
METEOROS

ISSN 1435-0424

Jahrgang 22

Nr. 5 / 2019



Mitteilungsblatt des Arbeitskreises Meteore e. V.
über Meteore, Meteorite, leuchtende Nachtwolken, Halos, Polarlichter
und andere atmosphärische Erscheinungen

Aus dem Inhalt:	Seite
Visuelle Meteorbeobachtungen im März 2019.....	120
Hinweise für den visuellen Meteorbeobachter im Juni 2019.....	121
Einsatzzeiten der Kameras im IMO Video Meteor Network – Mai 2018	121
Die Halos im Februar 2019.....	128
Fichten- und Kiefernpollenkoronen 2018.....	131
Summary,.....	141
Titelbild, Impressum.....	142

Visuelle Meteorbeobachtungen im März 2019

Jürgen Rendtel, Eschenweg 16, 14476 Marquardt
Juergen.Rendtel@meteoros.de

Dies ist die Zeit des Jahres, in der die Strom-Zuordnung für Beobachter auf der Nordhalbkugel besonders einfach ist: ANT oder nicht ANT ist die Frage. Angesichts geringer Aktivität und mangels anderer Quellen würde sich jede neue oder zusätzliche Meteor-Aktivität wahrscheinlich leicht erkennen lassen. Aber diese blieb auch 2019 aus.

Daher ist die Übersicht über die visuellen Beobachtungen auch im März 2019 ...eben übersichtlich. Im Verlauf des Monats waren fünf Beobachter des AKM aktiv. Insgesamt wurden in 35,76 Stunden effektiver Beobachtungszeit (elf Nächte) Daten von insgesamt 305 Meteoren notiert.

Beobachter im März 2019		T_{eff} [h]	Nächte	Meteore
MORSA	Sabine Wächter, Radebeul	1.08	1	9
PLUJO	Jonas Plum, Kassel	1.72	2	2
RENIN	Ina Rendtel, Potsdam	12.40	7	127
RENJU	Jürgen Rendtel, Potsdam	15.56	8	129
WINRO	Roland Winkler, Werder (Havel)	5.00	3	38

Dt	T_A	T_E	λ_{\odot}	T_{eff}	m_{gr}	$\sum n$	Ströme/sporadische Meteore		Beob.	Ort	Meth./ Int.
							ANT	SPO			
März 2019											
04	0252	0340	342.99	0.80	6.34	7	1	6	RENJU	Mq	R
05	2145	0010	344.82	1.70	6.63	19	3	16	RENIN	Tö	C
06	0205	0435	345.00	2.50	6.28	21	4	17	RENJU	Mq	R, 2
08	0107	0255	346.94	1.20	6.36	12	2	10	RENJU	Mq	R
08	1825	1925	347.65	1.00	6.51	9	1	8	RENIN	Tö	C
09	2115	2245	348.78	1.50	6.18	11	3	8	WINRO	Mb	C
09	2245	0009	348.84	1.40	6.66	17	3	14	RENIN	Tö	C
09	2300	0130	348.87	2.50	6.33	20	6	14	RENJU	Mq	R, 2
21	0143	V o l l m o n d									
22	1840	1934	1.61	0.90	6.44	7	1	6	RENIN	Tö	C
22	1850	2040	1.63	1.17	3.30	1	1	0	PLUJO	Ks	C
24	1855	2131	3.64	2.60	6.60	25	3	22	RENIN	Tö	C, 2
24	2150	2223	3.72	0.55	5.50	1	0	1	PLUJO	Ks	C
25	2050	2308	4.70	2.30	6.68	24	4	20	RENIN	Tö	C, 2
25	2200	0010	4.74	2.16	6.33	15	5	10	RENJU	Mq	R
29	2145	2345	8.69	2.00	6.16	15	5	10	WINRO	Mb	C
30	0020	0232	8.80	2.20	6.20	20	4	16	RENJU	Mq	R, 2
30	1917	2022	9.56	1.08	5.72	9	2	7	MORSA	Ra	C
30	1950	2120	9.59	1.50	6.18	12	3	9	WINRO	Mb	C
30	2320	0120	9.74	2.00	6.18	15	5	10	RENJU	Mq	R, 2
31	2230	0100	10.71	2.50	6.65	26	6	20	RENIN	Tö	C, 2
31	2358	0210	10.76	2.20	6.38	19	3	16	RENJU	Mq	R, 2

Beobachtungsorte:

Ks	Kassel, Hessen (9°19'55"E; 51°22'22"N)
Mb	Markkleeberg, Sachsen (12°22'E; 51°17'N)
Mq	Marquardt, Brandenburg (12°58'E; 52°28'N)
Ra	Radebeul, Sachsen (13°36'33"E; 51°7'7"N)
Tö	Töplitz, Brandenburg (12°55'15"E; 52°26'51"N)

Berücksichtigte Ströme:

ANT	Antihelion-Quelle	1. 1.–10. 9.
SPO	Sporadisch	

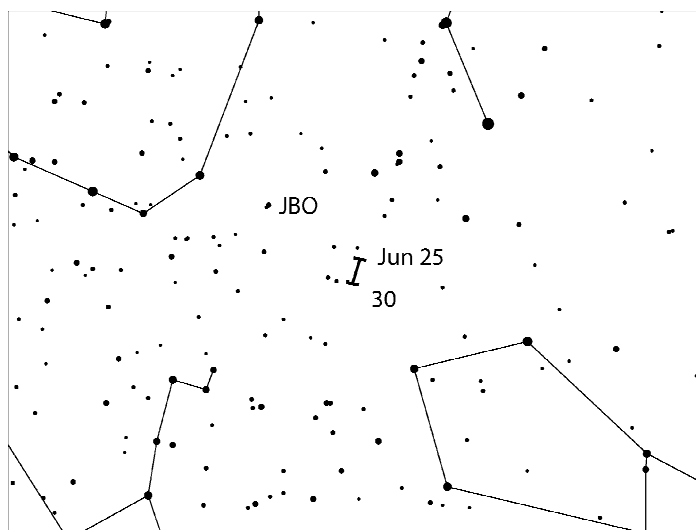
Erklärungen zu den Daten in der Übersichtstabelle sind in Meteoros Nr. 4/2019, S. 90 zu finden.

Hinweise für den visuellen Meteorbeobachter im Juni 2019

von Roland Winkler, Brünhildestr. 74, 14542 Werder (Havel)

Der Monat der kurzen Nächte bietet angenehmes Plotting für Beobachtungen, denn es sind interessante Ströme aktiv.

Das Projekt der Tages-Arietiden (ARI) läuft auch in diesem Jahr weiter. Der Strom ist noch bis zum 24.6. aktiv bzw. nachweisbar. Ähnlich wie bei den Eta-Aquariiden im Mai ist nur die letzte Stunde vor Sonnenaufgang in unseren Breiten nutzbar und das nur bei sehr klarer Sicht. Das mögliche Maximum ist am 7.6. bei $76,6^\circ$ Sonnenlänge. Während der Dämmerung nimmt die Grenzgröße ab - es sollten daher kleine Intervalle gewählt werden (15-20min), auch Beobachtungen ohne Strommeteore sind eine Information.



Der Strom des Monats, die Juni-Bootiden (JBO), startet am 22.6. seine Aktivität und bleibt bis über den Monatswechsel aktiv. Das Maximum wird am 27.6. gegen 22h UT erreicht, wobei die Raten zwischen 0 (keine Aktivität) und 100 Meteoren liegen können. Nach aktuellen Video-Daten könnten einige Strommeteore bereits in der Zeit vom 20.-25.6. zu sehen sein. Diese erschienen etwas südlich des im Jahre 2004 gefundenen Radianten. Der letzte Ausbruch wurde 2004 beobachtet. In diesem Jahr ist das Letzte Viertel am 25.6., so dass die Bedingungen zur Verfolgung der Aktivität im gesamten Zeitraum relativ günstig sind.

Einsatzzeiten der Kameras im IMO Video Meteor Network – Mai 2018

von Sirko Molau, Abenstalstr. 13b, 84072 Seysdorf

In keinem anderen Monat sind die klimatischen Bedingungen so beständig wie im Mai. Jedenfalls variierten die Beobachtungsergebnisse der letzten vier Jahre nur minimal. Die effektive Beobachtungszeit schwankte zwischen 7.000 und 7.800 Stunden, in denen wir zwischen 16.500 und 18.300 Meteore aufzeichnen konnten. Die 7.500 Beobachtungsstunden, die 40 Beobachter mit 78 Videokameras im Mai 2018 sammelten, lagen also genau im Durchschnitt. Lediglich die Metearausbeute war mit knapp 15.000 etwas geringer. Ein flüchtiger Blick auf die Ergebnistabelle verrät, dass die erste Monatshälfte wettertechnisch etwas besser war als die zweite Hälfte. Insgesamt kamen 80% der Kameras auf zwanzig und mehr Beobachtungsnächte, was ein Spitzenwert ist. Bis auf die Beobachter in Slowenien kamen eigentlich alle auf ihre Kosten.

Wichtigster Meteorstrom im Mai sind die eta-Aquariiden, über die wir bereits einige Male berichtet haben. Während wir in Mitteleuropa wenig von dem Strom wahrnehmen, ist er auf der Südhemisphäre *der* Strom des Jahres. Abbildung 1 zeigt das Aktivitätsprofil der eta-Aquariiden 2018 über den gesamten nominellen Aktivitätszeitraum hinweg. Etwa ab dem 27. April beginnt die Rate langsam anzusteigen, zur Monatsgrenze beträgt die Flussdichte bereits 10 Meteoroiden pro 1.000 km^2 und Stunde. Zwischen dem 5.

und 9. Mai sehen wir ein ausgeprägtes Plateau hoher Aktivität mit über 30 Meteoroiden pro 1.000 km² und Stunde. Danach nimmt die Aktivität rasch ab und erreicht um den 18. Mai herum wieder das Ausgangsniveau. Interessant ist eine deutliche Fluktuation in der Flussdichte in den ersten Maitagen, die jedoch auf einen unzureichenden Datensatz zwischen dem 1. und 3. Mai zurückzuführen ist.

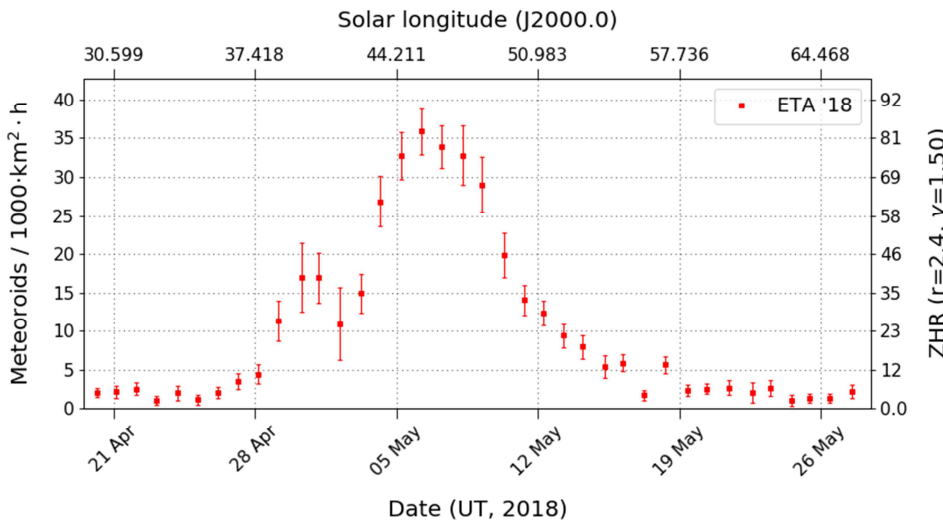


Abbildung 1: Flussdichte der eta-Aquariiden 2018, abgeleitet aus Beobachtungen des IMO Netzwerks.

Der Populationsindex der eta-Aquariiden lässt sich nur in längeren Zeitabschnitten ermitteln, weil unsere Kameras selbst in den Maximumsnächten zu wenig Strommeteore aufzeichnen. Er liegt um das Maximum herum bei etwa $r=2,2$, während die sporadischen Meteore zur gleichen Zeit einen Populationsindex von $r=2,6$ aufweisen (Abbildung 2). Im letzten Jahr hatten wir ähnliche r -Werte um 2,0 bzw. 2,6 ermittelt.

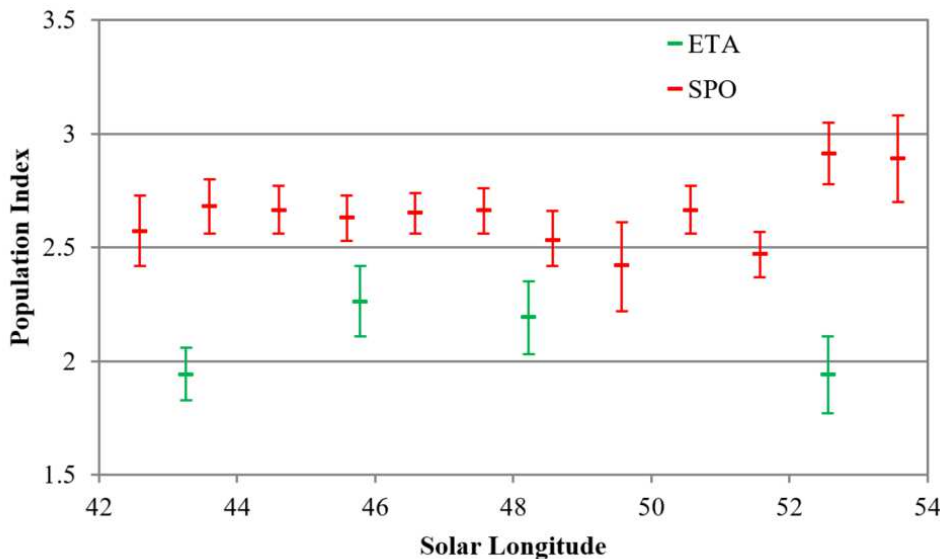


Abbildung 2: Populationsindex der eta-Aquariiden und der sporadischen Meteore im Mai 2018.

