

## Die partielle Sonnenfinsternis in Lindenberg am 20.3.2015

K. Behrens, L. Doppler, R. Becker, A. Knöfel, S. Gross (MOL-RAO) – 30.3.2015

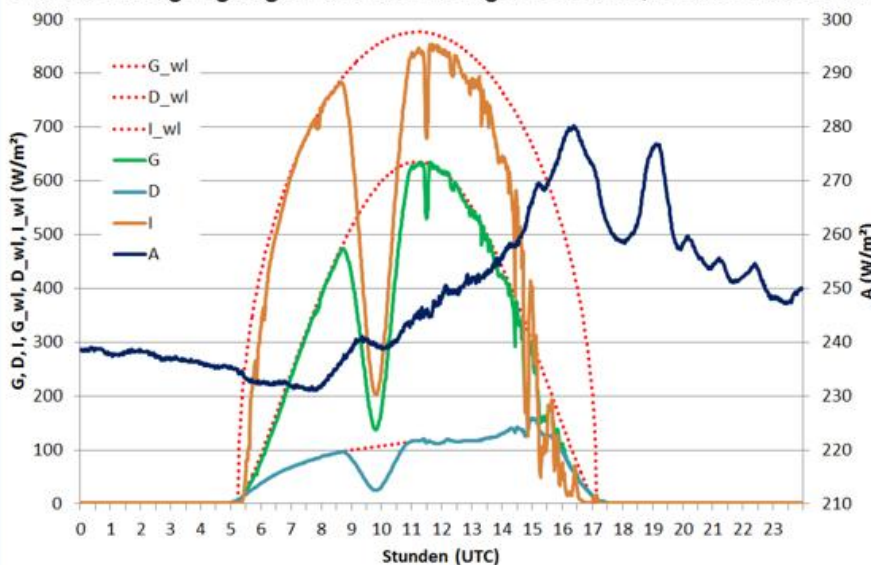
Das Auftreten einer Sonnenfinsternis, auch einer partiellen, ist immer wieder ein spektakuläres Ereignis. Das gilt besonders, wenn die meteorologischen Bedingungen so gut sind, dass eine nahezu ungestörte Beobachtung möglich ist, wie das am 20.3.2015 in weiten Teilen Deutschlands der Fall war. In diesem Zusammenhang ist es für die Auswertung von Strahlungsmessungen natürlich ideal, wenn der ganze Himmel für die Dauer der Abschattung sowie eine möglichst lange Zeit davor und danach wolkenlos ist, damit die Messergebnisse vergleichbar sind. In Mitteleuropa, mit seinen wechselhaften Wetterbedingungen, sind diese Voraussetzungen leider nur selten erfüllt.

Nach vielen Jahren konnte nun in Lindenberg ( $\varphi=52.2^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=14.1^\circ\text{E}$ ) wieder einmal eine partielle Sonnenfinsternis bei guten Wetterbedingungen beobachtet werden. Der Gesamtbedeckungsgrad der Wolken war mit 1 Okta Cirrus fibratus vor und während der Sonnenfinsternis sehr gering, so dass der Einfluss der Abschattung der Sonnenscheibe und seine Auswirkungen in allen Phasen gut dokumentiert werden konnten.

In Lindenberg begann die Bedeckung der Sonne um 08:39 UTC und sie endete um 10:59 UTC. Der größte Bedeckungsgrad der Sonne wurde für 09:48 UTC mit 73% berechnet, was einer maximalen Magnitude (Teil des vom Mond bedeckten Sonnendurchmessers) von 0.778 entspricht.

Abbildung 1 zeigt den Tagesgang der direkten (normal zur Einstrahlung) und diffusen Sonnenstrahlung, der Globalstrahlung sowie die durch Potenzfunktionen approximierten Tagesgänge für die Global- und direkte Sonnenstrahlung zur Charakterisierung des wolkenlosen Himmels bei unbeeinflusster Sonne. Im Fall der diffusen Sonnenstrahlung wurde der Abschnitt von Beginn bis Ende der Sonnenfinsternis nur linear interpoliert.

