



Detektion und Untersuchung solarer Strahlungsüberhöhungen mit ARAD und Cloudcam

Marianne Hofer¹, Dietmar Baumgartner², Helga Pietsch¹, Ulrich Foelsche^{1,3}

¹Institutsbereich Geophysik, Astrophysik und Meteorologie (IGAM) des Instituts für Physik (IP) der Universität Graz, Graz

²Observatorium Kanzelhöhe für Sonnen- und Umweltforschung (KSO) der Universität Graz, Treffen

³Wegener Center für Klima und Globalen Wandel der Universität Graz (WEGC), Graz

Kontakt: marianne.hofer@edu.uni-graz.at, marianne_hofer@gmx.at



1. Einleitung

Solare Strahlungsüberhöhung, eine Situation bei der die Globalstrahlung bei bewölktem Himmel die bei klarem Himmel übertrifft, ist schon in vielen Arbeiten behandelt worden. Hier wird gezeigt, dass solare Strahlungsüberhöhungen bei bestimmten Bewölkungssituationen mit den Strahlungsmessinstrumenten der ARAD (Austrian RADiation) Station und dem Bewölkungsmesssystem Cloudcam des IGAM Graz nachgewiesen, dargestellt und untersucht werden können.

2. Instrumente

Cloudcam, ARAD und TAWES Haenni Solar. Cloudcam ist ein automatisches Bildgebungssystem der Firma CMS - Ing. Dr. Schreder GmbH. Die Digitalkamera Canon PowerShot A60 ist ausgerüstet mit einem Fisheye-Objektiv für ein maximales Blickfeld von 180° und geschützt durch einen Glasdom (Fig. 1). Mit dieser Kamera wurden von 1.12.2012 bis 31.3.2013 von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang zwei Bilder, ein normal belichtetes und ein unterbelichtetes, pro Minute erstellt. Mit der zugehörigen Software „Findclouds“ wurde über eine RGB-Schwelwertuntersuchung für jedes Pixel der Bewölkungsgrad in Minutenaufösung bestimmt (Schreder 2011, 2012).

Seit 2011 ist am IGAM Graz ARAD (Austrian RADiation), ein hochgenaues solares Strahlungsmesssystem, in Betrieb, das Strahlungsmesswerte in Minutenaufösung liefert (Fig. 2). Mit Instrumenten von Kipp&Zonen wird die Globalstrahlung (GLO) mit einem Pyranometer gemessen. Sie setzt sich zusammen aus der solaren Direktstrahlung (DIR), gemessen mit einem Pyrheliometer, und dem diffusen Anteil der Strahlung, der Himmelsstrahlung (HIM), gemessen mit einem abgeschatteten Pyranometer. Weiters wird die langwellige Strahlung (LWO) mit einem abgeschatteten Pyrgeometer gemessen (Olefs et al. 2012).

Der Sonnenscheindetektor von Haenni Solar ist Teil der TAWES (Teil-Automatisches-Wetter-Erfassungs-System) Station des IGAM Graz und misst die Anzahl der Sonnenscheinsekunden pro Minute (Fig. 3).



Fig. 1: Cloudcam (Bild: H. Pietsch)

