

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Band: 78 (2020)
Heft: 1

Artikel: Der Temperaturverlauf während der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 2017
Autor: Nufer, Robert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1007074>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wenn der Mond die Temperatur sinken lässt

Der Temperaturverlauf während der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 2017

Eine totale Sonnenfinsternis ist eines der grossartigsten Naturereignisse überhaupt. Wenn sich mitten am Tag der Neumond vor die Sonne schiebt, der Himmel eindunkelt, die Sonnenkorona und hellste Sterne und Planeten sichtbar werden, sind das unvergessliche Eindrücke. Viel seltener achten die Menschen dabei auf die zahlreichen Begleiterscheinungen, etwa, wie sich die Temperatur während der Finsternis ändert.

Am 21. August 2017 war quer durch die USA eine totale Sonnenfinsternis zu bestaunen. Da sich das Totalitätsband von Oregon an der Westküste über Idaho, Wyoming, Nebraska, Kansas, Missouri, Illinois, Kentucky, Tennessee, North Carolina, Georgia bis nach South Carolina an der Ostküste erstreckte, konnten Millionen von Menschen diesem Naturschauspiel beiwohnen, auch wenn in den östlichen Bundesstaaten das Wetter schlecht war. Naturgemäss werden sich die allermeisten Menschen dem optischen Spektakel hingeeben haben. Für sie wird diese Finsternis hoffentlich als wunderbare Erinnerung im Herzen bleiben – nicht zuletzt anhand tausender Bilder, die sie freihändig oder mit teuren Fotoausrüstungen

erstellt haben. Für die Lufttemperatur interessiert man sich in solchen Momenten eher nur beiläufig. Allenfalls bleibt ein «... doch, es wurde kalt...» als vage Empfindung zurück.

Zu viert haben wir (*Manfred, Verena, meine Frau Susi und ich*) die Finsternis anlässlich einer vierwöchigen Reise durch die USA geniessen können. Ich habe schon an mehreren Sonnenfinsternissen die Temperatur messen können, ein reizvolles ergänzendes Hobby für diese Erlebnisse. Aber zum ersten Mal konnten wir jetzt den Temperaturverlauf auf verschiedenen Höhen über dem Boden messen. Was dabei herauskam, hat uns als meteorologische Laien fasziniert.



DIE TEMPERATUR RICHTIG MESSEN

Das Messen der Lufttemperatur ist im Prinzip äusserst einfach. Man kauft für ganz wenig Geld ein Digitalthermometer und liest von Zeit zu Zeit die Temperatur ab. Falsch! Die Temperatur, oder das, was man als Temperatur abzulesen glaubt, wird zu hoch sein. Man beobachtet doch die Sonnenfinsternis – hoffentlich – unter einem wolkenlosen strahlendblauen Himmel. Wenn dann das daneben liegende Thermometer ein schwarzes Gehäuse hat, wird es sich stark aufheizen und das, was abgelesen wird, ist nicht die Temperatur der Luft, sondern die Wärmekapazität des Messgerätes selbst. Deshalb gibt es international abgestimmte Regeln, wie die Lufttemperatur gemessen wird. Genormte Wetterhäuschen erfüllen auf der ganzen Welt diese Regeln so gut es geht: Das Thermometer ist vor Regen geschützt im Schatten, auf zwei Metern Höhe, es steht auf natürlichem Untergrund (Wiese) und das Häuschen ist vor starkem Wind geschützt und besitzt Lamellen, um keinen Hitzestau zu erzeugen.

Nun wird kaum jemand ein Wetterhäuschen auf eine Finsternisreise mitnehmen, aber an die beiden wichtigsten Punkte (Schatten und zwei Meter Höhe) sollte man sich nach Möglichkeit halten, sonst ergeben die Messungen keinen Sinn, es sei denn, man erklärt, warum man die Messung anders durchgeführt hat. Oder man misst gleichzeitig auf verschiedenen Höhen und schaut, was dabei herauskommt.

Wie kommt die Luft zu ihrer Temperatur? Die Sonne strahlt über einen grossen Frequenzbereich Energie ab. Etwa fünfzig Prozent davon im sichtbaren Bereich zwischen 400 und 700 nm, etwa zehn Prozent als kurzwellige, energiereiche UV-Strahlen und den Rest als langwellige Wärmestrahlung. Die meiste Energie wird von der Erdoberfläche absorbiert, die sich dabei erwärmt. Wie jeder erwärmte Körper gibt auch die Erde einen Teil dieser Energie als Infrarotstrahlung an die Umgebung ab.

