

## Die Sonne im Aktivitätsminimum

In Bezug zur SuW-Rubrik: „Aktuelles am Himmel / Sonne aktuell“ In SuW 1/2020, Rubrik „Blick in die Forschung: Nachrichten“, Zielgruppe: Mittelstufe, WIS-ID: 1421032

Olaf Hofschulz

In den Jahren 2018 und 2019 sind auf der Sonnenoberfläche so gut wie nie Sonnenflecken beobachtbar; die Sonne befindet sich offensichtlich im Aktivitätsminimum. Doch auch die inaktive Sonne erlaubt bestimmte Beobachtungen und Messungen, wie z.B. das Phänomen der Mitte-Rand-Verdunklung oder die Bestimmung der Solarkonstante. Darüber hinaus lassen sich mit einem H-Alpha-Teleskop auch in dieser Zeit Aktivitätserscheinungen wie Protuberanzen beobachten.

Im vorliegenden WIS-Beitrag für die Sekundarstufe I werden Beobachtungs-, Experimentier- und Forschungsaufgaben zum Thema Sonne in Form eines Arbeitsblattes vorgegeben. Dabei steht die aktuell im Minimum befindliche Sonnenaktivität im Mittelpunkt. Auf Basis von bereitgestellten Fotos bzw. eigener fotografischer Beobachtungen soll die Randverdunklung der aktuell meist fleckenlosen Sonne vermessen werden. Anhand selbstständig recherchierter Daten wird die Sonnenaktivität des letzten Zyklus dokumentiert und grafisch ausgewertet. Weiterhin wird ein Experiment zur Ermittlung der Solarkonstante durchgeführt.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
<b>Astronomie</b>	<b>Sterne, Astropraxis</b>	<b>Sonne, Aufbau der Sonne, Sonnenaktivität, Mitte-Rand-Verdunklung, Solarkonstante, Einfluss der Sonne auf die Erde</b>
<b>Physik</b>	<b>Eigenschaften von Stoffen und Körpern, Wärmelehre</b>	<b>Energie, Wärme, Wärmegleichung, spezifische Wärmekapazität</b>
<b>Lehre allgemein</b>	<b>Kompetenzen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation), Unterrichtsmittel</b>	<b>Auswertung von Bildmaterial, Arbeit mit Diagrammen, Recherchieren von relevanten Informationen und Daten, astronomische Forschungsmethoden, Dokumentation von Beobachtungen und Experimenten, Arbeitsblatt</b>

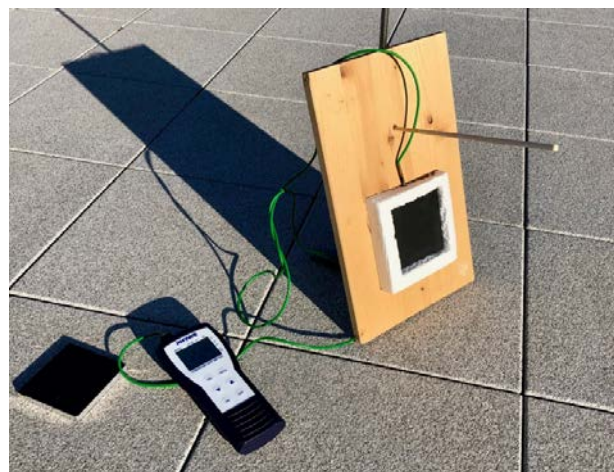
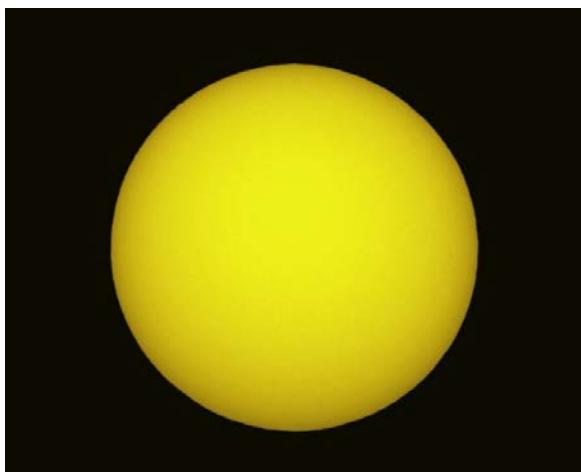