Aufgrund ihrer Lage sind eta-Aquariiden noch in anderer Hinsicht von Interesse. Die wenigen Strommitglieder, die wir in Mitteleuropa beobachten können, treten durchweg bei tiefem Radiantenstand auf. Effekte wie der Zenitexponent, die bei geringer Radiantenhöhe eine merkliche Auswirkung auf die Flussdichte haben, lassen sich bei den eta-Aquariiden besonders gut analysieren. Abbildung 3 zeigt drei der Maximumsnächte im Detail, wobei sich keine systematischen Variationen innerhalb des jeweiligen Beobachtungsfensters erkennen lassen. Der Zenitexponent von 1,5 scheint also größenordnungsmäßig zu passen.

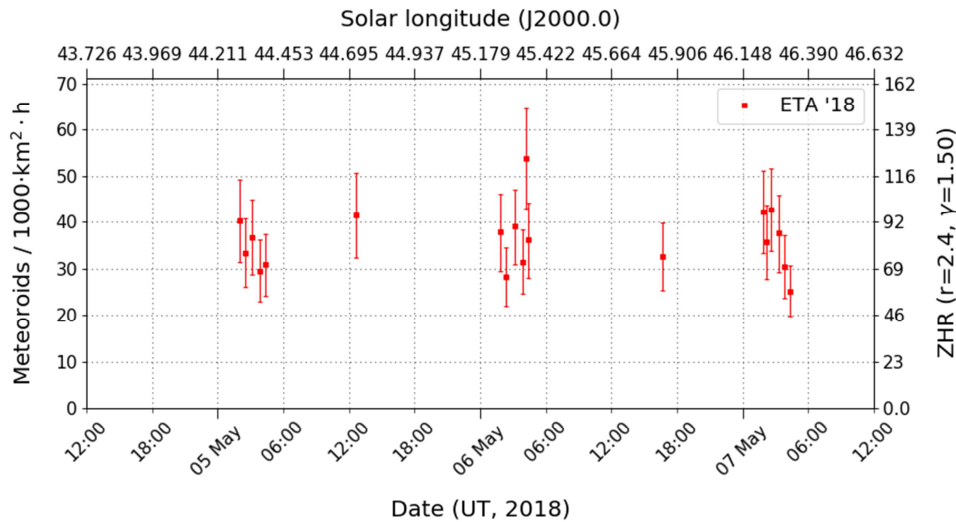


Abbildung 3: Hochaufgelöstes Flussdichteprofil der eta-Aquariiden zwischen dem 4. und 7. Mai 2018.

Auf der anderen Seite finden viele Beobachtungen in der Morgendämmerung statt, so dass eine gewisse Unsicherheit bleibt, ob sich dadurch vielleicht ungewollte Nebeneffekte ergeben. Ausschließen könnte man das, indem man zum Beispiel die Selektionskriterien beim MeteorFlux Viewer verschärft. So könnte man eine minimale stellare Grenzgröße festlegen, um Beobachtungen in der Dämmerung herauszufiltern. Zudem könnte man neben der bereits konfigurierbaren minimalen auch eine maximale Radiantenhöhe als Selektionskriterium vorgeben, um andere Meteorströme wie die Quadrantiden, Perseiden oder Geminiden bei ähnlich geringen Radiantenhöhen zu untersuchen.

Leider haben sich die beiden Programmierer, die MeteorFlux programmiert bzw. auf meinen AWS-Server umgezogen haben, vor langer Zeit zurückgezogen. Viele meiner Änderungswünsche liegen damit seit 2013 auf Eis, und mangels erforderlicher Kenntnisse von JavaScript, Python und PostgreSQL habe ich mich auch nie selber an den Code herangewagt.

Im Rahmen der ETA-Auswertung 2018 habe ich mir den Sourcecode nun aber doch einmal genauer angesehen und versucht, diese zusätzlichen Filter mit copy&paste bestehender Codefragmenten zu implementieren. Das Ergebnis war recht ermutigend, da ich schon nach zwei Abenden die grobe Struktur des Codes verstanden und die Veränderungen erfolgreich umgesetzt hatte. Abbildung 4 zeigt dasselbe Flussdichteprofil wie zuvor, jedoch nur mit Beobachtungsintervallen, in denen die stellare Grenzgröße besser als 2 mag war. Das Flussdichteprofil ändert sich nur unmerklich. Die Dämmerung scheint also keinen nennenswerten Einfluss auf das Aktivitätsprofil zu haben.

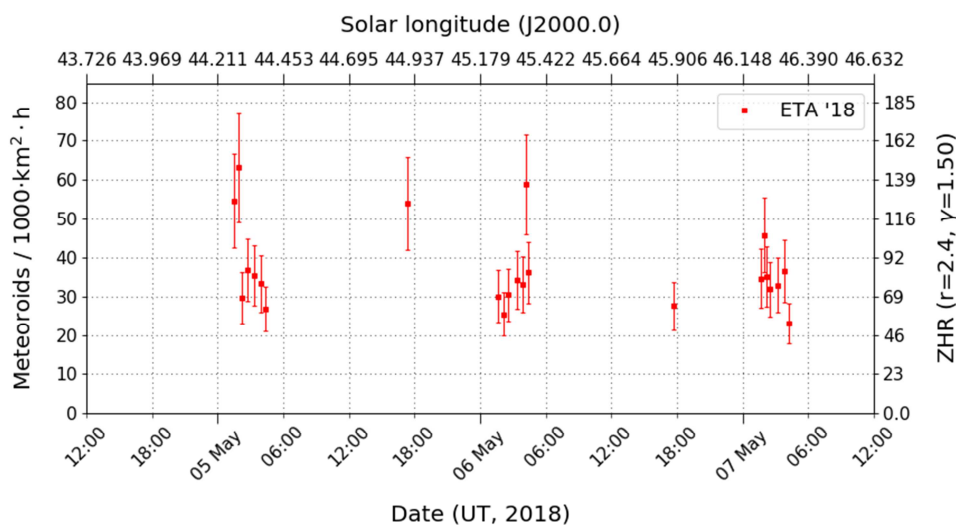


Abbildung 4: Hochaufgelöstes Flussdichteprofil der eta-Aquariiden zwischen dem 4. und 7. Mai 2018, wobei nur Beobachtungsintervalle mit einer stellaren Grenzgröße von besser als 2,0 mag eingeflossen sind.

Vom Erfolg beflügelt wagte ich mich gleich an das nächste Selektionskriterium, auf das ich seit Jahren warte: Die Möglichkeit, bestimmte Kameras auszuwählen. Diese Funktionalität war an einem weiteren Abend implementiert und später habe ich noch die Möglichkeit ergänzt, das Kameraset anhand der Beobachter, Länder oder Kontinente zu filtern.

Ganz euphorisch bin ich gleich einen dritten Aspekt angegangen. Häufig will man nicht nur einen Aktivitätsgraphen erzeugen, sondern man will zwei Flussdichteprofile miteinander vergleichen. Ein gutes Beispiel sind die oben genannten Aktivitätsschwankungen der eta-Aquariiden Anfang Mai 2018, die man mit dem Aktivitätsprofil der Vorjahre abgleichen möchte, um zu prüfen, ob es sich um wiederkehrende Strukturen handelt. Fast in jeder Monatsauswertung finden sich solche Vergleiche. Bisher ging das nur mit dem Trick, dass ich die beiden Grafiken unabhängig voneinander erzeugt und dann mit Photoshop zusammenkopiert habe. Jetzt kann man mit MeteorFlux direkt zwei verschiedene Profile in einer Grafik erzeugen. Und damit nicht genug: Man kann nicht nur das Jahr variieren, sondern auch alle anderen Parameter zur Erzeugung des Referenzprofils anpassen. Daraus ergeben sich eine Vielzahl neuer Auswertungsmöglichkeiten, die wir zukünftig intensiv nutzen wollen, z.B.:

- Man kann das Profil eines Meteorstroms in einem Jahr mit dem Durchschnitt anderer Jahre vergleichen (und dabei ein anderes Binning verwenden und das Profil entsprechend der Meteorzahl geringer oder höher auflösen).
- Das mittlere Aktivitätsprofil von Jahren mit Vollmond und mit Neumond kann verglichen werden, um systematische Fehler zu suchen.
- Man kann die Aktivität von zwei Meteorströmen im gleichen Zeitraum vergleichen, zum Beispiel von einem Meteorstrom und den sporadischen Meteoren, oder von den nördlichen und südlichen Tauriden. Dabei lässt sich der Referenzstrom zur besseren Erkennbarkeit mit einem Offset versetzen und linear skalieren.
- Wählt man zwei unterschiedliche Binning Parameter, kann man ein zeitlich hochaufgelöstes und ein geringer aufgelöstes Profil gegenüberstellen.
- Jeder Beobachter kann die Ergebnisse seiner Kamera(s) mit den Ergebnissen anderer Kameras vergleichen. Man kann auch die Ergebnisse der Kameras verschiedener Länder gegenüberstellen.
- Man kann Daten mit guter und schlechter Grenzgröße vergleichen, oder Daten, die bei geringer oder größerer Radiantenhöhe gesammelt wurden.
- Der Effekt unterschiedlicher Zenitexponenten lässt sich direkt in einer Grafik vergleichen.

Auch diese funktionalen Erweiterungen waren an etwa drei Abenden umgesetzt. Die nachfolgenden Abbildungen 5-7 zeigen einige Beispiele für die neuen Funktionen, die ab sofort jedem Nutzer auf meteorflux.org zur Verfügung stehen.

Nachdem ich bisher die neuen Funktionen im Wesentlichen über copy&paste umgesetzt habe, bin ich jetzt optimistisch genug, mich Schritt für Schritt auch an Erweiterungen zu wagen, bei denen wirklich etwas neu hinzuprogrammiert werden muss.

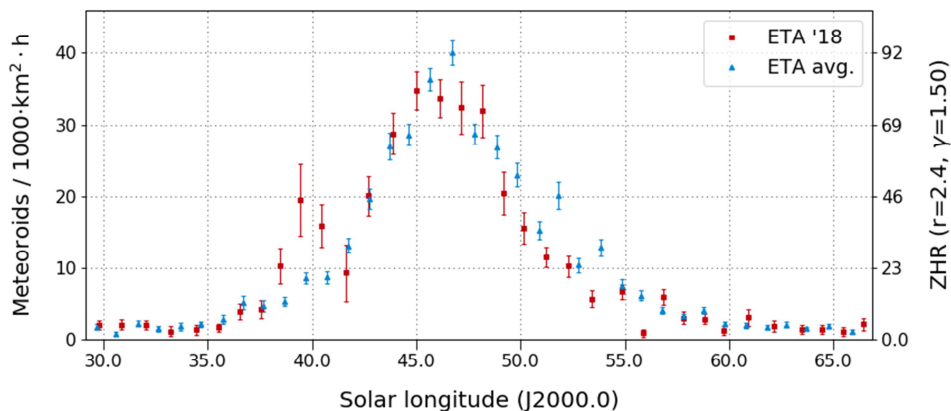


Abbildung 5: Flussdichte der eta-Aquariiden 2018 (rot) und im Durchschnitt der Jahre 2014-2017 (blau), abgeleitet aus Beobachtungen des IMO Netzwerks.

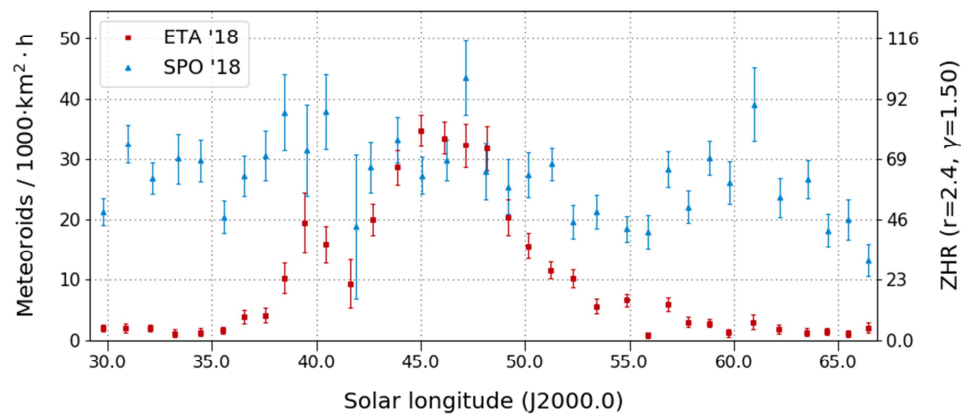


Abbildung 6: Flussdichte der eta-Aquariiden (rot) und der sporadischen Meteore (blau) im Mai 2018.

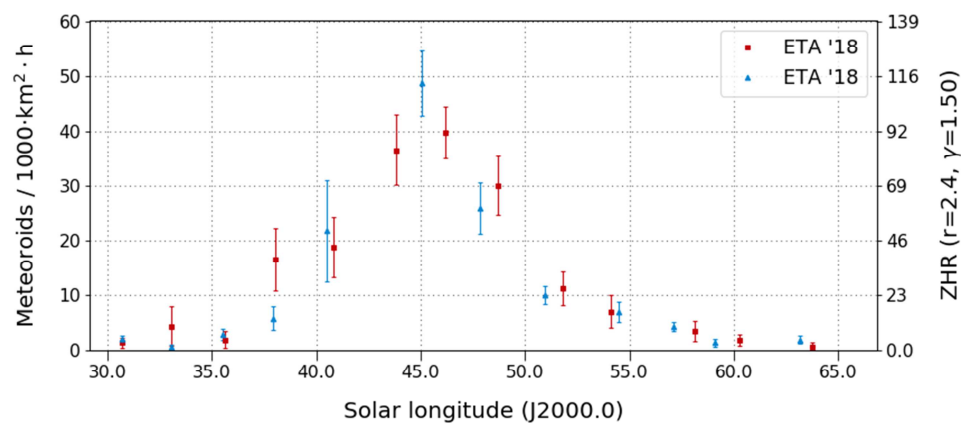


Abbildung 7: Flussdichte der eta-Aquariiden im Mai 2018, aufgezeichnet mit IMO Network Kameras in Deutschland (rot) und Italien (blau).