Die verschiedenen Moleküle der Atmosphäre (Stickstoff, Sauerstoff, Wasser ...) absorbieren wiederum einen Teil dieser Energie, was zu einer Erwärmung führt. Jede in der Luft enthaltene Mole-

kül-Art absorbiert dabei nur ganz bestimmte «passende» Frequenzen. Da die Atmosphäre in Bodennähe perfekt durchmischt ist, bleibt für höhere Luftschichten von den «passenden» Frequenzen weniger übrig, weil die darunter liegenden Schichten schon einen Teil davon absorbiert haben. Erwärmte Luftmoleküle stossen ihrerseits Nachbarmoleküle an und transportieren so auch Wärme nach oben, allerdings mit einer gewissen Trägheit.

Drei elektronische Thermometer Modell TestoStor 171-2 und zwei Modelle 171-3 wurden für Messungen alle drei, respektive zwei Sekunden am Finsternistag programmiert. Am Beobachtungsort wurden zwei Geräte unter ein Gebüsch auf die Erde gelegt, so dass der Temperaturfühler etwa 5 cm über dem Boden war. Die anderen drei Geräte wurden an einer Schnur an der Dachleiter eines grossen Wohnmobils auf 3.30 m, 2.00 m und 1.12 m gehängt. Die Sensoren wurden mit mehreren Schichten Klebeband vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt, was, wie sich zeigte, nicht ganz gelang.

MESSUNGEN WÄHREND DER TOTALITÄT

Während der Totalität und kurz davor oder danach spielt das keine Rolle, weil Mutter Natur durch den Mond dafür sorgt, dass alle Geräte im Schatten stehen. Während der partiellen Phasen sind die Messwerte auf 1.12 m bis um 13:40 zu hoch und auf 2.00 m bis kurz vor der Totalität.

Meine Interpretation der Messungen ist folgende, am besten im rechten Viertel in Abbildung 2 zu verstehen: Als die Sonne nach der Totalität wieder mehr und mehr hervorkommt, wird der Boden entsprechend aufgeheizt (rote Kurven). Etwa zwanzig Minuten nach der Totalität wird die bodennächste Luftschicht wieder die Wärmste. Je weiter oben gemessen wird, desto kühler wird die Luft. An der höchsten Stelle auf 3.30 m steigt die Temperatur langsamer und träge an (blaue Kurve). Auch wenn man während einer Sonnenfinsternis lieber keine Wolken sehen will, demonstrieren die vier Wolkenbänder, die in Nebraska ab 13:35 Uhr vorüberzogen, dieses Verhalten eindrücklich. Am Ende der Finsternis ist die «normale» aufsteigende Temperatur-Reihenfolge 3.30 m (blau), 2.00 m



Abbildung 1: Am Beobachtungsstandort bei Stapleton, NE, USA: Nebraska ist extrem flach. Die einzige Möglichkeit, um Thermometer aufzuhängen, war das Wohnmobil in der Bildmitte, was uns freundlicherweise von deren Besitzer erlaubt wurde.

Bild: Robert Nufer

BEOBSACHTUNGEN

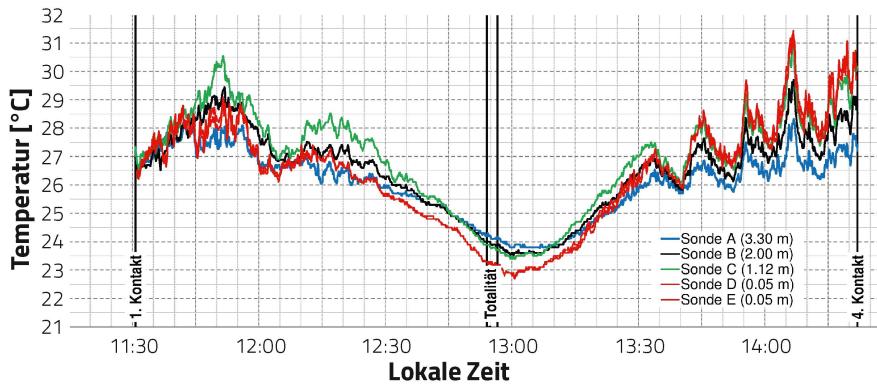


Abbildung 2: Der Temperaturverlauf während der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 2017 bei Stapleton, NE, USA. x-Achse: Lokalzeit (UTC-5 Std); y-Achse: Temperatur (°C). Um die Totalität herum sind alle Messkurve gültig (s. Text). Die grüne Messkurve ist erst ab 13:35 Uhr gültig. Die schwarze Messkurve ist nach der Totalität gültig.