Abbildung 1: Links: Die fleckenlose Sonne am 19.11.2019 (140/980 Refraktor + Sonnenfilter (Herschelkeil) + Canon 1200 D Spiegel-reflexkamera). Rechts: Experiment zur Ermittlung der Solarkonstante. © Olaf Hofschulz

## Arbeitsblatt zum Thema: „Die Sonne im Aktivitätsminimum“

Die verschiedenen Formen der Sonnenaktivität zeigen periodische Schwankungen. Am deutlichsten ist das in Form der veränderlichen Anzahl der Sonnenflecken messbar. Derzeit (2019) durchläuft die Sonnenaktivität ihr Minimum. Dementsprechend gibt es eine große Anzahl fleckenfreier Tage.

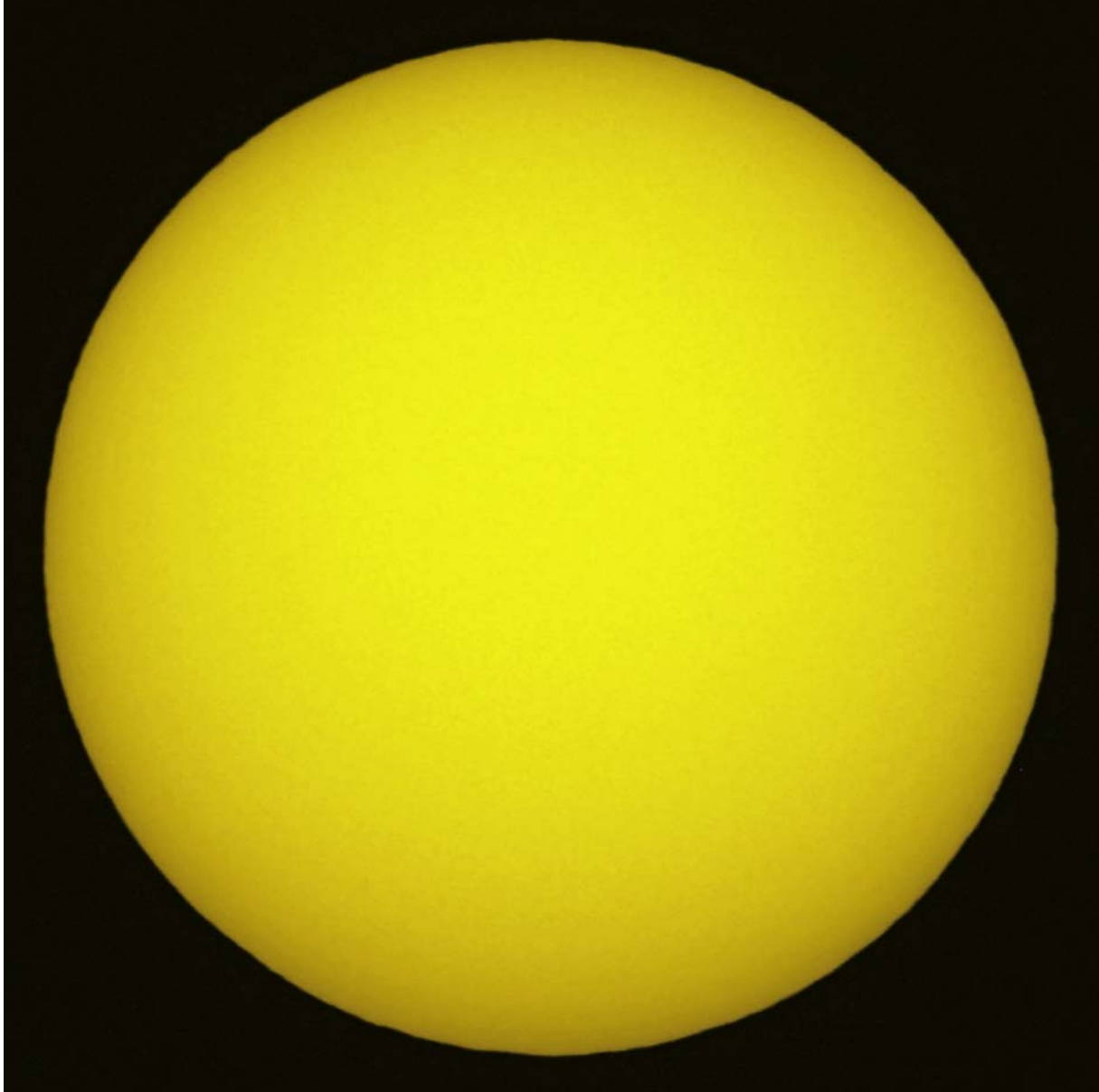


Abbildung 2: Die fleckenlose Sonne am 19.11.2019 (140/980 Refraktor + Sonnenfilter + Spiegelreflexkamera).  
© Olaf Hofschulz.

## 1. Untersuchung der Sonnenaktivität

- a) Sammelt Informationen darüber, welche Perioden die Schwankungen der Sonnenaktivität aufweisen!
- b) Nennt weitere Erscheinungsformen der Sonnenaktivität!