1. Beobachterübersicht

Code	Name	Ort	Kamera	Feld [°]	St.LM [mag]	Eff.CA [km²]	Nächte	Zeit [h]	Meteore
ARLRA	Arlt	Ludwigsfelde/DE	LUDWIG2 (0.8/8)	1475	6.2	3779	28	124.5	440
BERER	Berkó	Ludanyhalaszi/HU	HULUD1 (0.8/3.8)	5542	4.8	3847	5	34.9	90
BIATO	Bianchi	Mt. San Lorenzo/IT	OMSL1 (1.2/4)	6435	4.0	1705	23	118.1	149
BOMMA	Bombardini	Faenza/IT	MARIO (1.2/4.0)	5794	3.3	739	28	117.0	287
BREMA	Breukers	Hengelo/NL	MBB3 (0.75/6)	2399	4.2	699	24	121.8	145
BRIBE	Klemt	Herne/DE	HERMINE (0.8/6)	2374	4.2	678	25	103.7	175
		Berg. Gladbach/DE	KLEMOI (0.8/6)	2286	4.6	1080	25	104.9	174
CARMA	Carli	Monte Baldo/IT	BMH2 (1.5/4.5)*	4243	3.0	371	20	80.9	225
CASFL	Castellani	Monte Baldo/IT	BMH1 (0.8/6)	2350	5.0	1611	21	82.0	107
CINFR	Cineglossio	Faenza/IT	JENNI (1.2/4)	5886	3.9	1222	22	62.6	273
CRIST	Crivello	Valbrenvenna/IT	ARCI (0.8/3.8)	5566	4.6	2575	23	83.0	157
			BILBO (0.8/3.8)	5458	4.2	1772	24	86.0	173
			C3P8 (0.8/3.8)	5455	4.2	1586	21	72.6	126
			STG38 (0.8/3.8)	5614	4.4	2007	26	110.8	337
ELTMA	Eltri	Venezia/IT	MET38 (0.8/3.8)	5631	4.3	2151	13	51.2	103
FORKE	Förster	Carlsfeld/DE	AKM3 (0.75/6)	2375	5.1	2154	19	92.7	229
GONRU	Goncalves	Foz do Arelho/PT	FARELHO1 (0.75/4.5)	2286	3.0	208	10	53.0	30
		Tomar/PT	TEMPLAR1 (0.8/6)	2179	5.3	1842	28	153.0	395
			TEMPLAR2 (0.8/6)	2080	5.0	1508	25	140.9	301
			TEMPLAR3 (0.8/8)	1438	4.3	571	25	148.6	128
			TEMPLAR4 (0.8/3.8)	4475	3.0	442	24	130.3	267
			TEMPLAR5 (0.75/6)	2312	5.0	2259	24	134.8	262
GOVMI	Govedic	Sredisce ob Dr./SI	ORION2 (0.8/8)	1447	5.5	1841	24	76.4	106
			ORION3 (0.95/5)	2665	4.9	2069	4	1.1	6
			ORION4 (0.95/5)	2662	4.3	1043	22	49.1	62
HERCA	Hergenrother	Tucson/US	SALSA3 (0.8/3.8)	2336	4.1	544	28	241.4	358
HINWO	Hinz	Schwarzenberg/DE	HINWO1 (0.75/6)	2291	5.1	1819	26	111.3	220
IGAAN	Igaz	Budapest/HU	HUPOL (1.2/4)	3790	3.3	475	18	84.5	38

* aktives Gesichtsfeld kleiner als Videoframe

1. Beobachterübersicht (Fortsetzung)

Code	Name	Ort	Kamera	Feld [^o]	St.LM [mag]	Eff.CA [km ²]	Nächte	Zeit [h]	Meteore			
JONKA	Jonas	Budapest/HU	HUSOR (0.95/4)	2286	3.9	445	27	121.2	80			
			HUSOR2 (0.95/3.5)	2465	3.9	715	22	97.5	87			
KACJA	Kac	Kamnik/SI	CVETKA (0.8/3.8)	4914	4.3	1842	13	47.4	103			
			Kostanjevec/SI	METKA (0.8/12)*	715	6.4	640	21	91.5	120		
		Kamnik/SI	REZIKA (0.8/6)	2270	4.4	840	16	52.9	167			
			STEFKA (0.8/3.8)	5471	2.8	379	13	45.8	68			
LOJTO	Łojek	Grabniak/PL	PAV57 (1.0/5)	1631	3.5	269	14	76.2	219			
MACMA	Maciejewski	Chelml/PL	PAV35 (0.8/3.8)	5495	4.0	1584	26	91.0	143			
			PAV36 (0.8/3.8)*	5668	4.0	1573	28	140.7	252			
			PAV43 (0.75/4.5)*	3132	3.1	319	20	61.0	58			
			PAV60 (0.75/4.5)	2250	3.1	281	27	139.5	286			
MARRU	Marques	Lisbon/PT	CAB1 (0.75/6)	2362	4.8	1517	28	149.4	339			
MOLSI	Molau	Seysdorf/DE	RAN1 (1.4/4.5)	4405	4.0	1241	21	86.3	163			
			AVIS2 (1.4/50)*	1230	6.9	6152	27	108.3	603			
			ESCIMO2 (0.85/25)	155	8.1	3415	26	120.6	198			
			MINCAM1 (0.8/8)	1477	4.9	1084	22	91.5	319			
			REMO1 (0.8/8)	1467	6.5	5491	22	102.5	376			
		Ketzür/DE	REMO2 (0.8/8)	1478	6.4	4778	23	111.3	433			
			REMO3 (0.8/8)	1420	6.4	1967	23	125.7	381			
			REMO4 (0.8/8)	1478	6.5	5358	23	123.0	559			
			MORJO	Morvai	Fülöpszallas/HU	HUFUL (1.4/5)	2522	3.5	532	23	107.6	90
			MOSFA	Moschini	Rovereto/IT	ROVER (1.4/4.5)	3896	4.2	1292	12	42.8	35
NAGHE	Nagy	Budapest/HU	HUKON (0.8/3.8)	5500	4.0	1575	24	54.9	157			
		Piszkestető/HU	HUPIS (0.8/3.8)	5615	4.0	1524	29	91.7	233			
OCHPA	Ochner	Albiano/IT	ALBIANO (1.2/4.5)	2944	3.5	358	11	35.8	46			
OTTMI	Otte	Pearl City/US	ORIE1 (1.4/5.7)	3837	3.8	460	20	103.6	89			
PERZS	Perkó	Becsehely/HU	HUBEC (0.8/3.8)*	5498	2.9	460	21	108.5	125			
ROTEC	Rothenberg	Berlin/DE	ARMEFA (0.8/6)	2366	4.5	911	25	121.7	203			
SARAN	Saraiva	Carnaxide/PT	RO1 (0.75/6)	2362	3.7	381	25	140.9	134			
			RO2 (0.75/6)	2381	3.8	459	21	117.4	173			
			RO3 (0.8/12)	710	5.2	619	23	131.8	246			
			RO4 (1.0/8)	1582	4.2	549	16	77.8	57			
			SOFIA (0.8/12)	738	5.3	907	23	102.3	147			
			SCALE	Scarpa	Alberoni/IT	LEO (1.2/4.5)*	4152	4.5	2052	22	75.2	61
			SCHHA	Schremmer	Niederkrüchten/DE	DORAEMON (0.8/3.8)	4900	3.0	409	26	103.3	176
			SLAST	Slavec	Ljubljana/SI	KAYAK1 (1.8/28)	563	6.2	1294	18	53.2	123
STOEN	Stomeo	Scorze/IT	KAYAK2 (0.8/12)	741	5.5	920	12	47.6	24			
			MIN38 (0.8/3.8)	5566	4.8	3270	26	71.8	276			
			NOA38 (0.8/3.8)	5609	4.2	1911	24	85.5	249			
			SCO38 (0.8/3.8)	5598	4.8	3306	26	86.3	322			
			STRJO	Strunk	Herford/DE	MINCAM2 (0.8/6)	2354	5.4	2751	25	118.7	321
STRJO	Strunk	Herford/DE	MINCAM3 (0.8/6)	2338	5.5	3590	25	120.6	174			
			MINCAM4 (0.8/6)	2306	5.0	1412	24	115.5	129			
			MINCAM5 (0.8/6)	2349	5.0	1896	25	123.9	212			
			MINCAM6 (0.8/6)	2395	5.1	2178	24	111.8	217			
			TEPIS	Tepliczky	Agostyan/HU	HUAGO (0.75/4.5)	2427	4.4	1036	24	105.6	145
			WEGWA	Wegrzyk	Nieżnaszyn/PL	HUMOB (0.8/6)	2388	4.8	1607	26	98.4	157
PAV78 (0.8/6)	2286	4.0				778	20	68.1	91			
YRJIL	Yrjölä	Kuusankoski/FI	FINEXCAM (0.8/6)	2337	5.5	3574	10	21.2	47			
ZAKJU	Zakrajšek	Petkovec/SI	TACKA (0.8/12)	714	5.3	783	21	93.0	70			
Summe							31	7490.0	14846			

* aktives Gesichtsfeld kleiner als Videoframe

2. Übersicht Einsatzzeiten (h)

Mai	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ARLRA	5.9	-	5.5	5.6	5.5	5.4	5.4	5.3	3.5	-	5.1	5.0	5.0	4.8	4.3
BRIBE	6.9	-	6.9	6.8	6.8	6.7	6.6	6.5	0.2	3.5	-	-	-	6.1	-
	7.0	-	6.8	6.8	6.7	6.7	6.6	6.5	5.4	6.4	0.5	2.4	-	3.3	-
FORKE	4.7	-	-	7.0	6.9	6.9	6.8	6.1	6.6	-	5.7	4.8	6.1	6.4	-
HINWO	1.6	2.2	-	7.0	6.9	6.9	6.8	6.3	6.7	-	4.0	6.4	6.0	6.3	0.7
MOLSI	3.2	4.6	4.2	4.6	6.5	6.4	6.3	6.2	5.7	-	6.1	6.0	0.8	4.4	1.7
	2.2	4.0	3.5	5.3	7.0	6.9	6.9	6.8	5.0	-	6.6	6.6	0.8	4.1	1.5
	-	0.4	0.4	3.3	3.7	4.1	6.8	6.8	5.3	0.6	6.6	6.6	-	4.0	-
	5.8	3.3	5.6	-	-	-	5.5	5.5	4.1	-	5.3	5.1	5.2	5.2	-
	6.0	3.5	6.1	6.2	-	-	5.9	5.8	4.0	-	5.6	5.4	5.4	5.4	-
	6.9	3.4	6.7	6.6	-	-	6.4	6.3	4.8	-	6.1	6.1	6.0	5.9	-
	6.9	3.0	6.7	6.6	-	-	6.3	6.3	3.9	-	6.1	6.1	6.0	5.9	-
	6.7	-	6.5	6.5	6.3	6.3	6.2	6.1	3.1	-	5.8	2.1	5.8	5.6	4.5
	6.9	0.8	6.9	6.8	6.8	1.3	2.1	-	-	6.5	6.1	2.4	-	5.5	4.5
	6.9	2.8	6.3	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	6.3	-	1.3	6.0	5.5	6.0	1.7
6.8	3.5	6.7	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	6.3	-	0.3	5.8	5.3	6.0	1.4	
6.6	-	6.8	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	6.3	-	1.4	6.1	0.2	6.0	0.9	
6.9	3.6	6.7	6.6	6.5	6.4	6.4	6.3	6.3	-	1.1	6.0	5.8	6.0	1.7	
6.7	2.6	6.0	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	6.0	-	0.6	5.6	5.6	5.9	1.5	
Summe	169.4	174.0	274.5	317.3	371.0	350.1	330.4	255.3	171.1	270.2	299.4	327.3	289.0	241.9	237.4

Mai	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ARLRA	4.1	4.6	-	4.7	4.6	4.4	4.4	4.5	4.3	1.4	2.6	2.9	4.0	3.9	4.1
BRIBE	0.5	1.6	5.9	5.8	5.7	0.2	-	3.9	0.7	5.4	5.3	1.1	5.1	0.2	2.2
FORKE	1.0	4.6	1.2	5.4	4.8	3.6	-	-	2.3	5.0	5.3	1.5	1.8	2.4	-
HINWO	-	-	-	1.8	5.9	5.8	-	-	-	1.8	2.7	0.2	1.7	-	4.8
MOLSI	-	0.4	-	5.8	6.0	5.9	2.4	0.2	-	2.3	4.1	3.4	5.0	0.5	5.2
	0.6	4.4	5.6	-	5.5	5.5	-	0.9	1.4	5.2	4.2	4.5	2.9	-	0.6
	-	3.8	6.2	-	6.1	6.1	-	2.2	2.0	5.9	5.8	5.8	5.0	-	2.5
	-	3.7	6.2	-	6.1	6.1	-	-	-	5.9	5.2	5.7	2.7	-	1.1
	-	-	-	4.8	4.8	4.7	4.6	4.5	4.5	4.3	-	3.4	4.2	4.0	4.1
	-	-	-	5.1	5.0	5.0	4.9	4.7	4.5	4.0	-	3.3	3.8	3.6	4.1
	-	-	-	5.6	5.5	5.4	5.4	5.3	5.2	4.9	-	3.9	5.0	4.8	4.8
	-	-	-	5.6	5.5	5.4	5.4	5.2	4.9	4.4	-	3.7	4.9	4.7	4.8
ROTEC	-	5.2	-	5.3	5.3	5.2	5.1	4.8	4.8	4.3	-	-	0.7	4.3	4.4
SCHHA	3.4	2.0	5.5	5.7	5.6	2.5	-	4.1	3.3	0.3	0.3	2.4	4.6	4.0	3.0
STRJO	4.3	-	4.7	5.6	5.6	5.4	-	3.9	-	1.6	1.5	-	4.6	-	4.2
	3.8	-	4.8	5.5	5.6	5.4	-	4.1	-	1.8	4.6	-	4.8	-	4.5
	4.0	-	4.0	5.7	5.6	5.5	-	4.3	-	2.6	4.8	-	5.1	-	4.7
	4.3	-	5.0	5.7	5.6	5.3	-	4.2	-	2.5	4.4	-	4.6	-	4.4
	3.2	-	4.4	5.4	5.6	5.2	-	3.5	-	1.5	2.5	-	4.8	-	4.2
Summe	204.9	200.9	253.1	332.0	303.9	257.9	153.8	176.5	172.5	255.4	219.1	166.7	188.0	109.0	192.6