Grafik: Robert Nufer

(schwarz), 1.12 m (grün) und 0.05 m (rot) wieder hergestellt. Um die Totalität herum ist es genau umgekehrt. Der Boden kühlt ab und gibt entsprechend weniger Strahlung an die Luft ab. Als Folge des trägen Wärmeaustausches kühlen die höheren Luftschichten etwas weniger ab, und das Temperaturminimum wird weiter oben auch etwas später erreicht.

Um die Minimaltemperatur und den dazugehörigen Zeitpunkt auf allen Höhen zu bestimmen, habe ich eine parabolische Kurve an die Messwerte im Zeitraum von 12:45 Uhr bis 13:20 Uhr angepasst. Bild 3 zeigt die Kurven der vier Messhöhen. Die Kurve mit der «normalen» Messhöhe 2.00 m ist blau unterlegt. Wie erwartet, sinkt die Temperatur am Boden (0.05 m) um 0.9 °C stärker ab

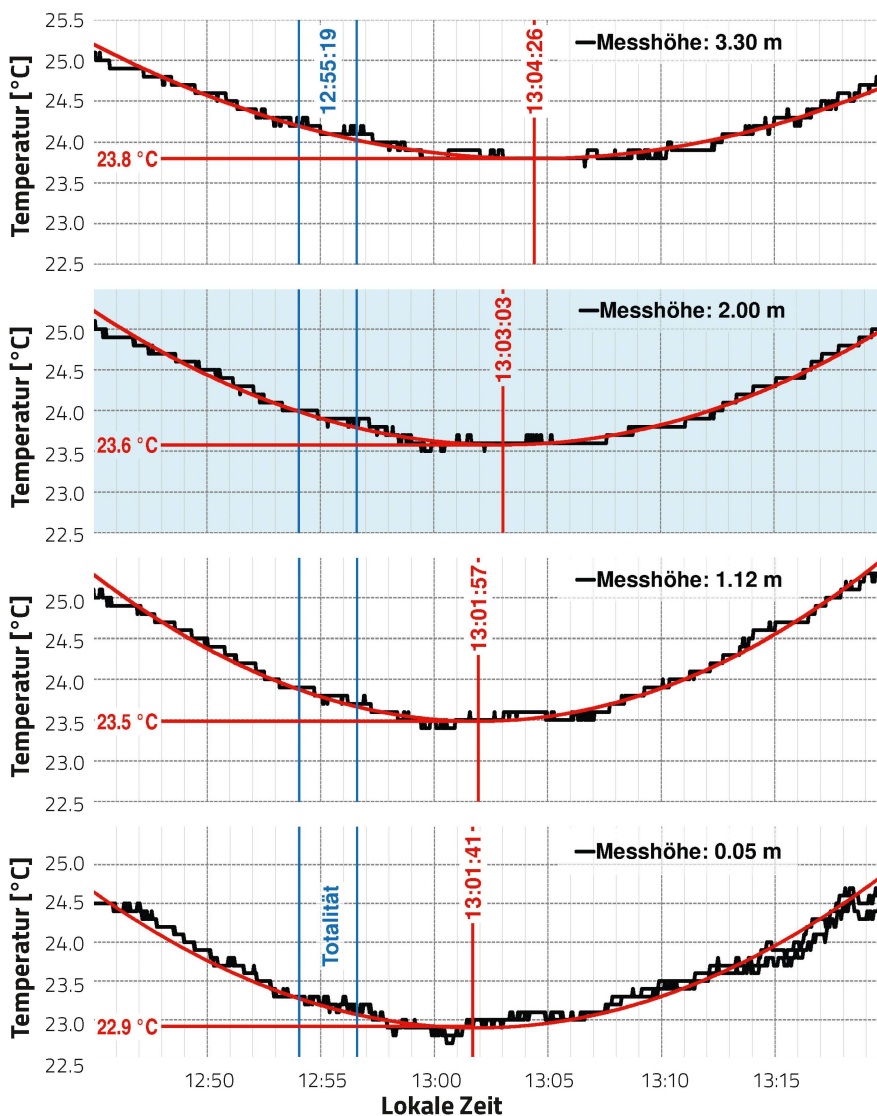


Abbildung 3: Der Temperaturverlauf um das Finsternismaximum am 21. August 2017 bei Stapleton, NE, USA. x-Achse: Lokalzeit (UTC-5 Std); y-Achse: Temperatur (°C). Für die Messwerte am Boden (0.05 m) wurden die Messpunkte von zwei Messgeräten verwendet.