- c) Auf der Internetseite <https://www.spaceweather.com/> findet man einen aktuellen Überblick über die Anzahl der Tage ohne Sonnenflecken in den vergangenen Jahren (siehe untenstehende Tabelle, der Wert für 2019 muss aktualisiert werden!).  
Zeichnet ein entsprechendes Diagramm, das die Anzahl der fleckenfreien Tage in Abhängigkeit vom jeweiligen Jahr darstellt!
- d) Interpretiert das Diagramm! Welche Aussagen in Bezug auf die Sonnenaktivität und deren Periode lassen sich ableiten?
- e) Vergleicht euer Diagramm mit einer Darstellung der Sonnenaktivität für diesen Zeitraum!

Jahr	Anzahl der fleckenfreien Tage
2006	70
2007	152
2008	268
2009	260
2010	51
2011	2
2012	0
2013	0
2014	1
2015	0
2016	32
2017	104
2018	221
2019*	242

Tabelle 1: Auflistung der Tage ohne Sonnenflecken in den vergangenen Jahren.  
© <https://www.spaceweather.com/>

## 2. Mitte-Rand-Verdunklung vermessen

Die Sonne zeigt auf Fotos und beim Blick durch ein für die Sonnenbeobachtung ausgerüstetes Teleskop einen deutlichen Lichtabfall von der Mitte hin zum Sonnenrand. Dieses Phänomen wird Mitte-Rand-Verdunklung genannt und kann auch an der fleckenlosen Sonne untersucht werden.