3. Ergebnisübersicht (Meteore)

Mai	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ARLRA	20	-	15	28	28	24	28	18	4	-	20	17	22	11	18
BRIBE	8	-	11	14	19	11	15	15	1	6	-	-	-	9	-
FORKE	9	-	8	14	19	16	19	12	7	12	1	2	-	5	-
HINWO	9	-	-	7	31	22	32	6	8	-	8	15	7	15	-
MOLSI	3	2	-	13	25	15	18	10	9	-	5	16	8	15	2
	7	10	11	18	39	53	47	37	19	-	58	37	1	28	6
	1	3	3	9	12	15	21	17	6	-	13	12	1	16	1
	-	3	2	12	14	29	24	34	8	1	29	27	-	20	-
	23	5	26	-	-	-	21	22	10	-	15	14	18	18	-
	14	8	28	33	-	-	38	31	16	-	21	12	28	20	-
	19	5	33	26	-	-	22	27	9	-	13	16	21	14	-
	30	11	45	37	-	-	28	31	9	-	22	28	27	38	-
ROTEC	12	-	12	8	15	13	11	19	1	-	14	4	9	4	3
SCHHA	9	4	18	18	12	1	3	-	-	16	14	5	-	9	1
STRJO	13	2	21	25	29	22	27	22	23	-	3	6	15	17	6
	10	4	15	16	11	11	10	11	11	-	2	6	7	7	1
	16	-	6	10	5	7	18	4	8	-	1	3	1	6	1
	12	3	10	13	18	16	17	12	14	-	1	3	10	19	6
	16	5	13	20	17	17	15	11	14	-	1	3	11	14	3
Summe	307	283	582	777	802	820	773	637	358	513	750	651	557	488	400

Mai	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ARLRA	5	11	-	28	16	21	23	7	18	2	5	3	12	12	15
BRIBE	1	1	9	6	13	1	-	5	3	8	6	5	4	1	1
FORKE	1	9	2	7	5	5	-	-	2	6	9	1	1	1	-
HINWO	-	-	-	13	15	12	-	-	-	12	2	2	5	-	8
MOLSI	-	1	-	8	11	10	1	1	-	4	6	5	8	1	13
	1	26	32	-	50	45	-	4	6	14	18	15	12	-	8
	-	2	9	-	12	10	-	2	4	10	3	8	5	-	2
	-	6	16	-	23	20	-	-	-	13	8	17	10	-	2
	-	-	-	22	28	25	13	18	14	16	-	7	17	18	15
	-	-	-	36	22	27	31	7	16	12	-	5	5	2	8
	-	-	-	21	23	20	15	14	18	12	-	5	13	13	8
	-	-	-	26	28	27	18	27	16	21	-	7	13	24	24
ROTEC	-	8	-	7	8	9	11	9	7	8	-	-	2	3	4
SCHHA	8	3	5	10	11	5	-	2	3	1	1	2	5	7	3
STRJO	6	-	7	14	25	14	-	3	-	4	4	-	6	-	5
	3	-	3	5	8	3	-	3	-	3	7	-	6	-	10
	3	-	3	5	11	2	-	1	-	1	9	-	2	-	4
	4	-	2	9	10	8	-	4	-	6	5	-	4	-	5
	1	-	7	5	13	8	-	2	-	5	5	-	7	-	4
Summe	333	398	459	649	655	496	283	307	367	425	322	244	300	245	318

Die Halos im Februar 2019

von *Claudia und Wolfgang Hinz, Oswaldtalstr. 9, 08340 Schwarzenberg*
Claudia.Hinz@meteoros.de Wolfgang.Hinz@meteoros.de

Im Februar wurden an 27 Tagen 302 Sonnenhalos, an 8 Tagen 27 Mondhalos und an 10 Tagen 17 Winterhalos in Eisnebel oder auf einer Schneedecke beobachtet. Die relative Haloaktivität von 18,4 war nur halb so hoch wie normal (37,4) und wirkte durch den ergiebigen Januar noch haloärmer. Zwar war die Anzahl der Halotage normal und lag meist zwischen 5 und 10. Mehr hatten nur die durch André Knöfel ausgewertete Mobotix-Kamera in Lindenberg (KK06), unser englischer Beobachter Kevin Boyle (KK93) mit je 11 Halotagen und Karl Kaiser im oberösterreichischen Schlägl mit 21 Halotagen. Er wurde wahrscheinlich von den Cirren der Tiefs beeinflusst, die sich immer mal wieder über dem Mittelmeer tummelten.

Im restlichen Mitteleuropa dominierten im Februar erneut Hochdruckgebiete mit geringer Bewölkung und wenig Niederschlag. Sie sorgten für außergewöhnlich viel Sonnenschein und sehr große Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht. Insgesamt lag im Februar der Temperaturdurchschnitt um 3,5 Grad über dem Wert Referenzperiode 1961 bis 1990 und gehörte nach dem Rekordfebruar 1990 zu den wärmsten Februarmonaten der letzten 100 Jahre.

Zum Monatsanfang brachte das Mittelmeertief QUIRIN vor allem in Niederbayern, der südlichen Oberpfalz und in Sachsen verbreitet nochmals mehr als 30 cm Neuschnee. Am 4. beobachtete Sirko Molau (KK44) im Zillertal den 22°-Ring mit gleißend hellen Nebensonnen und Zirkumzenitalbogen in Eisnebel. Am 05. beendete Karl Kaiser in Schlägl mit einer Lampenlichtsäule die AKM-Saison der Eisnebelhalos. Lediglich auf den höher gelegenen Alpenwebcams gab es noch ganz vereinzelt morgendliche Untersonnen.

Am 04. gelangte die eingeflossene Kaltluft unter den Einfluss des Hochdruckgebietes CHLOE, dass sich von Südwesteuropa mit seinem Zentrum nach Bayern verlagerte und dort bis Dekadenende noch gebietsweise Dauerfrost brachte. Bis Monatsmitte gab es nachfolgend noch Nachtfröste, was sich auch in den Halos widerspiegelt, denn bis zum 17. konnten Schneedecken- und Reifhalos beobachtet werden. Die meisten Beobachtungen trug Karl Kaiser (8) bei.

Am 07. wurde Mitteleuropa von dem Nordseetief STEFAN beeinflusst, welches für das einzige Halophänomen des Monats sorgte. Der Glückliche war Ruben Jacob, der sich am Stubai Gletscher an 22°-Ring, hellen Nebensonnen, oberen Berührungsbogen, Horizontalkreis, Supralateralbogen und Parrybogen erfreuen konnte.

Ansonsten hielten sich die Monatshöhepunkte in Grenzen. Zwei 120°-Nebensonnen (Ludger Ihendorf am 12. und Lars Günther am 24.) sowie ein schwaches 46°-Ring-Fragment (Christoph Gerber am 13.) sind die einzigen himmlischen Meilensteine.

Nachfolgend noch die besten Fotos des Monats:



22°-Ring am 04. und 09.02. in Bochum. Fotos: Peter Krämer



13.02.: Intensiv rot leuchtender und vollständig entwickelter oberer Berührungsbogen beim Sonnenuntergang. Foto: Karl Kaiser, A-Schlägl



16.02.: 22°-Ring, linke und rechte Nebensonne, obere Lichtsäule und oberer Berührungsbogen mit Kondensstreifenschatten. Fotos: Karl Kaiser, A-Schlägl



20.02.: Beschweifte Nebensonnen in Schwarzenberg. Fotos: Wolfgang (links) und Claudia Hinz

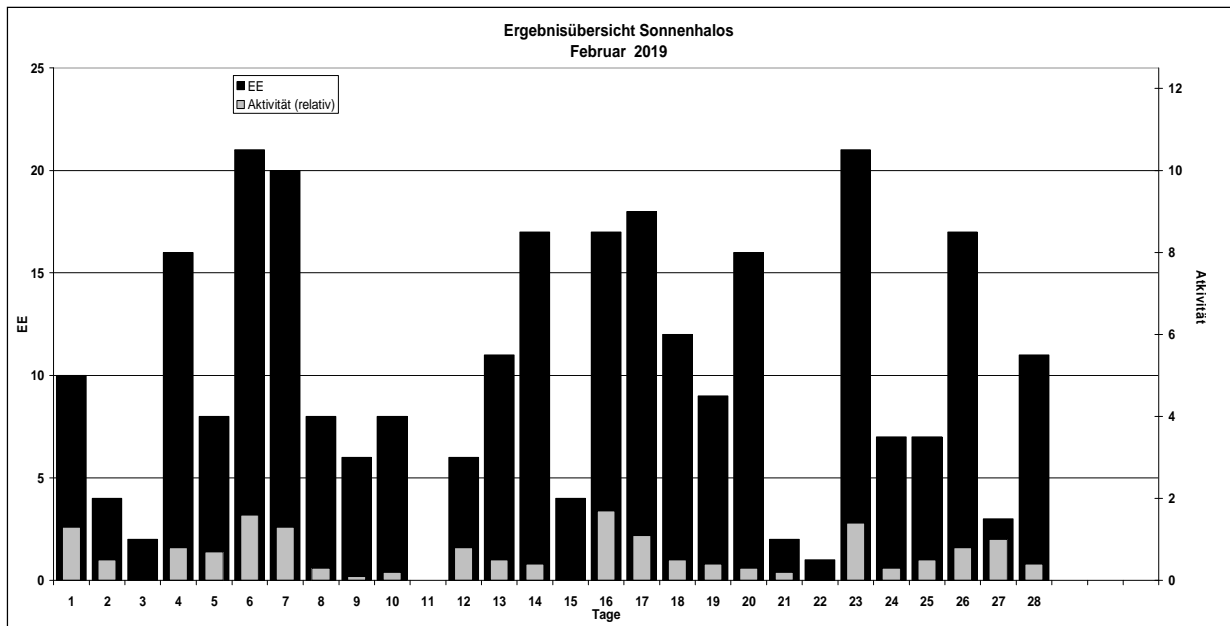
Beobachterübersicht Februar 2019																																	
KKG	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		1)	2)	3)	4)	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28																			
5602			1								3	X			X	<u>2</u>														7	4	3	6
5702											1		1													1				3	3	0	3
7402																	1							1					2	2	0	2	
0604	1				3	1					X			X		4	X	1	<u>1</u>					1			1	13	8	5	11		
4604					1						1								1				1			1		5	5	0	5		
1305			1		1			1				2	1			1	<u>1</u>						1	1		1		10	9	1	9		
6906			1									2	2			2						2			1		10	6	0	6			
6107	1				2						X					3	1	1	1					1		10	7	1	8				
0408					2	1	1	1	1						2	3			1				1			13	9	0	9				
8204					2	1	1							1		1	3	1					4			14	8	1	8				
3108																X		X					3			3	1	2	3				
3808			2		1	1									<u>2</u>			3				1		2	2	14	8	1	8				
5108			2		1	1									<u>2</u>			3				3	1	2	2	17	9	1	9				
5508					1			1																2		7	4	1	4				
7708						1		1							3	X							2		7	4	1	5					
6210		1	2		2							2					X				1				8	5	1	6					
7210				1	1		3				1	1	3		1	2						1		1	15	10	0	10					
7811							1						3									1	1	2	2	10	6	0	6				
7911						8						2	3	1			1		<u>2</u>			1		1	19	8	1	8					
8011													2						2				2	3	9	4	0	4					
8311																2									2	1	0	1					
4417			4			4																			8	2	0	2					
5317	5	4	2	7	4	5	1	2	4			<u>1</u>	2	2	5	3				1	1	3	1	3	3	2	61	21	1	21			
9335	3		1	1	2			2				1	X		1	1	5				1				18	10	2	11					

1) = EE (Sonne) 2) = Tage (Sonne) 3) = Tage (Mond) 4) = Tage (gesamt)
 X = nur Mondhalo unterstrichen = Sonnen und Mondhalo

Ergebnisübersicht Februar 2019																																
EE	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		ges			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28																		
01	4	1	2	6	1	5	8	2	4	4	1	2	6	2	2	2	1	3	6		1	6	1	1	4	4			79			
02	2	1		4	1	8	4	4	2	1	3	3	3	1	7	4	3	1	3			5	2	1	5	1	3			72		
03	2	1		4	2	6	3	1		1		3	6		6	5	3	1	4		1	8	2	5	4	4				72		
05	1			1		2			1						1	1	1	1	2				1								14	
06																																0
07																																0
08					1	1		1					1		1	5	4	2	1				1	1	4	1					24	
09					1																	1			1							3
10																																0
11	1	1			1			2		1		1				1		1														9
12/21					1	1		1	1			1	1	1																		7
	10	2		8		20	6		0		5	11	4		18	9				2		21	7		3						280	
		4		16		21	8	8				17	4		17	12	16				1		6		17	11						

Erscheinungen über EE 12														
TT	EE	KKGG	TT	EE	KKGG	TT	EE	KKGG	TT	EE	KKGG	TT	EE	KKGG
07	13	7917	07	21	7917	07	27	7917	12	18	5602	24	18	8011