Aus den Tagesgängen der kurzweiligen Größen, insbesondere im Vergleich mit den dargestellten



**Abb. 1: Tagesgänge der direkten (normal zur Strahlungsrichtung) (I), diffusen (D) Sonnenstrahlung und Globalstrahlung (G) sowie die Approximationen für den wolkenlosen (wl) Himmel. Zusätzlich ist auch die Wärmestrahlung der Atmosphäre (A) dargestellt**

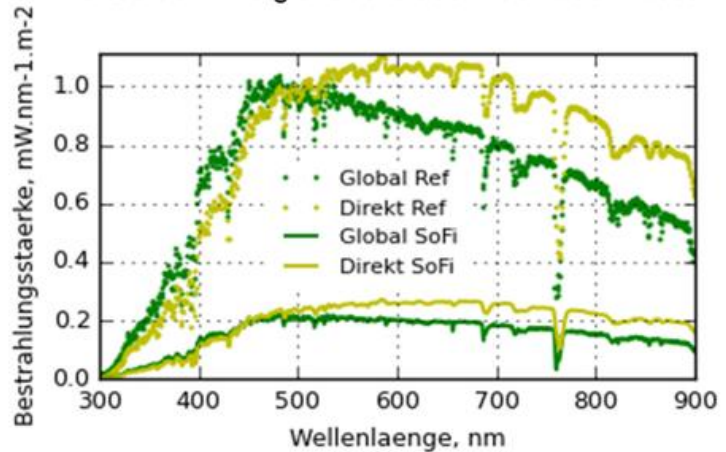
Näherungen für den wolkenlosen Fall, ist ersichtlich, dass bis zum Ende der Sonnenfinsternis nahezu ungestörte Verhältnisse vorlagen. Die Abweichungen in der direkten Sonnenstrahlung von der Normkurve gegen Ende der Verfinsternis sind bereits auf eine zunehmende Eintrübung und Verdichtung der Zirren zurückzuführen. Die hierdurch verstärkten Streuprozesse verursachen eine Verminderung der direkten und zugleich eine Erhöhung der diffusen Strahlung, während die Globalstrahlung als Summe unbeeinflusst bleibt.

Zum Zeitpunkt der größten Verfinsternis betragen die aus gemessenen Werten der kurzweiligen Komponenten und den korrespondierenden theoretischen Werten berechneten Quotienten 0.235 für die Global- und diffuse Sonnenstrahlung sowie 0.238 für die direkte Sonnenstrahlung. Interessant ist noch die Betrachtung der Wärmestrahlung der Atmosphäre, die offensichtlich auch nicht unbeeinflusst von der Sonnenfinsternis ist. Während die solaren Strahlungskomponenten in

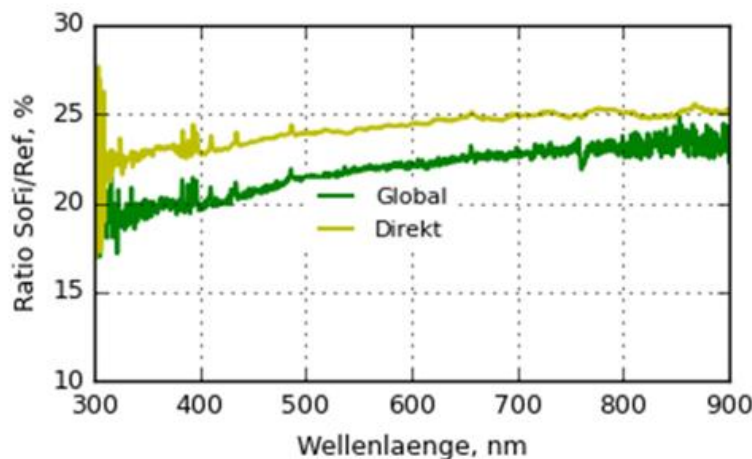
Übereinstimmung mit den astronomisch berechneten Daten vom normalen Tagesgang abzuweichen, wird der Anstieg der Wärmestrahlung erst 42 Minuten nach Beginn der Finsternis bei  $241 \text{ W/m}^2$  gestoppt, um nach 41 weiteren Minuten ein Minimum bei  $239 \text{ W/m}^2$  zu erreichen, was im Bereich der Messunsicherheit liegt. Dieser Wert trat 15 Minuten nach dem Maximum der Sonnenabdeckung auf.