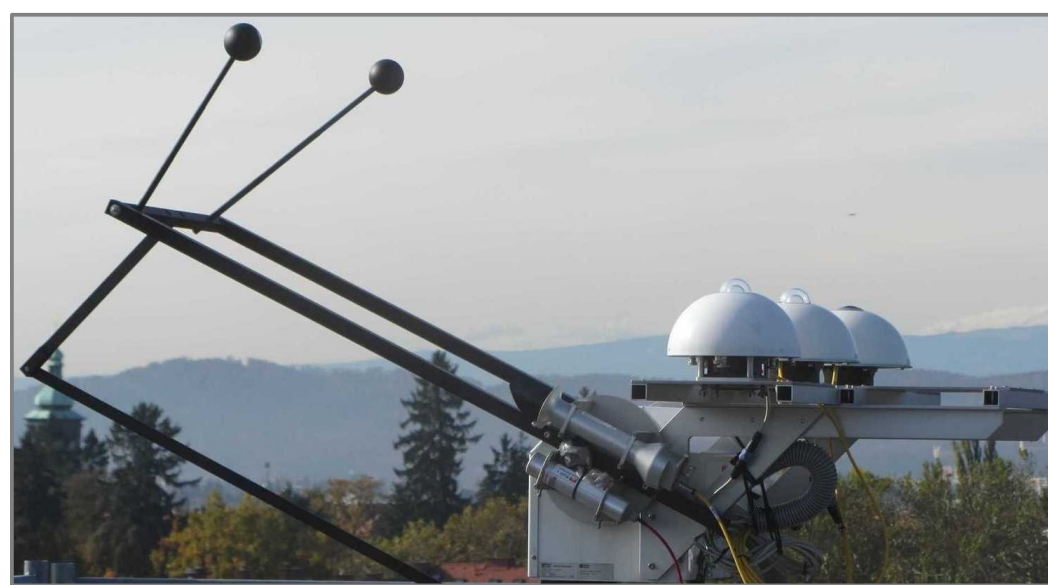


Fig. 2: ARAD Strahlungsmessstation

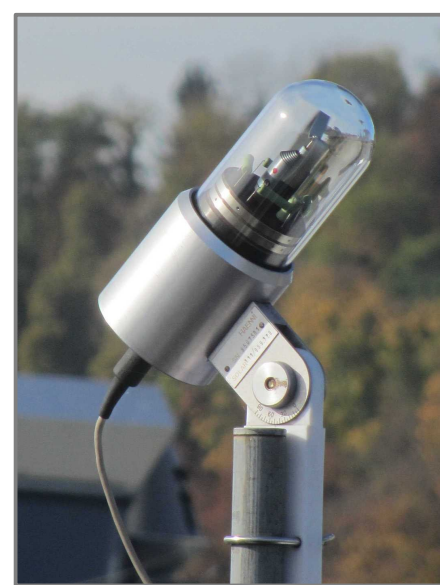


Fig. 3: TAWES Haenni Solar

3. Bewölkungsgradbestimmung

Vergleich der instrumentellen Bestimmung und der Bestimmung durch den Wetterbeobachter zum Termin 2 (13:00 UT +/- 15 min). Hier wurden zwischen 1.12.2012 und 31.3.2013 alle durch das Cloudcam-System ermittelten Werte im Beobachtungszeitraum gemittelt, auf Zehntel gerundet und mit dem vom Beobachter geschätzten Bewölkungsgrad in Zehntel verglichen. Die Differenzen wurden in einem Histogramm dargestellt. In Fig. 4 ist ersichtlich, dass es innerhalb von zwei Zehntel eine Übereinstimmung von 91 % gibt. Diese sehr gute Übereinstimmung liegt aber auch an den Wetterverhältnissen im untersuchten Zeitraum. In Fig. 5 ist ersichtlich, dass es im Jänner und Februar im Jahr 2013 im Vergleich zum Vorjahr sehr viele Tage mit kompletter Bewölkung gab. Werden diese Tage aus der Auswertung ausgeschlossen (Fig. 6), ergibt sich innerhalb von zwei Zehntel eine Übereinstimmung von 78 %. Außerer, also Differenzen von größer gleich drei Zehntel, sind dadurch erklärbar, dass Cirren instrumentell schlecht detektierbar sind, wie schon von Long et al. (2006) beschrieben. Diese Resultate sind mit den Ergebnissen von Schade et al. (2007) und Kazantzidis et al. (2012) (85 % bzw. 91 % Übereinstimmung innerhalb von zwei Achtel) vergleichbar. Hierbei ist zu erwähnen, dass ein Achtel 1,25 Zehntel entspricht.

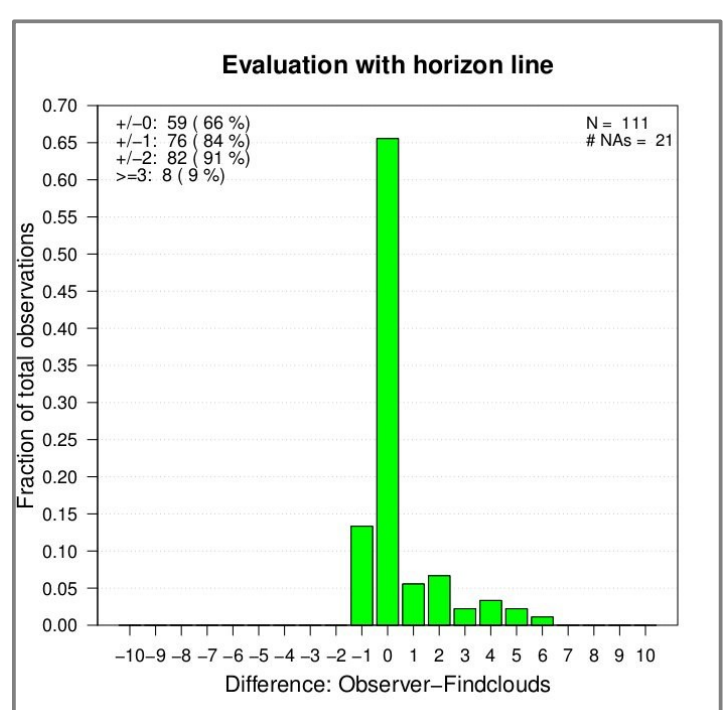


Fig. 4: Vergleich von Beobachter und instrumenteller Bestimmung des Bewölkungsgrades.

