klimawandel: Ist die Sonne schuld;  
 $\eta$  [Energie] 0109



## Entwicklung der Emissionen in Deutschland



SO<sub>2</sub> : Reduction by more than 90%

NO<sub>2</sub>: Reduction by about 40%

Particles: Reduction by more than 90%

VOCs: Reduction by about 50%

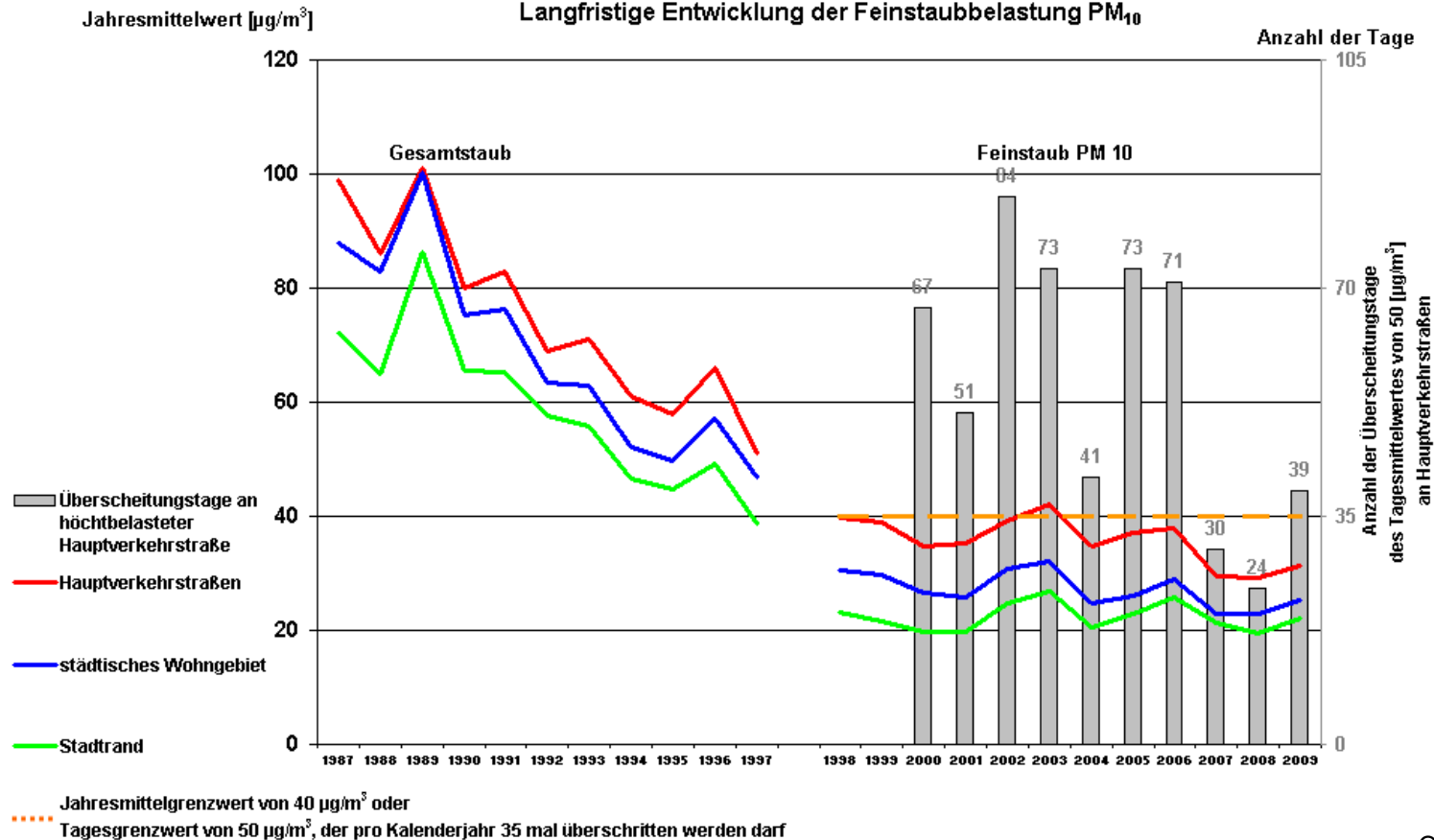
Fig. 1. Emissions in Germany relative to the values of the year 1982.

Quelle: Wallsch, M., 2003:  
EMEP-Assessment-Report

EMEP: European Monitoring and Evaluation Programme

## Entwicklung der Feinstaubbelastung in Berlin

Langfristige Entwicklung der Feinstaubbelastung PM<sub>10</sub>

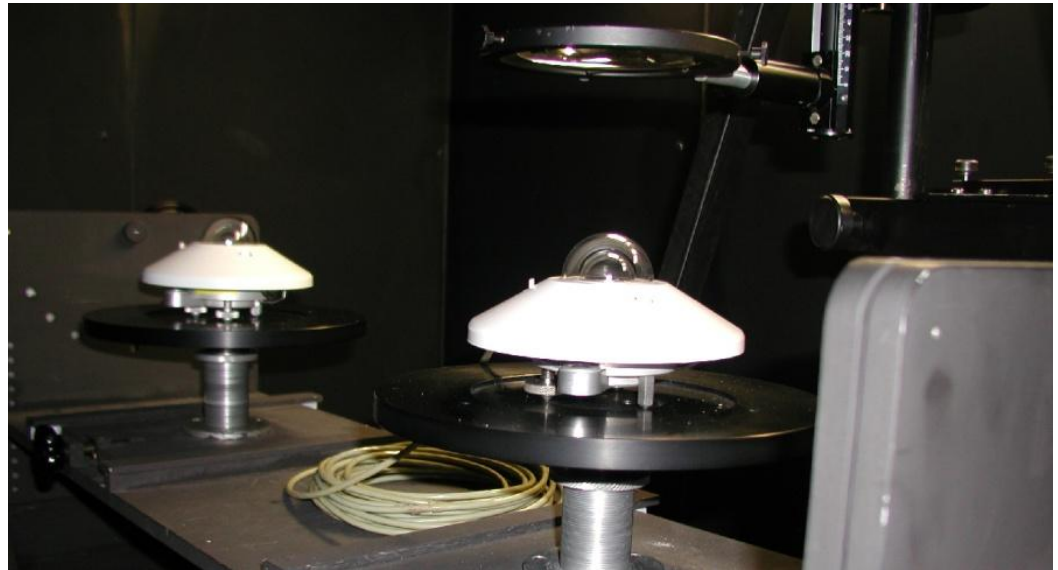


Quelle: [www.berlin.de](http://www.berlin.de)  
> Luftqualität

## Kalibrierungen im kurzwelligen Spektralbereich



**kurzwellig vor Sonne**



**kurzwellig im Labor**