Grafik: Robert Nufer

als auf 3.30 m, nämlich auf 22.9 °C verglichen mit 23.8 °C. Ebenso ist die höhenabhängige zeitliche Verzögerung des Minimums klar ablesbar. Am Boden wird das Temperaturminimum um 13:01:41 Uhr erreicht, also 6:22 min nach dem Finsternismaximum um 12:55:19 Uhr. Auf 2.00 m ist die Verzögerung bereits 7:43 min und auf 3.30 m wird das Temperaturminimum um 13:04:26 Uhr erst 9:06 min nach dem Finsternismaximum erreicht. Natürlich dürfen diese Resultate nicht auf die Goldwaage gelegt werden, aber es ist doch erstaunlich, wie stimmig die Resultate sind.

Die Frage, wie viel es nun kälter geworden ist, wobei man natürlich den Effekt der Sonnenfinsternis meint, ist gar nicht trivial. Erstens, weil niemand weiss, wie der Temperaturverlauf ohne Finsternis gewesen wäre, und zweitens, weil das Wetter selbst einen grossen Einfluss haben kann, wie die Wolkenbänder während der zweiten partiellen Phase.

Zum Schluss kommt noch die Messhöhe ins Spiel, aber darauf kann man sich ja einigen. Auf zwei Metern Höhe war der Temperaturunterschied etwa 5.9 °C. Meine Erfahrung sagt mir, dass höhere Angaben kaum realistisch sind, sondern daher rühren, dass ein

Messgerät vor und nach der Totalität nicht optimal aufgestellt war. Auch wir hatten es in Nebraska nicht geschafft, einen idealen Ort für das Anbringen der Messgeräte zu finden. Eigentlich wollten wir eines der Messgeräte auf fünf Metern Höhe anbringen. Das Wohnmobil war die einzige Möglichkeit, immerhin 3.30 m zu erreichen.

Die nächste Gelegenheit wird sich uns am 14. Dezember 2020 in Argentinien bieten, dieses Experiment zu wiederholen. <



ATHOS Astrominca Copernicus

La Palma · Kanarische Inseln









Das Ferienhaus speziell für 2-3 Amateurastronomen. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Küche, Bad, Garten, Terrasse, eigener Beobachtungsplatz. Direkt neben dem ATHOS Star Campus

Kontakt: team@athos.org · Tel.-Nr. (Deutschland): +49 172 6966106

Mehr Infos über die Finca, Miet-Teleskope und Downloads: www.athos.org

«Messen» der Begeisterung während totalen Sonnenfinsternissen

Es gibt ein Sprichwort «Wem das Herz voll ist, dem geht der Mund über». Bei einem so überwältigenden Erlebnis wie einer Sonnenfinsternis, wenn es beim Beginn der Totalität fast schlagartig dunkel wird und die weisse Sonnenkorona am schwarzblassen Himmel erstrahlt, kann das Sprichwort überprüft werden.