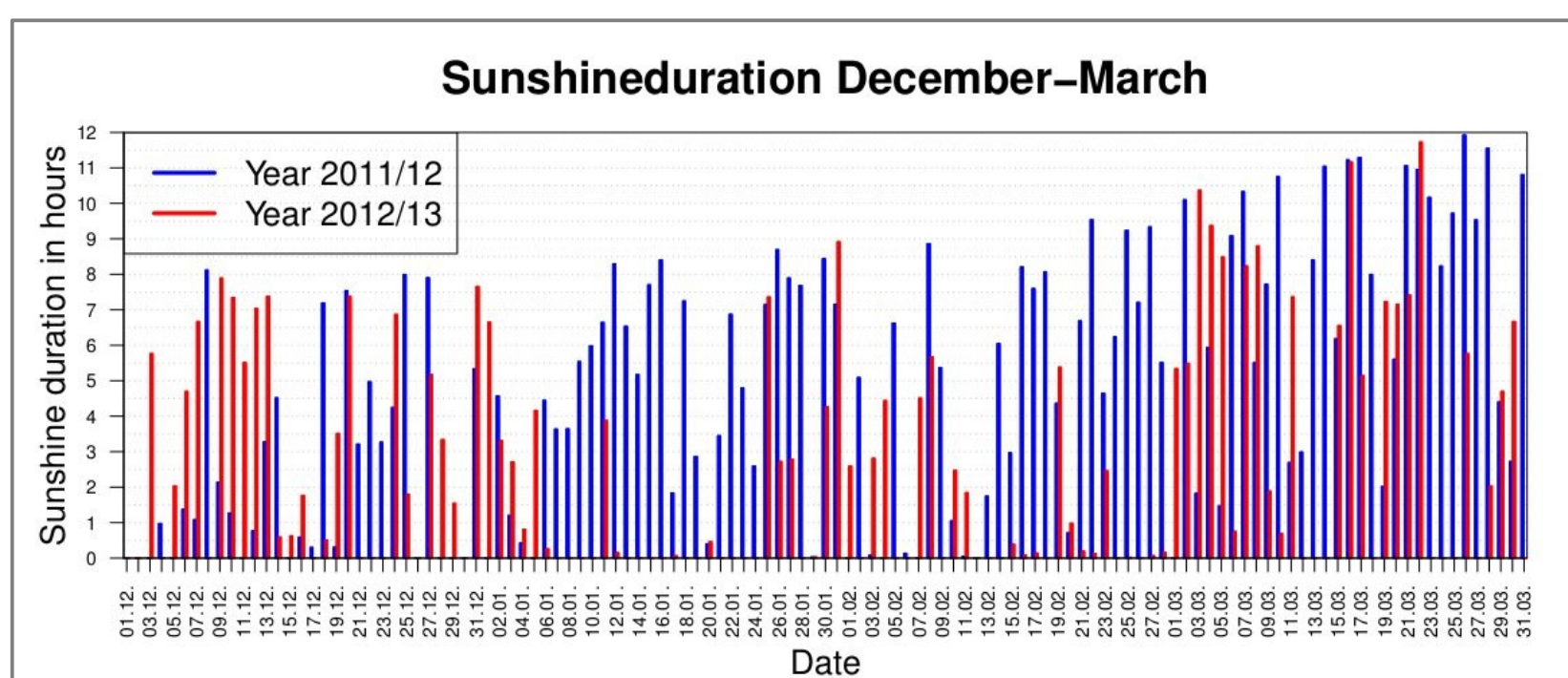


Fig. 5: Die tägliche Sonnenscheindauer von 1.12.2012 bis 31.3.2013 im Jahr 2012 (blau) und 2013 (rot).

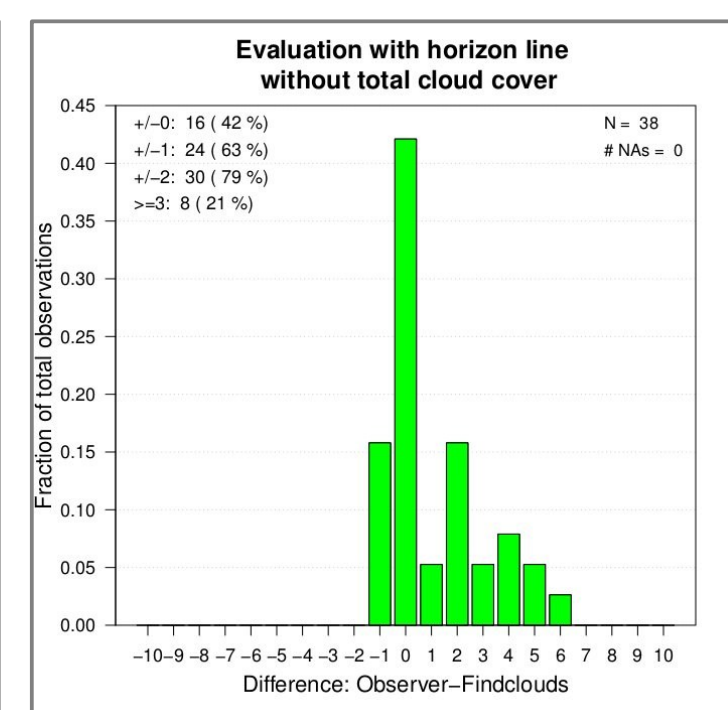


Fig. 6: Vergleich von Beobachter und instrumenteller Bestimmung des Bewölkungsgrades ohne Tage mit kompletter Bewölkung.

