

## Sonnenphotometrie auf dem Hohen Peißenberg

### 1. Einleitung

Seit Mitte der neunziger Jahre wird die Aerosol-Optische Dicke (AOD) auf dem Hohenpeißenberg gemessen. Dabei wurden verschiedene Typen von Sonnenphotometern (SPM) eingesetzt. Eine große Herausforderung ist es, die Daten der verschiedenen SPMs so zu harmonisieren, dass eine robuste und zuverlässige Zeitreihe der AOD entsteht. In diesem GAW-Brief steht jedoch nicht die Homogenisierung der Daten im Mittelpunkt, sondern es soll ein Überblick über die Messreihe mittels Statistik gegeben werden. Dabei wird der Einfluss der unterschiedlichen zeitlichen Auflösungen ignoriert.

### 2. Messgeräte

Im Laufe der Jahre wurden SPMs von drei verschiedenen Herstellern verwendet. Ein SPM der Firma Dr. Schulz und Partner GmbH (SP im Folgenden), ein Precision Filter Radiometer (PFR) vom Weltstrahlungszentrum in Davos, Schweiz (PMODWRC) das Daten für das GAW-Programm liefert und ein SPM der französischen Firma Cimel (Modell CE318) welches im weltweiten Messnetz AERONET eingebunden ist. Eine Weiterentwicklung des Cimel-Sonnenphotometers ermöglicht es, auch aus Mondmessungen die AOD abzuleiten.

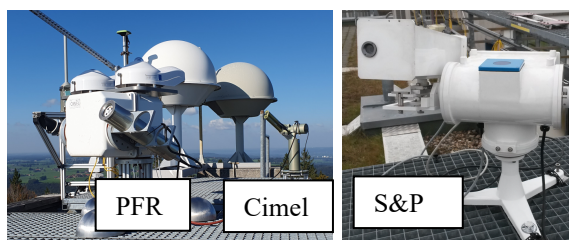


Abb. 1: Fotos der Messgeräte

### 3. Messdaten und Datenqualität

Das SP wurde von 1993 bis 2005 eingesetzt. Es ist ein halbautomatisches Sonnenphotometer, mit dem die AOD bei 8 Wellenlängen zwischen 360 und 1000 nm bestimmt wird. Es musste – wolkenfreie Sicht, in Richtung Sonne vorausgesetzt - manuell auf die Sonne ausgerichtet werden, konnte danach aber selbständig dem Lauf der Sonne folgen und

messen. Kalibriert wurde das Gerät einmal pro Jahr auf einem hohen Berg, um Atmosphäreneinflüsse auf die Kalibrierwerte gering zu halten.

Das PFR ist seit 1999 in Betrieb. Es misst vollautomatisch bei 4 Wellenlängen zwischen 368 und 862 nm. Es wird alle 2 Jahre im Weltstrahlungszentrum in Davos kalibriert. Dort wird auch das sogenannte cloud-screening vorgenommen, ehe die AOD qualitätsgesichert über die internationale Datenbank EBAS zur Verfügung gestellt werden.

Das Cimel CE318 ist seit 2013 in Betrieb. Es ist ein vollautomatisches Gerät und misst bei 8 Wellenlängen zwischen 340 und 1620 nm. Es wird typischerweise jährlich kalibriert. Das cloud-screening wird nahezu in Echtzeit durch einen automatischen Algorithmus vorgenommen. Für die vorliegenden Ergebnisse wurden nur wolkenbereinigte Daten der höchsten Qualitätsstufe verwendet (AERONET Level 2.0, EBAS-Datenbank).

Bedingt durch unterschiedliche Messtrategien und auch durch halbautomatisch bzw. vollautomatische betriebene Sonnenphotometer hat sich die zeitliche Auflösung der Messungen stark verändert (Abb. 2). Dazu beeinflussen die unterschiedliche Tageslängen im Sommer und Winter die Anzahl der Messungen, sowie eine in 2020 geänderte Messstrategie. Zusätzlich gibt es im Winter eine höhere Zahl an Ausfalltagen durch Niederschlags- und Nebeltage.

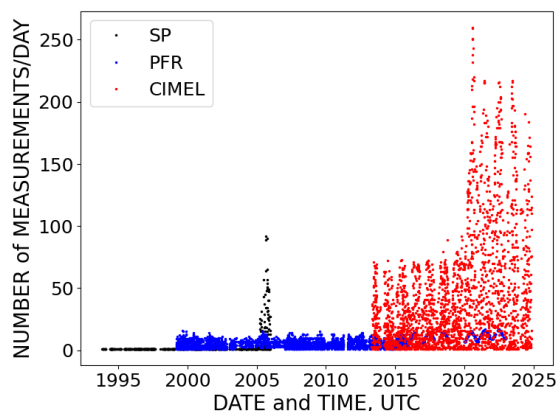
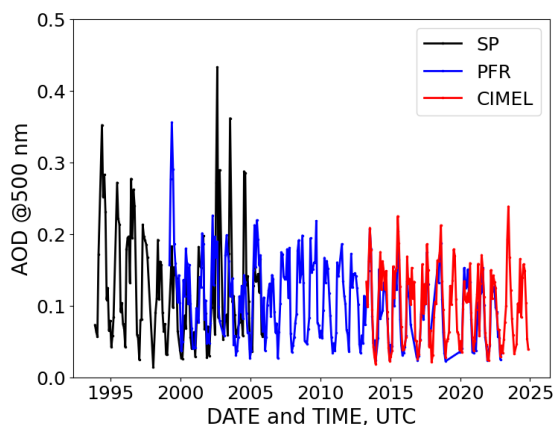