KK	Name / Hauptbeobachtungsort	KK	Name / Hauptbeobachtungsort	KK	Name, Hauptbeobachtungsort	KK	Name, Hauptbeobachtungsort
04	H. + B. Bretschneider, Schneeberg	46	Roland Winkler, Werder/Havel	61	Günter Busch, Gotha	78	Thomas Klein, Miesbach
06	Andre Knöfel, Lindenberg	51	Claudia Hinz, Schwarzenberg	62	Christoph Gerber, Heidelberg	79	Ruben Jacob, Burgkundstadt
13	Peter Krämer, Bochum	53	Karl Kaiser, A-Schlägl	69	Werner Krell, Wersau	80	Lars Günther, Rennertshofen
31	Jürgen Götzke, Adorf bei Chemnitz	55	Michael Dachsel, Chemnitz	72	Jürgen Krieg, Waldbronn	82	Alexander Haußmann, Hörlitz
38	Wolfgang Hinz, Schwarzenberg	56	Ludger Ihendorf, Damme	74	Reinhard Nitze, Barsinghausen	83	Rainer Timm, Haar
44	Sirko Molau, Seysdorf	57	Dieter Klatt, Oldenburg	77	Kevin Förster, Carlsfeld/Erzg.	93	Kevin Boyle, UK Stoke-on-Trent



Fichten- und Kiefernpollenkoronen 2018 – Beobachtungsanalysen, Simulationen und etwas Historie

von Alexander Haußmann, Schipkauer Str. 26, 01968 Hörlitz
 alexander.haussmann@web.de

Das Jahr 2018 wird Beobachtern atmosphärischer Erscheinungen sicherlich auch wegen seiner intensiven Pollenkoronen Ende April und Anfang Mai in Erinnerung bleiben. Verantwortlich dafür war die „Angstblüte“ bei Fichte und Kiefer, auch als „Mastjahr“ bekannt. Dabei handelt es sich um eine starke Pollenproduktion weit über dem Durchschnitt anderer Jahre. Eine Übersicht der daraus resultierenden Beobachtungen hat C. Hinz bereits unmittelbar im Anschluss an die letztjährige Saison erstellt [1]. Auch im Frühjahr 2019 konnten bereits ausgeprägte Pollenkoronen an Erle, Hasel, Eibe und Birke beobachtet werden, möglicherweise als Folge der außergewöhnlichen Witterungsbedingungen im letzten Jahr. Dieser Artikel soll detaillierter auf die Analyse und theoretische Modellierung der Beobachtungen von 2018 eingehen, sowie auch ein wenig den historischen Hintergrund dieser Erscheinungen beleuchten.

Faszinierend an der Entdeckungsgeschichte der Pollenkoronen ist, dass sie erst in den späten 1980er Jahren in Finnland als eigenständige Erscheinungen erkannt worden sind, die sich von den häufigeren Kränzen (synonym auch Höfe oder Koronen) unterscheiden. Diese werden durch kugelförmige Wassertröpf-

chen oder auch seltener durch zufällig ausgerichtete Eiskristalle verursacht. Man kann auch die noch kleineren unregelmäßigen Vulkanascheteilchen mitzählen, die den Bishopschen Ring entstehen lassen [2].

Beobachtungen von Kränzen sind bereits seit babylonischer Zeit überliefert, auch wenn es naturgemäß begriffliche Überschneidungen mit ringförmigen Halos gab, und auch heute noch in Bauernregeln gibt. Mir ist nur ein einziger älterer Beobachtungsbericht (d.h. vor den 1980ern) bekannt, der auf einer Pollenkorona und nicht auf einem normalen Kranz basieren könnte [3]. Beschrieben wird darin ein enger diagonal ausgerichteter „quadratischer Halo“ um den Mond am 21.01.1913. Allerdings stammt der Bericht vom Südatlantik (4° S, 8° W), und ein nennenswerter Pollentransport auf das offene Meer scheint nicht sehr wahrscheinlich, zudem es im Äquatorialklima womöglich auch keine ausgeprägte Pollenflugzeit gibt. Möglicherweise handelt es sich eher um einen rautenförmigen Beugungseffekt an teilweise ausgerichteten Eiskristallen [4].

In den letzten 30 Jahren sind jedoch durch weltweite Beobachtungen Pollenkoronen an einer Vielzahl von Pflanzenarten eindeutig nachgewiesen worden, so zunächst in Finnland an Kiefer, Fichte, Birke und Erle [5, 6]. Ab Mitte der 90er Jahre widmeten sich auch AKM-Beobachter verstärkt diesen Erscheinungen, und konnten so zusätzlich zu den genannten Arten auch Koronen an Hasel, Hainbuche, Walnuss, Hopfen, Eiche und Eibe in Deutschland, sowie an Ginster oder Ratabäumen in Neuseeland nachweisen. Mitunter waren die Erscheinungen nur sichtbar, wenn die Pollen durch Schütteln an Baum oder Strauch konzentriert freigesetzt wurden. Weitere Beobachtungen gelangen an Ashes Wacholder in Texas, Zedern-Wacholder auf La Palma, Sichelbäumen in Japan und Olivenbäumen in Andalusien [7-19].

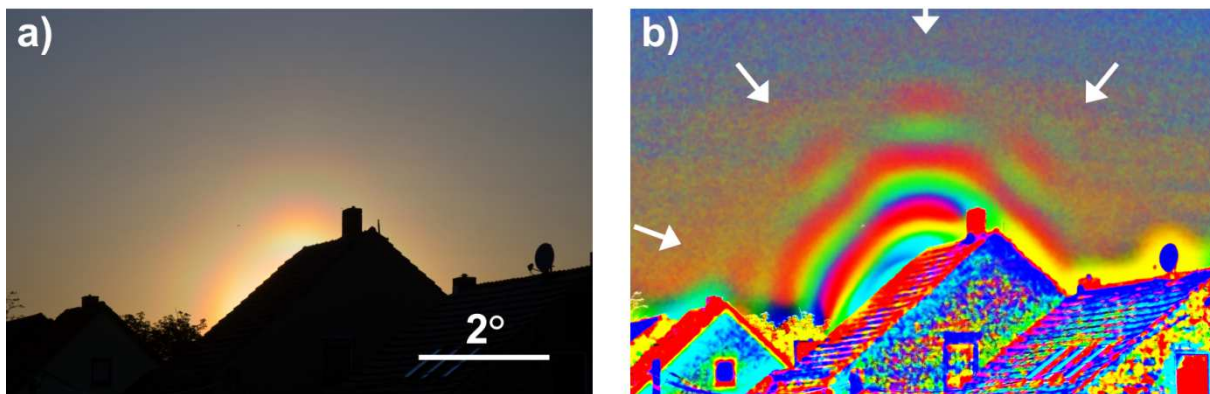


Abb. 1: Kiefernpollenkorona bei einer Sonnenhöhe von $1,8^{\circ}$ (06.05.2018, 20:17 MESZ, Hörlitz). a) Originalbild, b) Bearbeitung durch Division durch das Graubild und anschließende starke Kontrastanhebung. Die nachweisbaren Spuren des 5. Ringes sind durch Pfeile markiert. Die Aureole ist bereits komplett verdeckt, die hellste sichtbare Struktur ist der 2. Ring mit den klassischen Lichtknoten.

Die ausgeprägtesten Pollenkoronen in Deutschland stammen von Kiefern, und auch das Phänomen der „Angstblüte“ wurde in seiner Auswirkung auf die Koronen schon früher beobachtet, wenn es mit günstigen meteorologischen Bedingungen für den Pollenflug zusammenfiel (z.B. 1998 und 2008). Zudem gibt es regional sehr große Kiefernbestände (z.B. in der Niederlausitz) und die charakteristische Pollenform mit den zwei Luftsäcken ermöglicht potentiell einen weiterreichenden und längerdauernden Flug als bei kugelförmigen Pollen. Diese deutlich „unrunde“ Form ist auch dafür verantwortlich, dass bei Kiefernpollenkoronen die Unterschiede zu normalen Kränzen bei tiefem Sonnenstand besonders deutlich hervortreten: Die Beugungsringe sind nicht mehr kreisförmig, und entlang ihres Umfangs gibt es eine ungleiche Helligkeitsverteilung, die typischen „Lichtknoten“. In anderen Regionen dominieren Fichten, und auch dort ist schon früher starker Pollenflug mit intensiven Koronen beobachtet worden (z.B. 2000 und 2003 am österreichischen Böhmerwald). Da Fichtenpollen etwa doppelt so groß wie Kiefernpollen sind, bilden sie Koronen mit ca. der halben Winkelgröße aus, also bereits recht eng um Sonne und Mond.

Die erste physikalische Theorie der Kränze geht auf Fraunhofer im frühen 19. Jahrhundert zurück. Dabei handelt es sich um eine Näherung, die nur für Vorwärtsstreuung gültig ist, d.h. für Effekte in geringem

Winkelabstand zur Lichtquelle, und für nicht zu kleine Partikel (Durchmesser ca. $> 10 \mu\text{m}$). Unter diesen Bedingungen spielen ihre Zusammensetzung oder Transparenz kaum eine Rolle. Lediglich Größe und Form bzw. die erlaubten Orientierungsmöglichkeiten während des Schwebens oder Fallens sind von Bedeutung. Für kugelförmige Partikel wurde später eine vollständige elektrodynamische Lösung in Form der Lorenz-Mie-Theorie (1890 und 1908) gefunden, die auch Regenbögen und Glorien beschreiben kann, bei denen es sehr wohl auf Brechungsindex und Absorption der Streuobjekte ankommt. Leider ist eine Erweiterung auf komplizierter geformte Streuer wie Pollen nur mit erheblichen numerischen Schwierigkeiten möglich. Da aber die Pollenkoronen zum Glück ein Vorwärtsstreuungseffekt sind, kann man auf die viel einfachere Fraunhoferbeugung zurückzugreifen. Dieser Ansatz wurde bereits in den frühen 1990er Jahren von E. Tränkle und B. Mielke an der FU Berlin zur Computersimulation von Pollenkoronen umgesetzt [20].

Danach scheint die Frage der Simulation für kompliziertere Pollenformen, auch im Hinblick auf eine mögliche direkte Gegenüberstellung mit Fotos, nicht weiter verfolgt worden zu sein. Allerdings wurden später die optischen Eigenschaften der Pollenansammlungen in der Luft mittels LIDAR in Alaska [21], Korea [22] und Japan [23] vermessen. Dabei stellte sich heraus, dass die Pollenansammlungen bis zum Rand der atmosphärischen Grenzschicht in 1,5 – 2 km Höhe reichen können. Im ersten und dritten Fall wurden die Daten auch im Zusammenhang mit Pollenkoronen diskutiert. Jedoch handelte es sich dabei um nur wenig von der Kugelform abweichende Birken- und Sichel-tannenpollen. Grundsätzlich erwartet man die hellsten Pollenkoronen bei tiefem Sonnenstand, da der Lichtweg durch die Pollenschicht dann am längsten ist. Dies trifft jedoch ebenso auf alle anderen Aerosole zu, wodurch sich der Kontrast der Pollenkorona zum diffusen Hintergrund nicht allzu stark steigert. Für die visuelle Bewertung, ob eine Pollenkorona „intensiv ausgeprägt“ ist (bzw. auf einem Foto „gut herauskommt“), ist dieser Kontrast und nicht die absolute Helligkeit die entscheidende Größe. Die Bestimmung einer optimalen Sonnenhöhe für beste Sichtbarkeit ist mit einfachen theoretischen Argumenten folglich nicht möglich. Aus meinen eigenen Beobachtungen ergibt sich ein Wert um 2° bei starkem Kiefernpollenflug (s. Abb. 1). Auch muss die Pollenansammlung möglichst „sortenrein“ sein, da sonst nur noch eine wenig auffällige diffuse Aufhellung um die Sonne resultiert – auch bei hoher Pollenkonzentration. Dieser Fall scheint mir für den Gräserpollenflug im Frühsommer nach den klarer abgegrenzten Baumblüten typisch.

Im letzten Jahr (2018) konnte ich am 30.04. in Dresden Fichtenpollenkoronen und vom 04.-07.05. in Dresden und auch Hörlitz bei Senftenberg Kiefernpollenkoronen unter fast idealen Bedingungen bei hohen (über 50°) und tiefen Sonnenständen (bis zum Sonnenuntergang) visuell und fotografisch beobachten. Die aufgenommenen Digitalfotos lassen sich nachträglich wie bei den Regenbögen höherer Ordnung oder schwachen Halos mit unterschiedlichen Filtern weiterbearbeiten, um kontrastarme Strukturen sichtbar zu machen. Eine erste interessante Frage ist dabei, wie viele Beugungsringe überhaupt per Auge und Fotoauswertung nachgewiesen werden können. Zählt man die innere, rotumrandete Scheibe (Aureole) wie traditionell üblich als ersten Ring, so waren an den Abenden des 05. und 06.05. bei einer Sonnenhöhe von etwa 2° visuell Abschnitte von 4 Ringen der Kiefernpollenkorona oberhalb der Sonne direkt sichtbar („vierfacher Kranz“). Die aufgetürmten farbigen Lichtknoten gaben mir das Gefühl, hier etwas ganz Besonderes zu sehen, vergleichbar mit dem Gefühl bei der Beobachtung einer seltenen Haloart.

Eine Analyse der Farbinformation (durch Division des Farbbildes durch das zugehörige Graustufenbild und anschließende Kontrasterhöhung) zeigt, dass dabei fotografisch auch Strukturen des 5. Ringes nachweisbar waren (s. Abb. 1), bei höherem oder noch tieferem Sonnenstand (wenn die ganze Korona ins „Rot zu kippen“ scheint) jedoch nicht. Ein anderes sehr nützliches Analysewerkzeug ist die Differenzbildung aus Rot- und Grünkanal, analog zur Rot-Blau-Differenz, die häufig bei Halofotos eingesetzt wird. Bei tiefem Sonnenstand ist das Blausignal aber schwach, außerdem ist der Grünkanal wegen der oft größeren Pixelfläche des Sensors weniger verrauscht. Die resultierenden Graustufenbilder ermöglichen eine bessere Beurteilung der bisher wenig untersuchten äußeren Ringe der Pollenkoronen (Abb. 2 und 3).