4. Strahlungsüberhöhungen

Detektion, Darstellung und Untersuchung von solaren Strahlungsüberhöhungen. Zwischen 1.12.2012 und 28.3.2013 wurden die Tagesgänge von Globalstrahlung, Direktstrahlung, Himmelsstrahlung, Sonnenschein und Bewölkung sowie der errechnete Tagesgang der Strahlung am Oberrand der Atmosphäre grafisch dargestellt und auf Strahlungsüberhöhungen untersucht. Zu gefundenen Überhöhungen wurden dann die zugehörigen Bilder der Cloudcam untersucht. Dabei fielen die Tagesgänge am 10.12.2012 und 28.3.2013 besonders auf: siehe 4a. und 4b.

5. Resultat

Diese Ergebnisse zeigen, dass dem Cloudcam-System zur Bewölkungsgradbestimmung am Tag im Wesentlichen vertraut werden darf, auch im Vergleich mit den Ergebnissen diverser Autoren. Damit können mit dem hochgenauen ARAD Strahlungsmesssystem und dem Cloudcam Bildgebungssystem unterschiedliche Arten von Strahlungsüberhöhungen zu bestimmten Bewölkungssituationen und Bedingungen, wie sie auch in der Literatur erwähnt werden, detektiert, dargestellt und untersucht werden.

6. Literatur

Hofer, M. (2013). "Data analyzing of CLOUDCAM (automatic sky imaging system) and the ARAD (Austrian Radiation) project". Masterthesis. Universität Graz.
Kazantzidis, A., P. Tzoumanikas, A. F. Bais, S. Fotopoulos, and G. Economou (2012). "Cloud detection and classification with the use of whole-sky ground-based images". English. Atmos. Res. 113, 80–88. doi: {10.1016/j.atmosres.2012.05.005}.
Olefs, M., D. Baumgartner, F. Obleitner, and P. Weihs (2012). "The ARAD Project: New radiation initiatives in Austria". In: 12th BSRN Scientific and Review Workshop. Potsdam, Germany.
Pflester, G., R. L. McKenzie, J. B. Liley, A. Thomas, B. W. Forgan, and C. N. Long (2003). "Cloud Coverage Based on All-Sky Imaging and Its Impact on Surface Solar Irradiance". J. Appl. Meteor. 42(10), pp. 1421–1434. url: http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(2003)042<1421:CCBOAI>2.0.CO;2.
Piacentini, R. D., G. M. Salum, N. Fraidenraich, and C. Tiba (2011). "Extreme total solar irradiance due to cloud enhancement at sea level of the NE Atlantic coast of Brazil". Renew. Energy 36(1), 409–412. doi: {10.1016/j.renene.2010.06.009}.
Schade, N. H., A. Macke, H. Sandmann, and C. Stick (2007). "Enhanced solar global irradiance during cloudy sky conditions". Meteorol. Z. 16(3), 295–303. doi: {10.1177/0941-2948(2007)0206}.
Schreder (2011). Documentation of CMS Findclouds Software Version 3.0. CMS Ing. Dr. Schreder GmbH. url: file:///opt/findclouds/doc/index.html (23.10.2012).
– (2012). Hardware Manual CLOUDCAM - AUTOMATIC SKY IMAGING SYSTEM Version 3.2. CMS Ing. Dr. Schreder GmbH. Lofenerstraße 32, A-6322 Kirchbichl.

4a. 10. Dezember 2012

Strahlungsüberhöhung durch Reflexion an Wolkenrändern und Streuung in den Wolken. In Fig. 7 sind vier Strahlungsüberhöhungsevents zu sehen, mit Höhepunkten um 10:33, 11:09, 11:39 und 11:58 UT. Das Event mit Maximum um 10:33 UT zeichnet sich besonders durch seine Länge von ca. 50 Minuten aus. Hier wird die Strahlungsüberhöhung durch Reflexionen an den Wolkenrändern und Mehrfachstrahlung in einem vorüberziehendem Cumulus-Wolkenfeld verursacht. In Fig. 7 und Fig. 8 ist deutlich zu sehen, dass sich die diffuse Strahlung und damit auch die Globalstrahlung gleichzeitig mit dem Bewölkungsgrad ändern, während sich die Direktstrahlung kaum ändert. Dieses Phänomen wurde in diesem Zusammenhang schon von Pister et al. (2003) beschrieben. Der Bewölkungsgrad beträgt zum Höhepunkt des Events gerundet 5 Zehntel. Damit werden die Bedingungen von Piacentini et al. (2011) für eine große Strahlungsüberhöhung erfüllt: Cumuluswolken, dünn genug um diffuse Strahlung passieren zu lassen, die Sonne ist nicht bedeckt, damit wird die direkte Strahlungskomponente nicht gestört und der Bedeckungsgrad ist zum Höhepunkt des Events zwischen 50 % und 90 %.