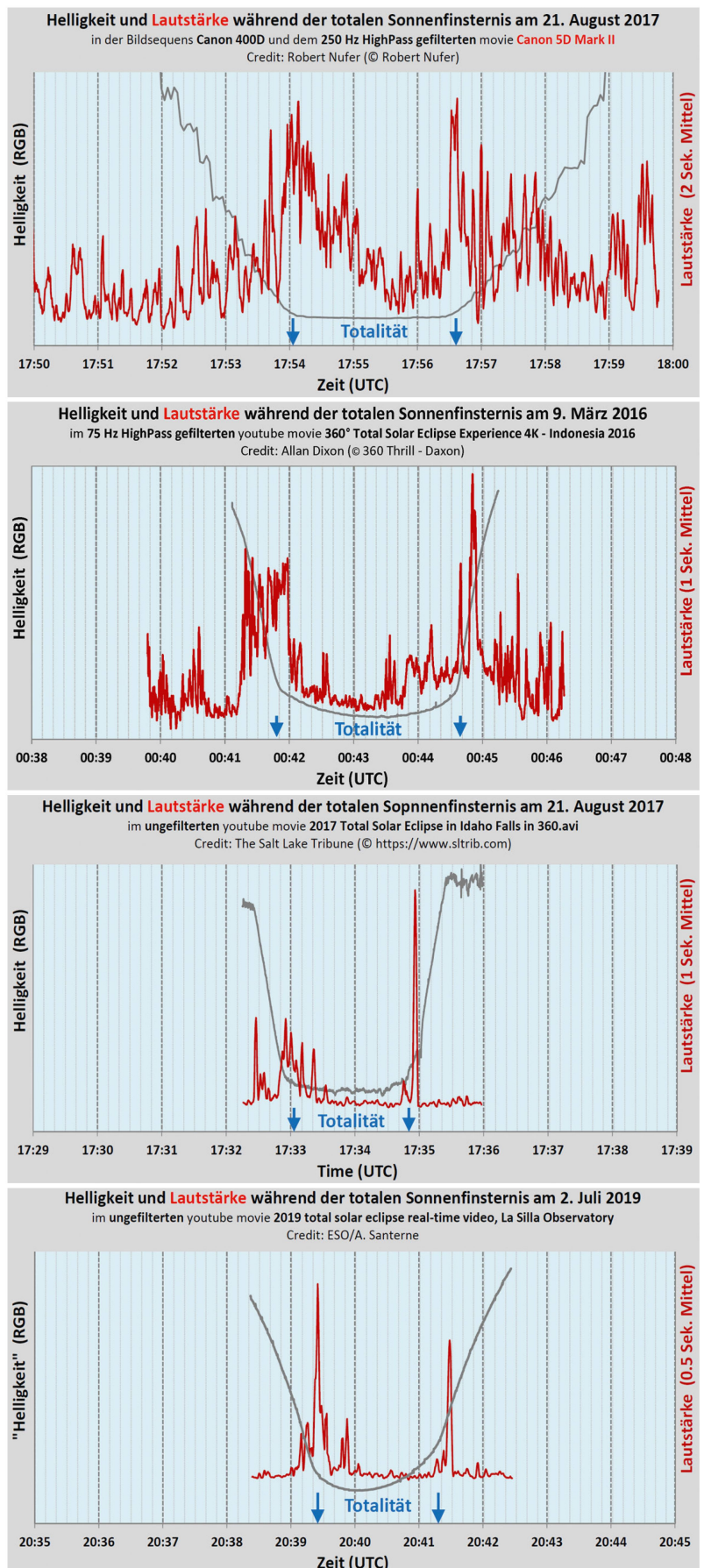
Diesen Moment beschreibt *Adalbert Stifter* in seinem Aufsatz «Die Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842» mit den Worten «... deckend stand nun Scheibe auf Scheibe – und dieser Moment war es eigentlich, der wahrhaft herzzermalmend wirkte – das hatte keiner geahnet – ein einstimmiges "Ah" aus aller Munde, und dann Totenstille, es war der Moment, da Gott redete und die Menschen horchten.» Und zwei Minuten später: «Siegreich kam Strahl an Strahl, und wie schmal, wie winzig schmal auch nur noch erst der leuchtend Zirkel war, es schien, als sei uns ein Ozean von Licht geschenkt worden.»

Es wird also laut – dann still – und wieder laut. Sei es Ausdruck überwältigender Freude bei den einen oder primitiven Gröhlens «zivilisierter» Horden bei den andern. Wahrscheinlich wird die Lautstärke in der Umgebung während einer Sonnenfinsternis eher nebenbei wahrgenommen, es sei denn, man hat schon viele Finsternisse gesehen und achtet ganz bewusst darauf.

Im August 2017 bot sich die Gelegenheit, das Phänomen qualitativ zu messen. Ich habe in Nebraska wenige Minuten vor der Totalität Stativ und Kamera (Canon EOS 5D Mark II) auf eine benachbarte Beobachtergruppe gerichtet und eine Filmaufnahme mit Ton gestartet. Um die grossflächige Helligkeit der Umgebung während dieser Zeit zu bestimmen, hat eine weitere Kamera (Canon EOS 400D) die Landschaft gegenüber, eine grosse Weide, alle drei Sekunden durch ein 28mm-Weitwinkelobjektiv fotografiert. Der Helligkeitsverlauf konnte so aus der Summe aller

Abbildung 1: Helligkeit und Lautstärken während der totalen Sonnenfinsternisse am 21. August 2017 in Nebraska, USA (ganz oben), 9. März 2016 in Luwuk, Indonesien, 21. August 2017 in Idaho Falls, USA, und am 2. Juli 2019 im La Silla Observatorium, Chile (ganz unten).