Daraus ergibt sich folgende Struktur der voll ausgeprägten Kiefernpollenkorona bei tiefem Sonnenstand: längsovale Aureole (Ring 1) mit azimuthal wenig veränderlicher Lichtverteilung, ovaler Ring 2 mit vertikalen und horizontalen Lichtknoten als das „typische Bild“ der Pollenkorona, Ring 3 mit wieder fast konstanter Helligkeit und Breite entlang des Umfangs, aber etwa achteckiger Form, Ring 4 wieder mit Licht-

knoten, jedoch angeordnet in einem typischen „Dreizack“-Muster oberhalb und unterhalb der Sonne, sowie einer Fortsetzung dieser Dreierstruktur in Ring 5 (derzeit nachgewiesen nur oberhalb der Sonne, aus Symmetriegründen aber auch unterhalb zu erwarten). Im Gegensatz dazu ist bei Fichtenpollenkoronen bei tiefem Sonnenstand der 3. Ring an den Seiten breiter und besitzt auch dunklere Stellen ober- und unterhalb der verbreiterten Segmente, was auf einen systematischen Formunterschied (unabhängig von der Größendifferenz, s.o.) im Vergleich zu Kiefernpollen weist. Licht- und elektronenmikroskopische Bilder dieser Pollensorten finden sich u.a. in [24-26].

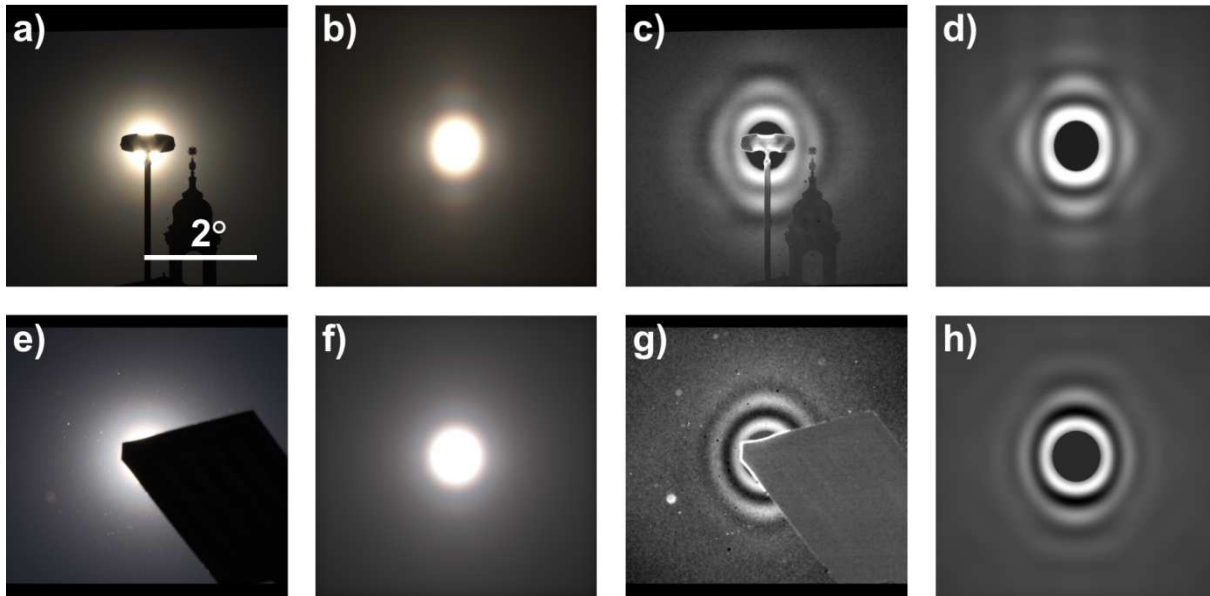


Abb. 2: Fichtenpollenkoronen für eine Sonnenhöhe von $10,4^\circ$ (a-d) und $34,2^\circ$ (e-h). a) und e): Originalbilder (30.04.2018, 19:10 MESZ und 16:36 MESZ, Dresden), b) und f): Simulationen passend zu Originalbildern, c) und g): Rotkanal-minus-Grünkanal-Auswertung (R-G) der Fotos, d) und h): R-G-Auswertung der Simulationen. Die Farbbalance der Simulationen wurde den Fotos angepasst (ohne detailliert die Veränderung des Sonnenspektrums mit der Sonnenhöhe zu berücksichtigen). Streuungsparameter $\sigma_{\text{thet}} = 5^\circ$, $\sigma_{\text{ges}} = 10\%$, $\sigma_{\text{einzel}} = 7\%$, mittlere Pollenform nach Abb. 4a.

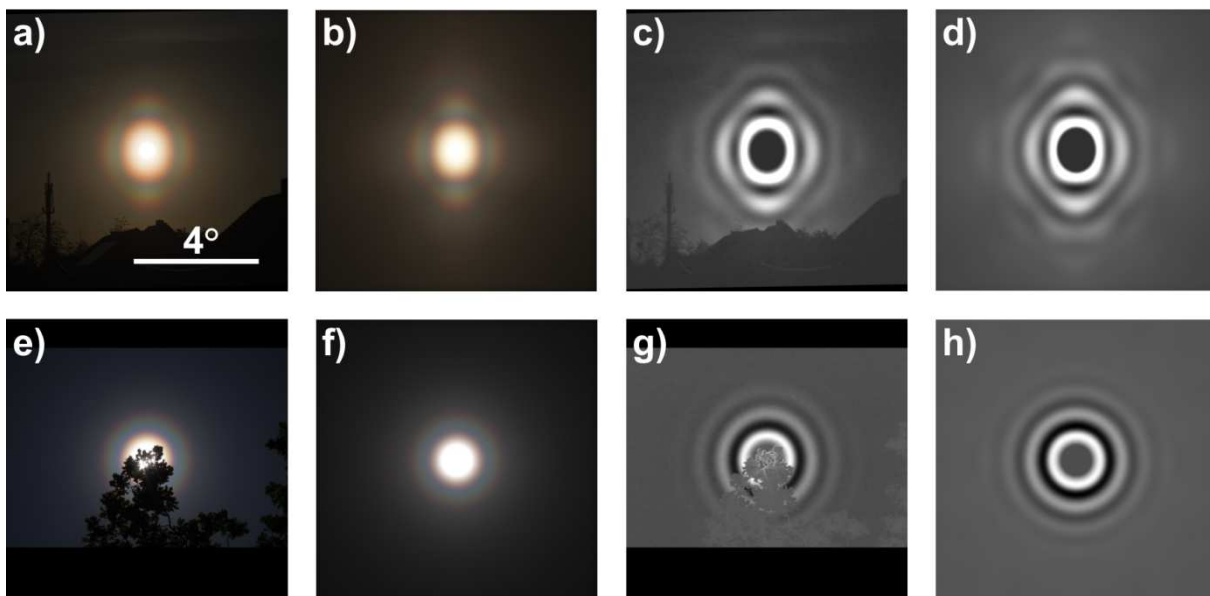


Abb. 3: Kiefernpollenkoronen für eine Sonnenhöhe von $4,6^\circ$ (a-d) und $53,9^\circ$ (e-h). a) und e): Originalbilder (06.05.2018, 19:57 MESZ und 05.05.2018, 13:40 MESZ, Hörlitz), b) und f): Simulationen passend zu Originalbildern, c) und g): R-G-Auswertung der Fotos, d) und h): R-G-Auswertung der Simulationen. Streuungsparameter $\sigma_{\text{thet}} = 3^\circ$, $\sigma_{\text{ges}} = 7\%$, $\sigma_{\text{einzel}} = 12\%$, mittlere Pollenform nach Abb. 4b.

Meine Simulationen nach dem Ansatz von Tränkle und Mielke starten zunächst mit einem 3D-Pollenformmodell. Eine einfache und einigermaßen naturgetreue Repräsentation von Kiefern- und Fichtenpollen lässt sich aus drei Ellipsoiden konstruieren (s. Abb. 4). Neben den Größenangaben ist noch die Orientierung des Pollenkorns bezüglich der Einfallrichtung des Sonnenlichts festzulegen, was über die drei Eulerwinkel geschieht. Einer davon ist die Neigung der Pollenachse zur Vertikalen, welche im Idealfall Null wäre. Realistischer ist die Annahme einer Gaußverteilung der Achsrichtungen um die Vertikale (mit Standardabweichung σ_{ther}), analog zu den Tilts bei Eiskristallen in Halosimulationen. Die anderen beiden Winkel (Drehung um die Vertikale und Drehung um die Pollenachse, welche bei Neigung ungleich Null nicht zusammenfallen) werden zufällig zwischen 0° und 360° gewählt. Zusätzlich ist noch zu berücksichtigen, dass die Pollenkörner nicht exakt gleich groß sind, was wiederum mit einer Gaußverteilung (mit relativer Standardabweichung σ_{ges}) modelliert werden kann. Außerdem kann die Form der Pollenkörner untereinander variieren: Ein Luftsack kann größer sein als der andere, näher zur Mitte verschoben, beide etwas gegeneinander verschert oder die Zentralkapsel ist mal etwas stärker abgeplattet. Am einfachsten lässt sich dies abbilden, indem die einzelnen Formparameter jeweils für sich ebenfalls gaußverteilt (mit relativer Standardabweichung σ_{einzel}) skaliert oder verschoben werden. Damit hat im Modell jedes Korn seine individuelle Geometrie, im statistischen Durchschnitt ergibt sich aber wieder die vorher festgelegte „mittlere Form“. In eine typische Monte-Carlo-Simulation gehen dann $N = 500 \dots 2000$ individuelle Formen und Ausrichtungen ein (s. Abb. 5).

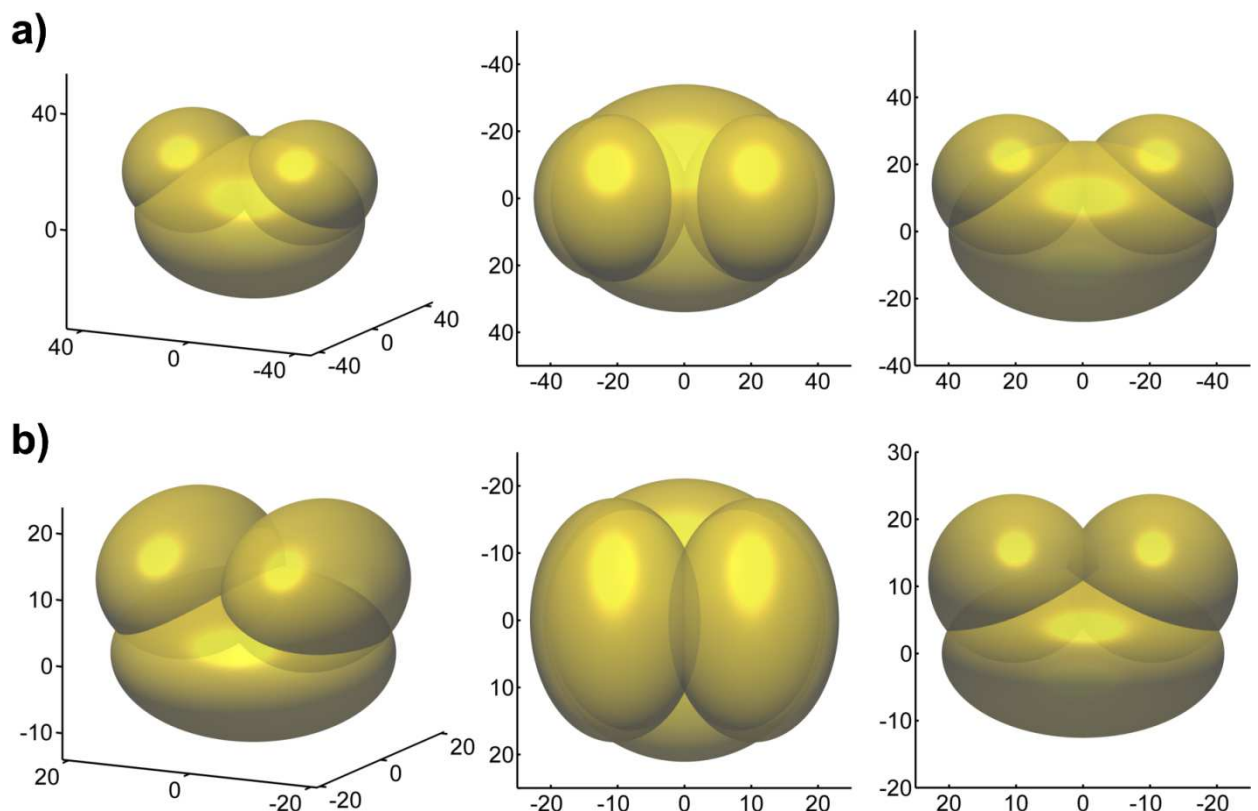


Abb. 4: Modell-Pollenformen, dargestellt durch die Kombination von je drei Ellipsoiden nach erfolgter Optimierung (Anpassung der Formparameter für beste Übereinstimmung mit den Beobachtungen), a) Fichtenpollen, b) Kiefernpollen, jeweils in Schrägansicht sowie in Draufsicht und Frontalansicht, Skalierungen jeweils in μm .

Zur Berechnung der Lichtbeugung hinter einem so „gebastelten“ Pollenkorn kommt wie erwähnt die Fraunhoferbeugung zum Einsatz. Eigentlich beschreibt sie die Lichtverteilung in großem Abstand hinter einer kleinen Öffnung vorgegebener Form und Größe in einem ebenen, undurchsichtigen Schirm. Allein um bis zu diesem Punkt zu kommen, ist eine ganze Reihe von Näherungen nötig (Vernachlässigung des

Vektorcharakters der Lichtwelle in einer skalaren Beugungstheorie, Kirchhoffsche Randbedingungen für das Beugungsintegral, Fresnelsche und schließlich Fraunhofersche Näherungen für große Abstände zum Beobachter). Interessanterweise kommt dieselbe Intensitätsverteilung heraus, wenn die beugende Öffnung durch ein kleines undurchsichtiges Scheibchen derselben Form und Größe in frei transparenter Umgebung ersetzt wird (Babinetsches Prinzip). Lediglich in der Phase der gebeugten Welle sowie in der Intensität in der direkten Vorwärtsrichtung gibt es Unterschiede, beides ist hier aber ohne Bedeutung.