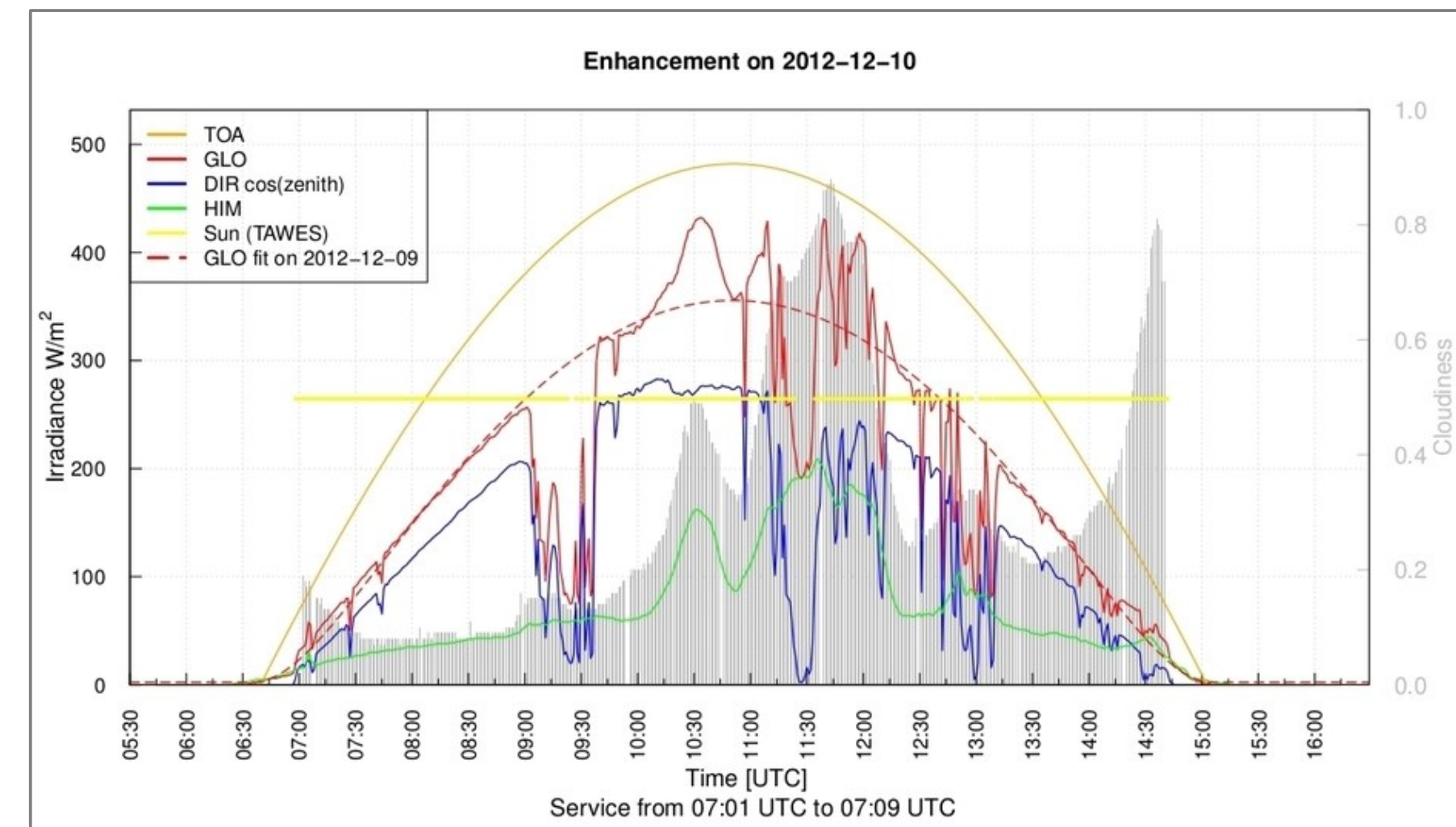


Fig. 7: Tagesgang am 10.12.2012 der Strahlung am Oberrand der Atmosphäre (TOA), der Globalstrahlung (GLO) der Direktstrahlung gerechnet auf die Horizontale mit Zenitwinkel α ($DIR \cos(\alpha)$), der Himmelsstrahlung (HIM), des Sonnenscheins (Sun(TAWES)) und als Referenz die Globalstrahlung vom 9.12.2012, einem fast clear-sky Tag (GLO fit).