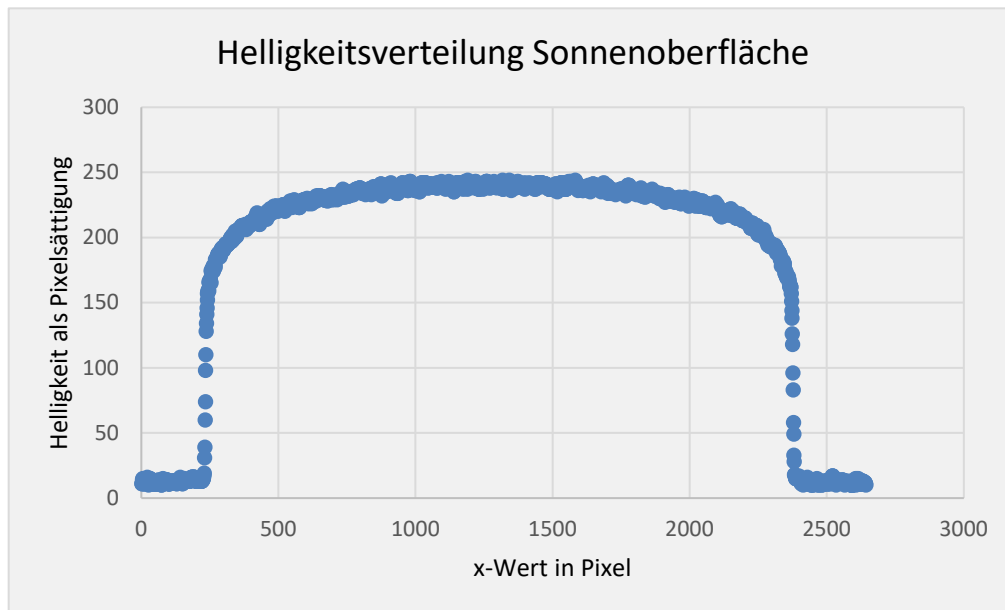


Abbildung 3: Helligkeitsverteilung aus Abbildung 2. © Olaf Hofschulz (mit Fitswork erstellt).

- In Abbildung 3 ist die Helligkeitsverteilung der Sonnenscheibe für das Foto aus Abbildung 2 dargestellt. Interpretiert das Diagramm!
- Ermittelt ausgehend vom Diagramm, um wieviel Prozent der Sonnenrand gegenüber dem Zentrum abgedunkelt erscheint!
- Führt nun eine eigenständige Messung der Helligkeitsverteilung der Sonnenscheibe mit Hilfe der Software Fitswork durch. Nutzt dazu die vorliegende Bilddatei („Sonne191119.jpg“) oder ein eigenes Foto von der Sonne. Folgt dann der folgenden Kurzanleitung:
  - Foto in Fitswork öffnen
  - Bearbeiten → Weitere Funktionen → Pixellinie als Diagramm anzeigen
  - Entsprechend der Anweisung Linie quer durch die Sonne einzeichnen → Diagramm wird erzeugt
  - Diagramm direkt auswerten oder Daten in Excel weiterbearbeiten
- Recherchiert, wie man das Phänomen der Mitte-Rand-Verdunklung erklären kann!

### 3. Experimentelle Bestimmung der Solarkonstante

Auch im Aktivitätsminimum liefert die Sonne kontinuierlich Energie. Dabei versteht man unter der Solarkonstante diejenige Energie, die in 1 Sekunde auf eine  $1\text{m}^2$  große, senkrecht zur Sonne orientierte Fläche trifft. Ohne Berücksichtigung der Atmosphäre ergibt sich für den Abstand Sonne-Erde ein Tabellenwert von  $S = 1367 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}$ . Die Solarkonstante soll mit dem abgebildeten Experiment ermittelt werden. Dazu wird eine quadratische Aluminiumplatte (Kantenlänge 10 cm,  $m = 272\text{ g}$ ) senkrecht zur Sonne ausgerichtet. Die Platte befand sich zuvor im Schatten. Die Änderung der Temperatur wurde alle 30 s gemessen und in folgender Tabelle festgehalten:

t in s	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450
$\vartheta$ in °C	15	15,5	15,9	16,4	16,9	17,4	17,8	18,2	18,7	19,2	19,6	20,1	20,6	21,0	21,5	21,9

Tabelle 2: Messreihe, erstellt mit der in Abb. 4 abgebildeten Anordnung. © Olaf Hofschulz.

- a) Zeichnet das zugehörige  $\vartheta(t)$ -Diagramm!
- b) Die Platte nimmt die Sonnenenergie in Form von Wärme auf. Unter Verwendung der Wärme Gleichung  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  ergibt sich die folgende Formel zur Berechnung der Solarkonstante S:

$$S = \frac{Q}{A \cdot \Delta t} = \frac{c_{Al} \cdot m \cdot \Delta T}{A \cdot \Delta t}$$

Bestimmt mit Hilfe des Diagramms und der gegebenen Werte die Solarkonstante!

- c) Vergleicht den berechneten Wert mit dem Tabellenwert und diskutiert den Einfluss von Atmosphäre und Sonnenstand (Beobachtungszeitpunkt!)
- d) Begründet die Bedeutung des Schattenstabes in der Experimentieranordnung!