Man kann daraus sehen, dass eine etwa einstündige kontinuierliche Absenkung der solaren Energiezufuhr auf rund ein Viertel des Normwertes den Energiehaushalt schwach beeinflusst.

Auch in den hochaufgelösten Spektren sind Einflüsse der Sonnenfinsternis (SoFi) sichtbar. Abbildung 2 zeigt die Bestrahlungsstärken der Spektren von globaler und direkter Strahlung (normal zur Strahlungsrichtung) gemessen zum Zeitpunkt des Maximums der Sonnenfinsternis und gerechnet für den theoretischen Fall ohne Sonnenfinsternis. Deutlich ist die Verringerung der Einstrahlung durch die Abdeckung der Sonne sichtbar. Interessanter ist aber der in Abbildung 3 dargestellte Effekt, der sich aus den berechneten Verhältnissen der Bestrahlungsstärken (in %) von abgedeckter und (theoretisch) freier Sonne ergibt. Im Spektralbereich von 300 bis 900 nm steigen diese Werte langsam von 22 % auf 25 % für die direkte Strahlung und von 18 % auf 23.5 % für die Globalstrahlung an. Das heißt, dass während der Sonnenfinsternis, die eingestrahlte Energie für die kurzen Wellenlängen (UV, violett, blau) stärker abnimmt als im längeren Wellenlängenbereich (rot, nahes Infrarot). Dieser Effekt ist aber sehr gering: Vom Blau (460 – 480 nm) bleiben zum Maximum der Sonnenfinsternis 22.7 % der Globalstrahlung übrig und vom Rot (600 – 700 nm) 24.15 %. Die Perzeption der Farben sollte deswegen nur sehr gering beeinflusst worden sein.



**Abb. 2: Spektren der Bestrahlungsstärke für die Globalstrahlung (grün) und die direkte Strahlung (gelb). „SoFi“ = Messung der Strahlung, „Ref“ = gerechnete Strahlung für den theoretischen Fall ohne Sonnenfinsternis.**



**Abb. 3: Spektrum des Effektes der Sonnenfinsternis für die globale (grün) und direkte (gelb) Strahlung: Ratio (Strahlung SoFi) / (Strahlung Ref) von Abb. 2.**

unabhängig von der Absorption in den Linien der atmosphärischen Gase wie z.B. aus Abbildung 2 ( $\text{O}_2$ -Absorptionslinien um  $767 \text{ nm}$ ) zu sehen ist. Die Sonnenfinsternis sollte deswegen die Fernerkundung der meisten atmosphärischen Gase nicht gestört haben.

Da jedoch in der Fernerkundung einiger atmosphärischer Komponenten (z. B. Ozon, Angström-Parameter der Aerosole) die Messdaten spektraler Kontinua benötigt werden, können für diese Anwendungen, bedingt durch die Änderung der in Abbildung 3 dargestellten Verhältnisse über die Wellenlänge, kleinere Fehler auftreten.

steigen diese Werte langsam von 22 % auf 25 % für die direkte Strahlung und von 18 % auf 23.5 % für die Globalstrahlung an. Das heißt, dass während der Sonnenfinsternis, die eingestrahlte Energie für die kurzen Wellenlängen (UV, violett, blau) stärker abnimmt als im längeren Wellenlängenbereich (rot, nahes Infrarot). Dieser Effekt ist aber sehr gering: Vom Blau (460 – 480 nm) bleiben zum Maximum der Sonnenfinsternis 22.7 % der Globalstrahlung übrig und vom Rot (600 – 700 nm) 24.15 %. Die Perzeption der Farben sollte deswegen nur sehr gering beeinflusst worden sein. Die spektrale Variation der Abweichung ist kontinuierlich und