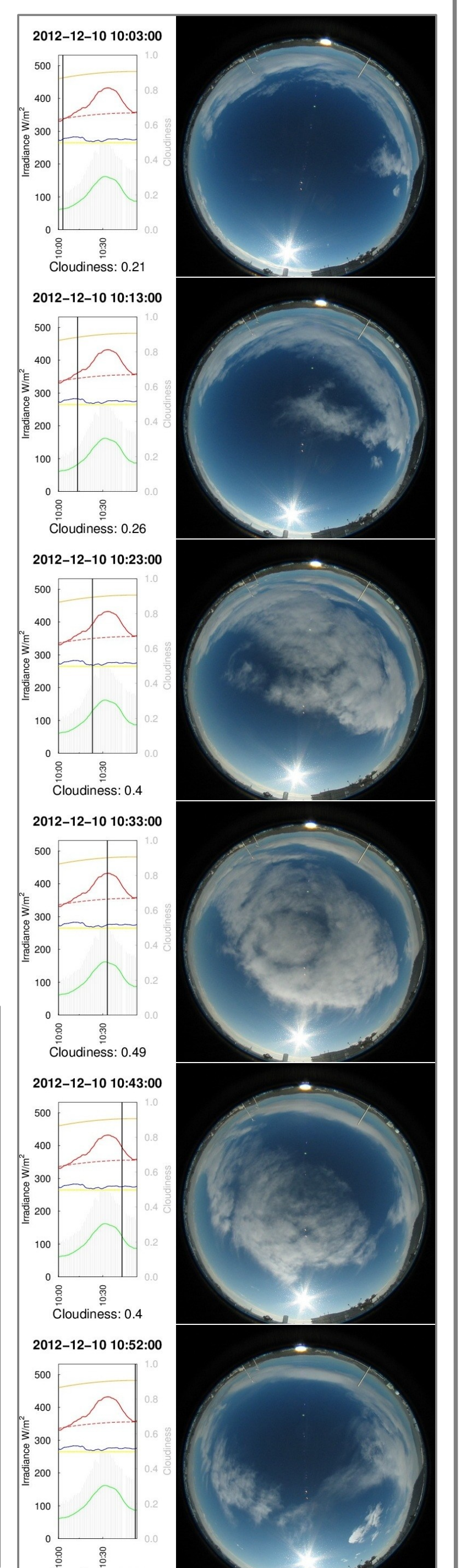


Fig. 8: Verlauf der Bewölkung des Strahlungsüberhöhungs-Events mit Höhepunkt um 10:33 UT.

4b. 28. März 2013

Strahlungsüberhöhung durch Mehrfachreflexionen zwischen Wolgeschichten und an Wolkenrändern. In Fig. 10 ist der Tagesgang der Strahlung und des Bewölkungsgrades zu sehen. Um 9:17 und 11:09 UT übertrifft die Globalstrahlung kurzzeitig die berechnete Strahlung am Oberrand der Atmosphäre. Ausgelöst werden diese Events durch Mehrfachreflexionen zwischen einer Wolkenchicht aus Cirren und einer aus Altocumuli sowie durch Reflexionen an den Wolkenrändern. Zum Höhepunkt der Events (Verlauf siehe Fig. 9 und Fig. 12) übertrifft die diffuse Strahlung jeweils die Direktstrahlung. Damit werden die Bedingungen für große Strahlungsüberhöhungen, beschrieben von Schade et al. (2007), erfüllt: Cirren und sehr helle Cumuli bei einem stark bewölkten Himmel. Die Auswertungssoftware „Findclouds“ bestimmt um 9:17 UT einen Bewölkungsgrad von 99 %, obwohl in Fig. 9 freie Himmelsfläche zu sehen ist. Das liegt daran, dass durch die hohe diffuse Strahlung die Himmelsfläche sehr hell ist und die Pixel den RGB-Schwelwert für eine Wolke erreichen.

Fig. 9: Verlauf der Bewölkung des Strahlungsüberhöhungs-Events mit Höhepunkt um 9:17 UT.