Ein Pollenkorn ist nun allerdings ein dreidimensionales Objekt und kein ebenes Scheibchen. Hier greift die Näherung der „flachen Maske“ [27]: Die entlang der Lichteinfallrichtung projizierte Querschnittsfläche wirkt als Beugungshindernis, und Details der Wechselwirkung des Lichtes mit der Randmaterie des Pollenkorns werden vernachlässigt [28]. Der projizierte Querschnitt kann auch als Schattenbild des Pollenkorns aus der Beleuchtungsrichtung bei ideal strahlenoptischer Abbildung verstanden werden, d.h. wenn es eben gerade nicht zur Beugung käme. Diese Idee der flachen Maske wurde bereits von W.B. Schneider und M. Vollmer zur experimentellen Demonstration von Pollenkoronen benutzt, indem sie computergenerierte Schattenprojektionen ausdruckten und fotografisch passend verkleinerten [29]. Wichtig ist noch festzuhalten, dass die Pollenkörner bzw. ihre Projektionsmodelle untereinander keine regelmäßige Anordnung aufweisen dürfen, da es sonst zu Gittereffekten (Punktmustern) wie bei manchen „Fahnenkoronen“ kommt. Auch muss ihr Abstand groß genug sein, damit eine inkohärente Überlagerung der Beugungsintensitäten der einzelnen Körner angenommen werden kann. Für Wassertropfenkränze gibt es hierzu Abschätzungen des minimalen Abstandes von R.A.R. Tricker [30]. Pollenansammlungen, selbst in unmittelbarer Nähe zur Pflanze, sind normalerweise genug „verdünnt“ dafür [31].

Mathematisch wird bei der Berechnung der Fraunhoferbeugung die zweidimensionale Fouriertransformierte des projizierten Querschnitts berechnet und das Betragsquadrat gebildet (hierbei geht ein Teil der Information, die Phase, verloren). Für eine ausreichend dichte Reihe von Wellenlängen aus dem Sonnenspektrum wird dann das Resultat so skaliert, dass es zum gewählten Bildausschnitt (bestimmt durch Sensorgröße und Brennweite des zu simulierenden Fotos) passt. Die multispektralen Daten werden dann in RGB-Intensitäten übertragen, für meine Pentax K-5 hatte ich die dazu nötigen Empfindlichkeitskurven bereits vorrätig. Diese Ergebnisse werden dann für die N Pollenkörner nacheinander aufaddiert, was nach der abschließenden Normierung einer Durchschnittsbildung entspricht. Dabei kommt zunächst der Verwischungseffekt durch die frei erlaubten Drehungen um die Vertikale und die Pollenachse zum Tragen, zusätzlich führen die Neigungsschwankungen zu einer Verrundung und die Größen- und Formschwankungen zur Auslöschung der äußeren Ringe (s. Abb. 5).

Schließlich wird noch eine zweidimensionale Faltung mit der Sonnen- oder Mondscheibe vorgenommen, es kann noch ein Himmelshintergrund addiert werden sowie eine nichtlineare Anpassung der Helligkeit erfolgen – Koronen weisen einen sehr hohen Dynamikumfang auf, der bei der üblichen Fotobearbeitung auch nicht linear umgesetzt werden kann. Die Faltung würde natürlich unterbleiben, wenn eine Pollenkorona durch eine annähernd punktförmige Lichtquelle simuliert werden soll. Solche Beobachtungen konnten 2018 tatsächlich an Venus und Jupiter durchgeführt werden [1], und auch früher schon beim Diamantringphänomen während der Sonnenfinsternis vom 29.03.2006 [32]. Eine andere Möglichkeit wären auch geeignete irdische Lichtquellen. Hier ist aber zu berücksichtigen, dass Pollenkoronen im divergenten Licht genau wie kreisförmige Halos durch eine Minnaert-Zigarren-Geometrie beschrieben werden. Dies bedeutet, dass nur für Pollen unmittelbar vor Auge oder Kamera dieselbe Winkelgröße wie im parallelen Licht festgestellt wird. Für weiter vom Beobachter entfernte (und somit näher an der Lampe liegende) Pollenkonzentrationen schrumpft die Größe, und zwar in guter Näherung linear auf Null mit wachsender Distanz der Pollen von Beobachter zur Lampe hin.

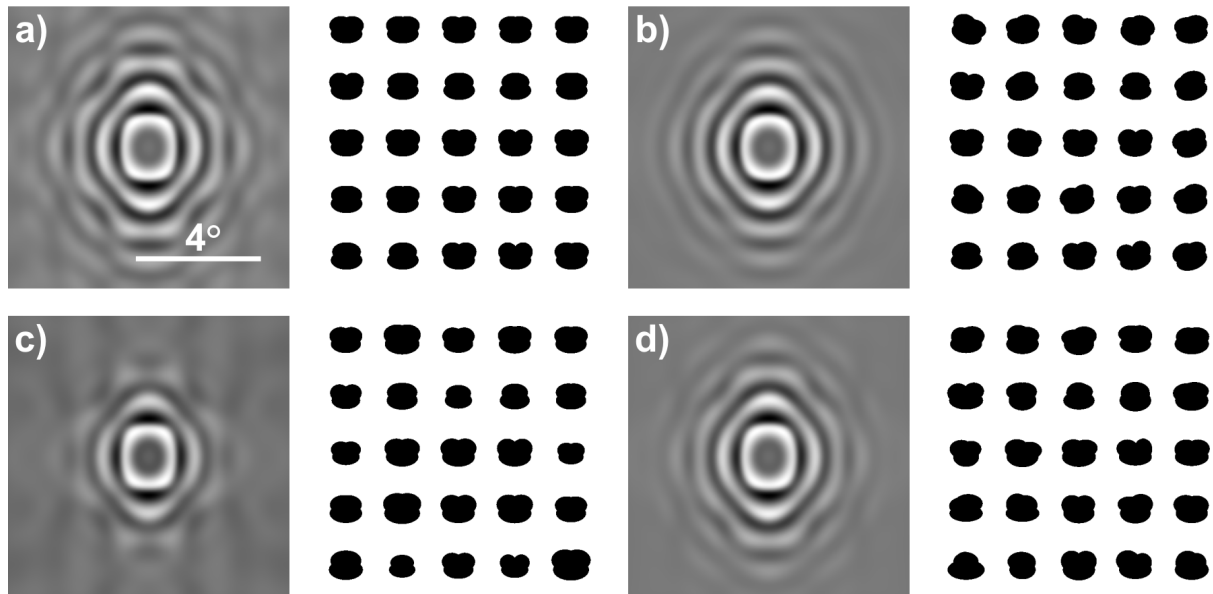


Abb. 5: Sensitivität der Simulationsergebnisse für Kiefernpollen (dargestellt als R-G-Signal, Faltung mit Sonnenscheibe berücksichtigt, mittlere Form wie in Abb. 4b) auf Variationen der einzelnen Streuungsparameter, sowie die jeweils zugehörigen 25 ersten Schattenprojektionen (von insgesamt je 2000) zur Veranschaulichung der Auswirkungen. a) keine Orientierungs-, Größen- oder Formstreuung, d.h. nur perfekt ausgerichtete mittlere Formen ($\sigma_{\text{thet}} = 0^\circ$, $\sigma_{\text{ges}} = 0$, $\sigma_{\text{einzel}} = 0$), b) nur Achsverkippungen ($\sigma_{\text{thet}} = 10^\circ$, $\sigma_{\text{ges}} = 0$, $\sigma_{\text{einzel}} = 0$), c) nur Gesamtgrößenschwankungen ($\sigma_{\text{thet}} = 0^\circ$, $\sigma_{\text{ges}} = 10\%$, $\sigma_{\text{einzel}} = 0$), d) nur Einzelelementschwankungen ($\sigma_{\text{thet}} = 0^\circ$, $\sigma_{\text{ges}} = 0$, $\sigma_{\text{einzel}} = 10\%$). Unter realen Umständen ist eine Kombination aller drei Effekte zu erwarten.

Erwähnenswert ist ebenfalls, dass im Rahmen dieser Theorie die Pollenkoronen stets charakteristische Symmetrien aufweisen. Zum einen müssen sie aufgrund der Fouriertransformation symmetrisch bezüglich einer Punktspiegelung am Sonnenmittelpunkt sein, zusammen mit einer im Mittel vertikalen Pollenachse erzwingt dies eine links/rechts- sowie oben/unten-Symmetrie. Alternativ ausgedrückt, ist die vollständige Information bereits in einem einzelnen, beliebigen Quadranten (90° -Sektor) enthalten, die anderen drei sind deckungsgleich dazu. Sollte es jedoch zu einer Neigung der mittleren Pollenachse z.B. durch Seitenwinde kommen, würde sich dies auch in einer Verkippung der Symmetrieachsen der Pollenkorona äußern. Beobachtungen hierzu sind mir aber nicht bekannt. Auch werden hier, ähnlich wie bei den üblichen Halosimulationsprogrammen, Geometrieeffekte der Streupartikelanordnung (d.h. unterschiedliche Lichtweglängen in der Pollenschicht) und Gradienten des Himmelshintergrunds in Helligkeit und Farbe vernachlässigt. Beides würde die oben/unten-Symmetrie der Pollenkorona in absoluten Helligkeitswerten oder auch beobachtbarem Kontrast brechen, obwohl sie in der qualitativen Form und Intensitätsverteilung der Ringe erhalten bleibt.

Aus der Symmetrie des Formmodells, zumindest im statistischen Mittel, ergibt sich zudem, dass die Pollenkoronen für betragsmäßig gleiche positive wie negative Sonnenhöhen identisch sein müssen. Beobachtungen für negative Höhen sind möglicherweise schon aus Flugzeugen in reflektiertem Sonnenlicht gemacht worden [33] (diese Situation einer Spiegelung an einem kleinen See o.ä. ist auch im Hinblick auf „punktförmige“ Lichtquellen interessant, s.o.). Auswertbare Dokumentationen, bzw. Gegenüberstellungen mit zeitgleichen bodengebundenen Beobachtungen liegen aber noch nicht vor. Denkbar wäre auch der Einsatz künstlicher Lichtquellen an baumbewachsenen Hängen und die Auslösung lokaler Koronen durch Schütteln, sofern diese kurze Flugzeit den Pollen genug Gelegenheit gibt, ihre aerodynamische Gleichgewichtsorientierung einzunehmen. Beobachter und Lichtquelle würden dann zur Kontrolle die Plätze tauschen.

Schließlich verbleibt noch die wichtige Eigenschaft, dass Pollenkoronen für den Zenitstand (oder Nadirstand) der Lichtquelle kreisrund werden müssen, was auch als Plausibilitätstest für das Simulationspro-

gramm genutzt werden kann. Dieser Effekt basiert darauf, dass die Pollenorientierungen (ohne die Annahme exotischer Seitenwinde) letztlich nur die Vertikale als ausgezeichnete Achse besitzen. Fällt diese mit der Lichteinfallrichtung zusammen, mitteln sich über viele Pollenkörner alle azimutalen Unterschiede der Beugungsbilder weg – es fehlt dann schlichtweg an einer irgendwie bevorzugten Azimutrichtung, also sind alle gleichberechtigt. Im Vergleich zu einer Korona durch kugelförmige Wassertropfen verringert sich zwar der Ringkontrast (auch ohne Größen- und Formstreuung), die runde Form bleibt aber erhalten. In der Tat liefern alle Ensemble beliebig geformter Streuobjekte runde Beugungsbilder, sofern ihre „Orientierungsdurchmischung“ gut genug ist. Bei der teilweisen Orientierung der Pollen ist das nur bei senkrechtem Lichteinfall gegeben, bei Kränzen durch völlig zufällig ausgerichtete kleine Eiskristalle [2] oder bei der im Labormaßstab als Charakterisierungsmethode eingesetzten Kleinwinkelstreuung an suspendierten Biomolekülen [34] immer (neben sichtbarem Licht kommt hier auch Röntgen- und Neutronenstrahlung zum Einsatz). Das andere Extrem ist die (Röntgen)Beugung an fixiert ausgerichteten kristallinen Strukturen, die keine kreisförmigen, sondern im Gegensatz sehr strukturierte Bilder liefert, wie sie z.B. bei der mit dem Nobelpreis ausgezeichneten Strukturaufklärung des DNA-Moleküls benutzt wurden [35]. Pollenkoronen lassen sich somit als Übergangsphänomen zwischen völlig zufälliger und perfekter Orientierung der Streupartikel verstehen. Für die praktische Beobachtung ist dabei interessant, wie der eigentliche Übergang von der „lichtknotigen“ Pollenkorona bei tiefem Sonnenstand hin zur runden Form aussieht. Das kann man aber nur schwer durch qualitative Argumente abschätzen. Beobachtung und Simulation zeigen immerhin für Kiefernpollen eine bereits so gut wie runde Korona für Sonnenhöhen ab 50° (s. Abb. 3 und Zusatzmaterial, Link im Literaturverzeichnis).

Mit dem Simulationsprogramm steht somit also ein Werkzeug zur Verfügung, um Pollenkoronen „vorwärts“, d.h. ausgehend von der mittleren Pollenform, ihrer statistischen Streuung und erlaubten Orientierung zu modellieren. Woher kommen die Eingangsdaten? Man kann versuchen, die geometrischen Abmessungen von licht- oder elektronenmikroskopischen Pollenbildern abzulesen, allerdings sind die Ergebnisse dabei nicht so eindeutig wie man hofft. Insbesondere der Abstand der Luftsäcke bei Kiefernpollen scheint recht empfindlich auf Änderungen der Feuchtigkeit bzw. Präparation der Pollen zu reagieren, und einige Fotos zeigen im Gegensatz zu Abb. 4a klar separierte Luftsäcke. Welche Form die in der Atmosphäre schwebenden Pollen im Detail aufweisen, ist direkt kaum feststellbar. Also kann man den Spieß umdrehen, und versuchen, durch Variation einer Startform eine befriedigende Übereinstimmung mit den Fotos zu erzielen. Dabei ist die naturgetreue Wiedergabe der Formveränderung der Pollenkorona mit der Sonnenhöhe bei festgehaltenen Modellparametern ein kritischer Indikator. Dies ist ein typisches „inverses Problem“, und in der Tat konnte mit dem Modell der drei Ellipsoide mit Neigungs-, Größen- und Formschwankung eine gute Übereinstimmung erzielt werden.