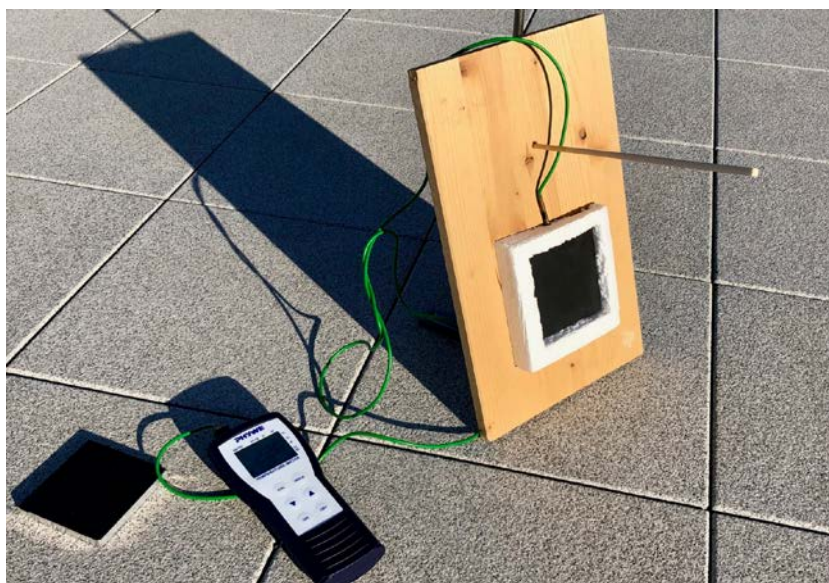
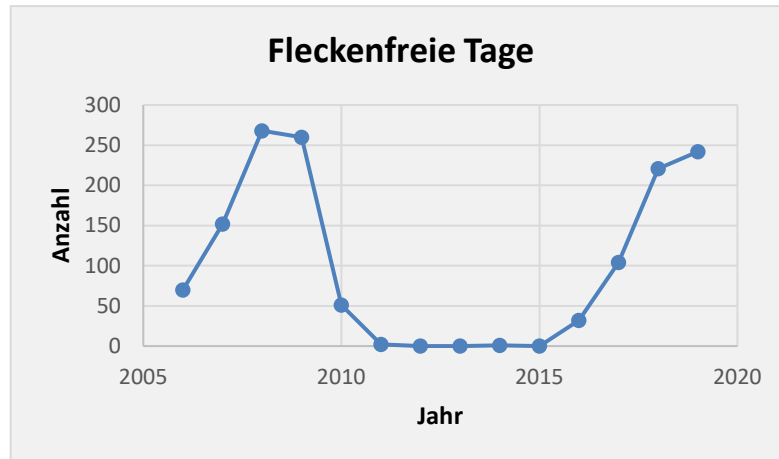


Abbildung 4: Messanordnung zur Bestimmung der Solarkonstante: Isolierte, geschwärzte Aluminiumplatte, Schattenstab, Messfühler für Temperatur der Platte. Links im Bild liegt eine zweite, baugleiche Aluminiumplatte. Aufnahme datum 19.11.2019, 10.30 Uhr.  
© Olaf Hofschulz

## Ausgewählte Lösungen und Hinweise

1. b) Protuberanzen, Sonnenwind, Eruptionen, Fackeln, ...

c)



Graph mit Excel erstellt

d) Minimum in den Jahren mit vielen fleckenfreien Tagen (2008/2009 und 2018/2019), Maximum bei wenig fleckenfreien Tagen (2012-2014)