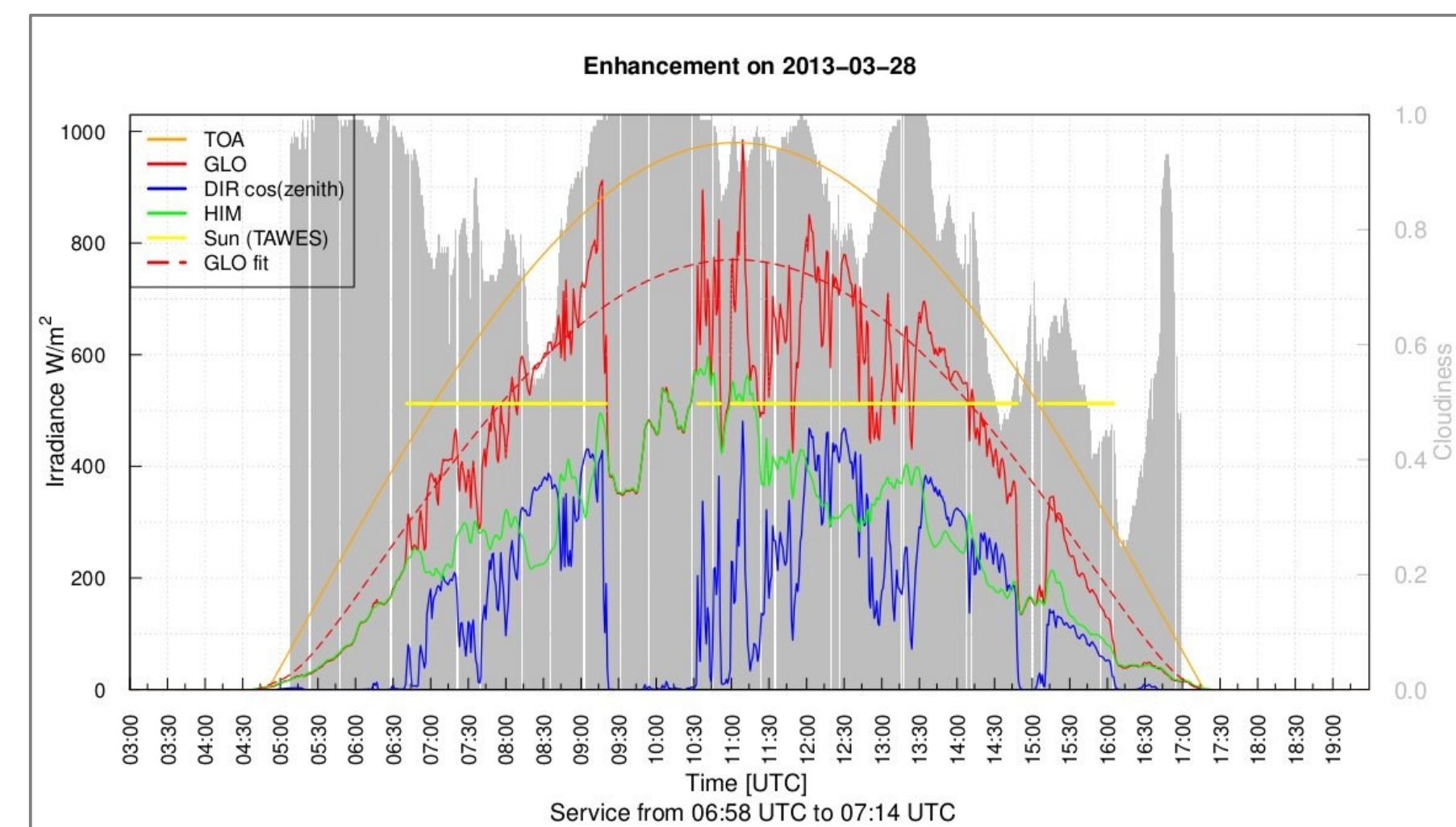


Fig. 10: Tagesgang am 10.12.2012 der Strahlung am Oberrand der Atmosphäre (TOA), der Globalstrahlung (GLO) der Direktstrahlung gerechnet auf die Horizontale mit Zenitwinkel α ($DIR \cos(\alpha)$), der Himmelsstrahlung (HIM), des Sonnenscheins (Sun(TAWES)) und als Referenz wurde aus den nächsten zwei fast clear-sky Tagen (siehe Fig. 11) eine Globalstrahlung konstruiert, wie sie am 28.3.2013 unter clear-sky Bedingungen hätte sein können (GLO fit).