Grafiken: Robert Nufer



Bildpunkte grob ermittelt werden. In Abbildung 1 ist dies die graue Kurve.

Um die Lautstärke darstellen zu können, wurde zuerst die Tonspur mit dem Programm VLC 3.0.8 aus dem Film extrahiert und als WAV-Datei (44.1 kHz; stereo) abgespeichert. Mit dem Programm Audacity 2.1.0 wurde das Rauschen des Windes mittels der Funktion 250 Hz Hochpassfilter etwas reduziert. Die Lautstärke wurde dann in Bündeln von einer halben Sekunde durch Summierung der Absolutwerte der Tonspuren bestimmt und als gleitender Durchschnitt über zwei Sekunden abgespeichert. In Abbildung 1 ist dies die rote Kurve.

Wie erwartet wird es laut, kurz bevor die Totalität einsetzt. Mit dem Erlöschen der letzten Lichterperlen hinter den tiefsten Mondtälern erscheint die Korona am tiefblauen Himmel, während die Helligkeit der Landschaft, die vor allem in den Augenwinkeln wahrgenommen wird, in wenigen Sekunden dramatisch schnell absinkt. Das ist *Adalbert Stifters* Moment der Totenstille. Allmählich wird es ruhiger, ab und zu ein Ruf, dann wieder ruhig. Minuten später erscheint die Korona plötzlich asymmetrisch hell und der erste gleissende Lichtstrahl beendet das grandiose Schauspiel. Freudenschreie, Klatschen, Umrarmungen... Für einen Moment wird es wieder laut.

REAKTIONEN BEI ANDEREN SONNENFINSTERNISSEN

Nachdem das so gut funktioniert hat, habe ich mich im Internet umgesehen und nach weiteren Videos gesucht, in denen die Phase der Totalität ungeschnitten und mit stehender Kamera aufgezeichnet wurde. Auf youtube habe ich drei Beispiele gefunden, mit denen ich dann gleich vorgegangen bin. Von *Allan Dixon* stammt das Video vom 9. März 2016 in Indonesien (Abbildung 1, zweite Grafik), von der *Salt Lake Tribune* stammt das Video vom 21. August 2017 in Idaho Falls (Abbildung 1, dritte Grafik) und von *A. Santerne* stammt das Video vom 2. Juli 2019 aus dem Observatorium La Silla in Chile (Abbildung 1, unterste Grafik).

Da ich natürlich nicht weiss, wann genau diese Filmaufnahmen gestartet wurden, wohl aber den Zeitpunkt der Totalität an den verschiedenen Beobachtungsorten kenne, habe ich die Kurven ungefähr an die Zeitachse ausgerichtet.

Die totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017 war bereits meine vierzehnte! Heute kön-



Abbildung 2: Szenenausschnitte jeweils kurz vor, respektive während der Totalität am 21. August 2017 in Nebraska, USA (1), am 9. März 2016 in Luwuk, Indonesien (2), am 21. August 2017 in Idaho Falls, USA (3), und am 2. Juli 2019 im La Silla Observatorium, Chile (4).

Bilder: Robert Nufer, Allan Dixon, Salt Lake Tribune und A. Santerne

nen Millionen Menschen zu Finsternissen rund um den Globus reisen und am richtigen Ort sein, der sekundengenau vorausberechnet worden ist. Wissen, was abläuft, tun alle, aber wenn das Wetter mitspielt und der grosse Moment da ist, übernimmt das Herz. Bei allen meinen Finsternissen habe ich solche Emotionen spüren und hören können: Laute Schreie, wenn die freudige Erwartung

erfüllt wird, dann allmählich demütiges Schweigen... Was muss in den Menschen vorgegangen sein, die noch nicht wussten, was da am Himmel passiert? Und trotz allen Wissens werden die Menschen berührt, wenn der erste erlösende Sonnenstrahl dem Spuk ein Ende setzt. Das auch einmal festzuhalten war die Motivation für mein Experiment «Messen» der Begeisterung. ◀