Abb. 2: Anzahl der Messungen pro Tag

#### 4. Ergebnisse

Die beiden wichtigsten Parameter sind die wellenlängenabhängige Aerosoloptische Dichte AOD, die ein Maß für die Menge an Aerosolpartikeln in der Atmosphäre ist, sowie der Ångström-Exponent (AE), der die spektrale Abhängigkeit der AOD beschreibt. Sie wird von der Größe der Partikel und durch den Aerosoltyp bestimmt.

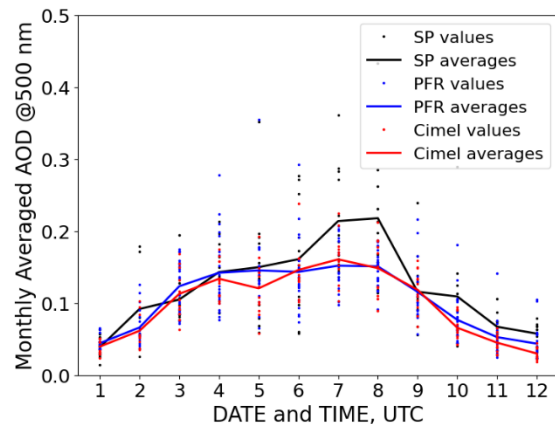
Abb. 3 zeigt die Zeitserie der Monatsmittel der AOD. Man sieht einen deutlichen Jahresgang, jedoch ist für die letzten 20 Jahren kein klarer Trend erkennbar. Man sieht, dass die ca. 10 Jahre Parallelmessungen von PFR und Cimel Sonnenphotometer recht gut übereinstimmen. Die Abnahme der AOD in den ersten Jahren nach Beginn der Messungen könnte mehrere Gründe haben. Erstens, hat die troposphärische Aerosolkonzentration seit ca. 1990 abgenommen; zweitens hat die stratosphärische Aerosolkonzentration nach dem Ausbruch des Vulkans Pinatubo 1991 deutlich abgenommen (bis ca. 1997). Drittens könnte die Messhäufigkeit die Vergleichbarkeit und somit den Trend beeinflussen.



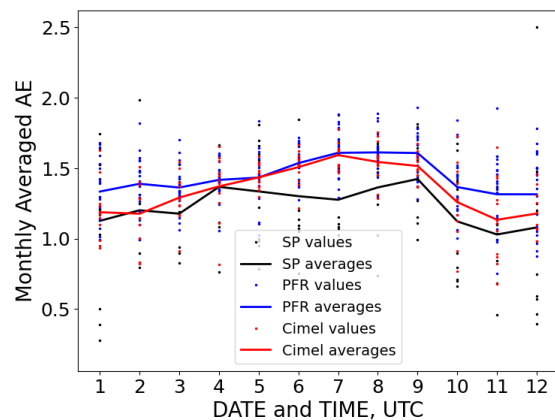
**Abb. 3: Zeitserie der Monatsmittel der AOD für 500nm.**

Abb. 4 zeigt den Jahresgang der AOD und Abb. 5 den Jahresgang des AE. Hierzu wurde jeweils über dieselben Monate, d.h. Monatsmittel aller Jahre gemittelt. Die AOD zeigt im Sommer deutlich höhere Werte als im Winter. Dies ist auch auf die Höhenlage des Messorts zurückzuführen. Im Winter liegt das Observatorium öfter oberhalb der atmosphärischen Grenzschicht, so dass nur Aerosolpartikel der freien Troposphäre und der Stratosphäre zur AOD beitragen. Effekte mit gleicher Wirkung sind deutlich häufigere Niederschläge im Winterhalbjahr, wodurch Partikel

weitgehend ausgewaschen werden, und der Ferntransport von Partikeln (Wüstenstaub aus Afrika, Waldbrand aus Nordamerika) der wesentlich im Sommerhalbjahr auftritt. Letzterer erklärt plausibel die beiden Maxima im Jahresverlauf der AOD.



**Abb. 4: Jahresgang der AOD**



**Abb. 5: Jahresgang des AE**

Der Jahresgang des AE zeigt ebenfalls ein Maximum im Sommerhalbjahr, wobei die Werte bis zu 30% höher liegen als im Winterhalbjahr. Auch hier gibt es zwei Einflussgrößen, die den Jahresgang erklären. Im Sommer reicht die atmosphärische Grenzschicht weit über den Hohenpeißenberg hinaus, so dass der AE durch überwiegend kleine Aerosolpartikel (Nitrate, Sulfate) wie sie typisch für die Grenzschicht sind, bestimmt wird. Dazu kommt der im Winterhalbjahr deutlich größere Fehler der gemessenen AODs. Die Absolutwerte der AOD sind im Winter niedriger und der Messfehler kann bis zu 50% betragen. Dies wiederum hat Einfluss auf den abgeleiteten Ångström-Exponent.

Referenzen:  
GAW-Brief Nr. 9

Frank.Wagner@dwd.de