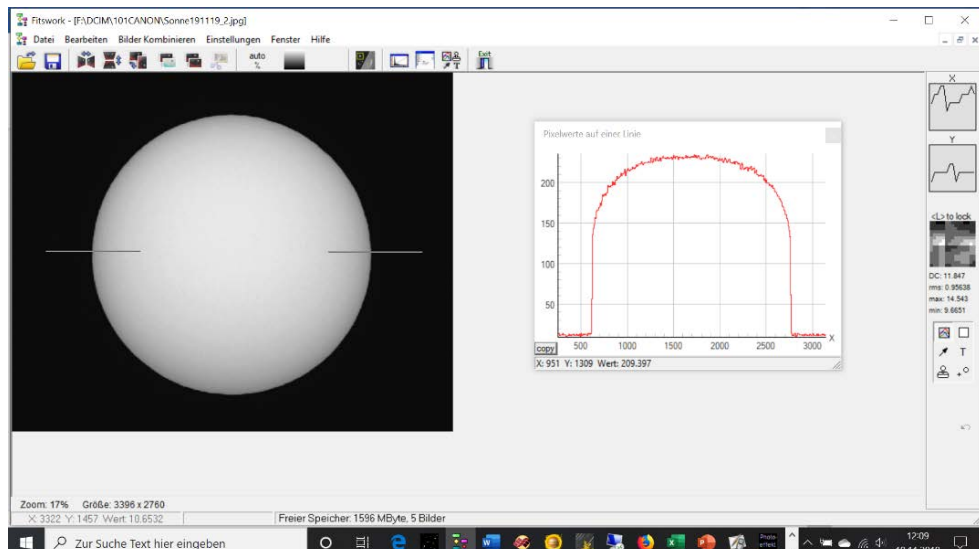
2. Fitswork kann kostenfrei heruntergeladen werden: <https://www.fitswork.de/software/>  
Alternativ ist z.B. auch die Demoversion von Astroart geeignet: <http://www.msb-astroart.com/>

b) Die Werte können aus dem Diagramm abgelesen werden, aber auch direkt in Fitswork angezeigt werden, wenn man den Mauszeiger auf die entsprechende Stelle bewegt.

z.B. Differenz bei den Pixelintensitäten Rand-Mitte bestimmen: 75

$75 : 250 = 0,3 \rightarrow 30 \%$

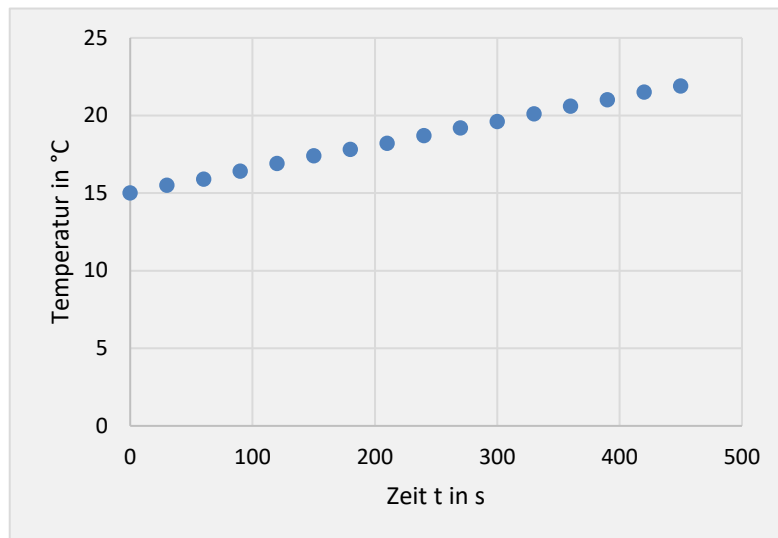
c) Beispiel:



3. Eine geeignete Aluminiumplatte kann im Internet bestellt werden. Die Platte wurde mit einer matten schwarzen Farbe angestrichen. Der Messfühler sollte einen guten Kontakt zur Metallplatte haben. Es ist wichtig, dass sich die Anordnung vor der eigentlichen Messung lange genug draußen im Schatten der Außentemperatur angepasst hat.

$$S = \frac{Q}{A \cdot \Delta t} = \frac{c_{Al} \cdot m \cdot \Delta T}{A \cdot \Delta t} = \frac{0,888 \text{ kJ} \cdot 0,272 \text{ kg} \cdot 7 \text{ K}}{0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot 450 \text{ s}} \approx 0,38 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}$$

c) Einfluss von Zeitpunkt und Ort begründen



## Anhängendes Zusatzmaterial

Bilddatei ‚Sonne191119.jpg‘