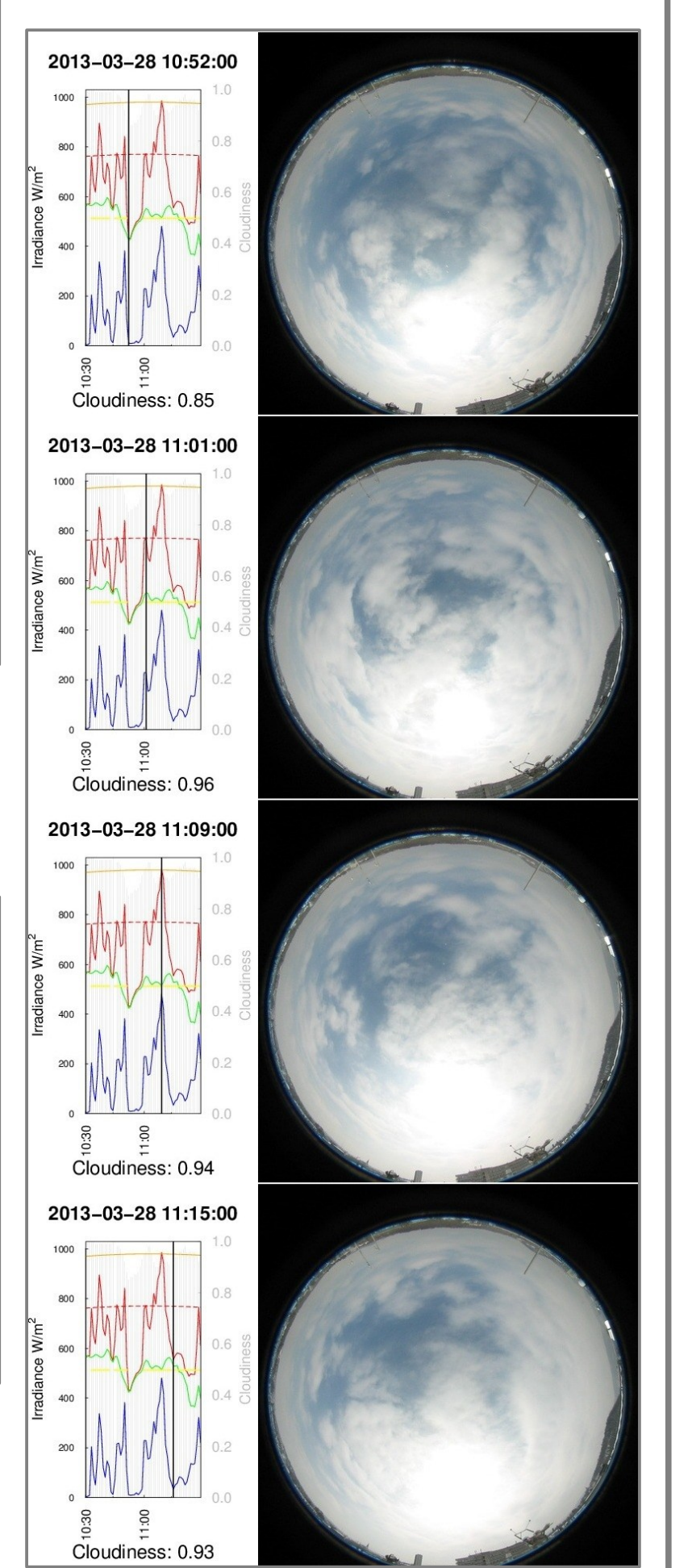
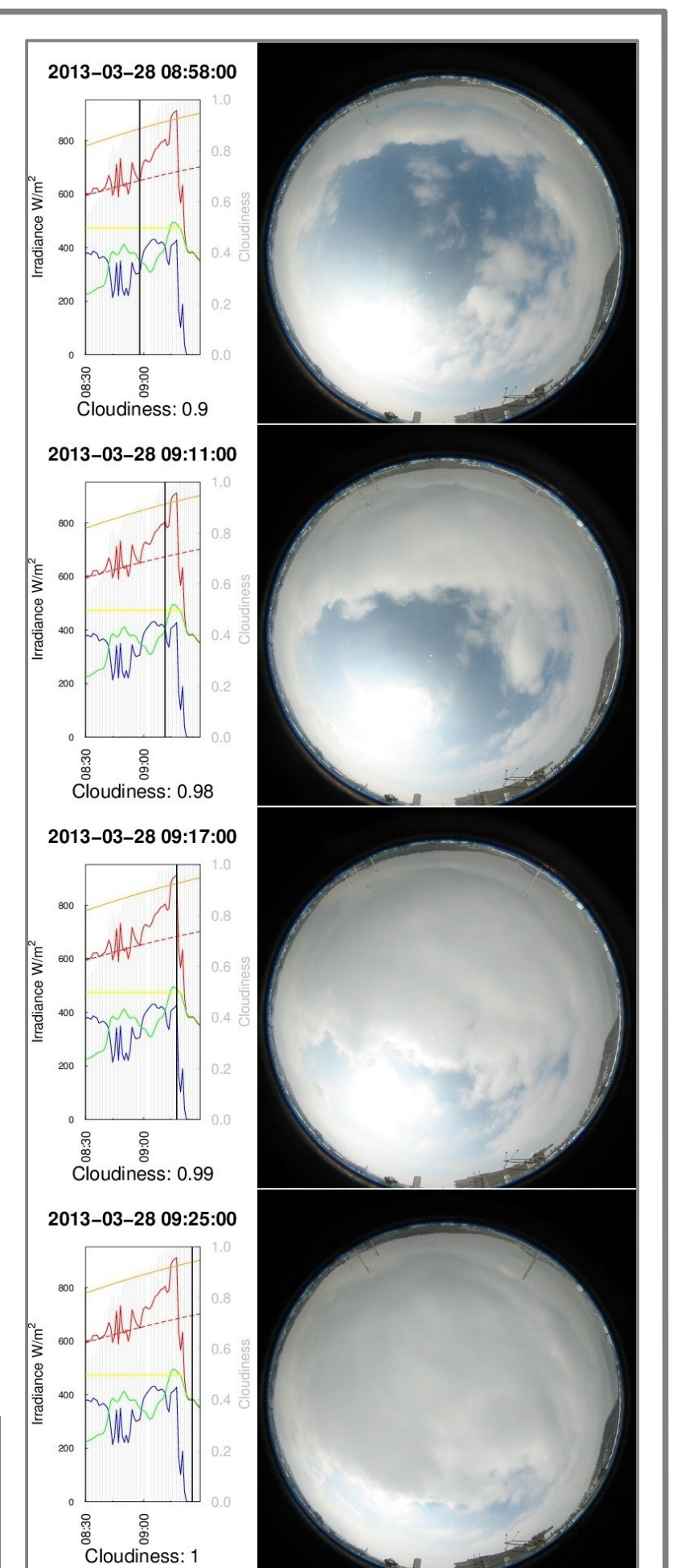


Fig. 12: Verlauf der Bewölkung des Strahlungsüberhöhungs-Events mit Höhepunkt um 11:09 UT.