Zur direkten Einschätzung der Qualität wurden in Abb. 2 und 3 den Fotos die entsprechenden Simulationen unmittelbar gegenübergestellt. Wie man sieht, ist die Übereinstimmung bei Kiefernpollen bereits sehr gut. Bei den Fichtenpollen verbleiben noch einige Unterschiede in den Radienverhältnissen und der Ausprägung des 3. Ringes. Bei den gezeigten Beispielen intensiver Koronen war die Addition eines zusätzlichen Himmelshintergrundes nicht erforderlich. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die diffuse Vorwärtsstreuung von anderen Aerosolen auf diese Weise allein den Pollen zugeordnet wird, für die dann systematisch zu große Standardabweichungen bei den statistischen Streuparametern ermittelt werden (um genügend Verwischung zu erzeugen, die real dann aber eine andere Ursache gehabt hätte). Die Abgrenzung von einer diffusen „Hintergrundkorona“ durch nicht-dominante weitere Pollensorten oder andere Aerosole ist aus der Beobachtung allein also nur schwer möglich.

Abb. 4 zeigt die zugehörigen Modelle für die mittleren Formen nach erfolgter Optimierung. Es verbleibt noch ein weiteres Risiko, nämlich dass dieses Modell zu „einfach gebaut“ ist und damit zu einem gewissen Grad an der Realität vorbeigeht – echte Pollen sehen schließlich doch noch etwas anders aus. Damit stellt sich schnell der Wunsch nach einer direkten Lösung ein, d.h. also einer Umkehrung des Modellierungsansatzes, um das langwierige Vorantasten durch einen trotzdem möglicherweise unzureichenden Parameterraum abzukürzen. Zumindest die Fouriertransformation an sich ist doch eindeutig umkehrbar, also liegt eine Lösung in Reichweite? Nach meinem bisherigen Kenntnisstand ist das leider nicht so. Was die Fouriertransformation betrifft, so geht die Phaseninformation bei der Detektion verloren, und damit wäre zunächst nur eine Rekonstruktion der sogenannten Autokorrelation der beugenden Maske möglich. Darin

ist aber deutlich weniger Information enthalten als in der eigentlichen Blendenform. Es sind zwar Methoden entwickelt worden, die Phaseninformation iterativ zu rekonstruieren, diese sind jedoch aufwendig [36]. Eine Aufzeichnung der Phase wie bei der Holografie (im Labor auch bereits auf Pollen angewandt [37]) ist leider für natürliche Pollenkoronen ausgeschlossen.

Zudem, und das dürfte noch schwerer wiegen, sind Pollenkoronen nicht einfach Fouriertransformations-Intensitäten. Enthalten ist in jedem Fall die inkohärente Mittelung über die Orientierungs- und Größen-/Formverteilung, zusätzlich im Sonnenlicht die Faltung mit der endlich großen Scheibe. Dazu kommt der nicht mit der Korona zusammenhängende Himmelshintergrund, der gerade bei den Beobachtungen an Planeten (die das Scheibenproblem umgehen würden) deutlich stört. Weiterhin ist das Signal mit Rauschen behaftet, auch in den einzelnen Farbkanälen spektral endlich breit und zudem durch die kamerainterne Verarbeitung nichtlinear verzerrt. Somit bleibt wohl doch nur das iterative Vorwärtsmodellieren und der anschließende Vergleich mit dem Foto, wobei ich auch hier noch keine automatisierte Gütebewertung umgesetzt habe. Bisher habe ich per Inaugenscheinnahme entschieden, ob die Form und Intensitätsverteilung der Ringe angemessen getroffen wurde. Die Frage nach der Eindeutigkeit und Stabilität der Optimierungslösung ist ebenfalls noch offen. Immerhin eröffnet die R-G-Analyse den Zugang zu den äußeren Ringen, die dadurch für die Vergleiche mit herangezogen werden konnten. Verzeichnungs- und Projektionsprobleme der optischen Abbildung würden zudem die Winkelposition des aufgezeichneten Intensitätssignals verfälschen, doch sind diese Fehler bei den kleinen Streuwinkeln gering bzw. nötigenfalls leicht korrigierbar.

Abschließend möchte ich noch ein paar Fotohinweise für Bilder geben, die als Ausgangsmaterial für die vorgestellten Analysen dienen sollen. Aufnahmen mit eher künstlerischer Absicht können natürlich nach ganz anderen Gesichtspunkten aufgebaut werden. Immerhin ermöglicht es die Stabilität der Pollenkoronen im schönen Frühlingswetter aber, neben den „schönen“ auch ein paar reine „Messbilder“ zu machen.

Zum einen sollten die Aufnahmen stets im RAW-Modus erfolgen, damit die Daten später in optimaler Qualität vorliegen. Die automatische Belichtungsmessung ergibt meist zu helle Bilder mit ausgebrannter Aureole. Kürzere Belichtungszeiten sind allerdings auch nicht uneingeschränkt empfehlenswert, da dann die äußeren Ringe in der R-G-Analyse stärker verrauscht sind. Persönlich verwende ich eine voreingestellte Belichtungsreihe mit 4 Stufen Unterbelichtung, 2 Stufen Unterbelichtung und unkorrigiertem Wert. Ja nach Analyseziel kann ich mir dann das passende Bild herausgreifen. Der Fokus sollte immer auf Unendlich liegen. Wichtig ist auch, ein Bild je Brennweite (Zooomeinstellung) mit einer klar umrissenen (nicht breitgelaufenen) Sonnenscheibe aufzunehmen, auch wenn vielleicht sonst kaum etwas auf dem Foto zu erkennen ist. So ist jedenfalls am einfachsten, nachträglich eine Maßstabskalibrierung durchzuführen. Brennweitenangaben auf dem Objektiv oder in den EXIF-Daten sind oft nur grobe Anhaltswerte.

Eine Abdeckung der Sonne hat Vor- und Nachteile. Grundlegend vermeidet man damit eine Kontrastverminderung durch diffuse Überstrahlung, und auch Beugungseffekte an den Blendenlamellen machen keine Probleme mehr. Allerdings ist es dann auch schwieriger, bei einer Vermessung das Ringzentrum zu verorten, auch steht keine Sonnenscheibe als Winkelmaßstab zur Verfügung, Teile der Korona sind verdeckt und die Ränder des Schattenobjektes im Bild können Bearbeitungsfilter wie die Unscharfmaste negativ beeinflussen. Bei ungedeckter Sonne dagegen kann man wegen der Beugungsstreifen eigentlich nur bei Offenblende fotografieren, was dann einen Graufilter (OD 1 bis OD 2) erfordert. Dadurch können aber auch leicht Geisterbilder der Sonne durch Reflexionen entstehen. Dies konnte ich bisher nur durch die Benutzung ungefaster Filter mit passender Verkipfung verlässlich vermeiden (und zwar so, dass die „Keilöffnung“ nach unten zeigt, um kein helles Himmelslicht einzustreuen). Dass man einen klassischen Sucher dabei nur mit großer Vorsicht benutzen sollte, dürfte allgemein bekannt sein. Die Einstellungen im Vorschaumodus bzw. mit digitalem Sucher bei spiegellosen Kameras vorzunehmen ist deutlich sicherer. Bei Pollenkoronen am Mond ist das natürlich alles kein Problem.

Die äußeren Ringe, welche mittels R-G-Differenz sichtbar gemacht werden können, sind übrigens oftmals größer als gedacht. Es lohnt sich also immer auch ein Bild mit geringerer Brennweite als anhand der Aureole und des 2. Ringes abgeschätzt aufzunehmen. Vorteilhaft ist zudem eine Markierung der senkrechten Richtung, z.B. durch eine zweite Person, die ein Senkblei mittig ins Bild hält, oder auch eine an einer

Wäscheleine angehängte Taschenuhr. Laternenpfähle bieten sich ebenfalls als Markierung an, sofern sie tatsächlich senkrecht stehen. Außerhalb der zentralen Bildvertikalen ist aber der Effekt der „stürzenden Linien“ zu beachten, der die Bestimmung der vertikalen Richtung komplizierter macht.

Auch wenn mit Erscheinen dieses Artikels die Hauptsaison der Baumpollen für 2019 schon wieder Geschichte sein wird, lohnt sich bis zum nächsten Frühjahr doch der genaue Blick zurück auf die Beobachtungsergebnisse und Fotos, die noch manche Überraschung bereithalten können. Vielleicht lässt sich auch das eine oder andere Experiment im Anklang an die alten „Baumschüttelzeiten“ von vor 20 Jahren bereits im Voraus planen.

Literatur

Zusätzliche Vergleiche zwischen Fotos und Simulationen für weitere Sonnen- und Mondhöhen, sowie ein Simulationsatlas für diverse Sonnenhöhen können hier heruntergeladen werden:

<http://dl.meteoros.de/haussmann/AHausmannPokoZusatz.pdf>

Für interessierte Leser bin ich gerne bereit, beim Zugang zur referenzierten Literatur bzw. darüber hinaus zu helfen.

- [1] C. Hinz: „Pollenkoronen 2018“, Meteoros 6/2018, S. 153ff.
- [2] M. Vollmer: „Lichtspiele in der Luft: Atmosphärische Optik für Einsteiger“, Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier, München, 2006, S. 193ff.
- [3] W.R. Corliss: “Rare halos, mirages, anomalous rainbows and related electromagnetic phenomena”, Sourcebook Project, Glen Arm MD, 1984, S. 55f.
- [4] E. Tränkle und R.G. Greenler: “Multi-scattering effects in halo phenomena“, Journal of the Optical Society of America A 4 (1987), S. 591ff, s. insbesondere Abb. XIV im gesonderten Farbteil der Ausgabe.
- [5] P. Parviainen, C.F. Bohren und V. Mäkelä: “Vertical elliptical coronas caused by pollen”, Applied Optics 33 (1994), S. 4548ff.
- [6] J. Piikki: “A new kind of corona”, Sky & Telescope 7/1998, S. 106ff.
- [7] G. Berthold: „Pollenkorona in Sachsen am 27./28. und 29. Mai 1995“, MM 7/1995, S. 11f.
- [8] C. Hetze: „Erstbeobachtung von Pollenkoronen am 27. Mai 1995 in Chemnitz“, MM 8/1995, S. 11f.
- [9] H. Seipelt: „Pollenkorona in Neuseeland“, MM 3/1997, S. 44.
- [10] K. Kaiser: „Pollenkorona im Vorfrühling am Fuß des österreichischen Böhmerwaldes“, MM 5/1997, S. 66f.
- [11] H. Seipelt and R. Löwenherz: „Pollenkoronen im Mai“, MM 8/1997, S. 124.
- [12] C. Hetze und R. Löwenherz: „Pollenkorona im Januar 1998“, Meteoros 3/1998, S. 70.
- [13] C. Hetze: „Auswertung der eingegangenen Beobachtungen von Pollenkoronen 1998“, Meteoros 9/1998, S. 167ff.
- [14] F.M. Mims III: “Solar corona caused by juniper pollen in Texas”, Applied Optics 37 (1998), S. 1486ff.
- [15] C. Hinz: „Die Pollenkoronen im Frühjahr 1999“, Meteoros 7-8/1999, S. 120f.
- [16] Y. Takahashi, S. Kawashima, and J. Piikki: “Relationship between Corona Caused by Pollen and the Number of Airborne Pollen”, Japanese Journal of Palynology 45 (1999), 153ff.
- [17] A. Haußmann: “Olea europaea pollen corona”, <https://atoptics.wordpress.com/2016/11/28/olea-europaea-pollen-corona/>
- [18] K. Kaiser, persönliche Mitteilung zur Beobachtung vom 31.12.2015, La Palma.
- [19] R. Nitze: „Eibenkorona, geschüttelt (25.02.19)“, <https://forum.meteoros.de/viewtopic.php?f=2&t=58565>
- [20] E. Tränkle und B. Mielke: “Simulation and analysis of pollen coronas”, Applied Optics 33 (1994), 4552ff, s. insbesondere Abbildungen 14-19 im gesonderten Farbteil der Ausgabe.

- [21] K. Sassen: "Elliptical pollen corona from North American boreal paper birch trees (*Betula papyrifera*): strong fall orientations for near-spherical particles", *Applied Optics* 50 (2011), S. F1ff.
- [22] Y.M. Noh, D. Müller, H. Lee und T.J. Choi: "Influence of biogenic pollen on optical properties of atmospheric aerosols observed by lidar over Gwangju, South Korea", *Atmospheric Environment* 69 (2013), S. 139ff.
- [23] S. Hioki und H. Iwabuchi: "Photographic observation and optical simulation of a pollen corona display in Japan", *Applied Optics* 54 (2015), S. B12ff.
- [24] K. Szczepanek, D. Myszkowska, E. Worobiec, K. Piotrowicz, M. Ziemianin und Z. Bielec-Bąkowska: "The long-range transport of Pinaceae pollen: an example in Kraków (southern Poland)", *Aerobiologia* 33 (2017), S. 109ff.
- [25] A.B. Schwendemann, G. Wang, M.L. Mertz, R.T. McWilliams, S.L. Thatcher und J.M. Osborn: "Aerodynamics of saccate pollen and its implications for wind pollination", *American Journal of Botany* 94 (2007), S. 1371ff.
- [26] E.V. Bazhina, M.I. Sedaeva, O.V. Goryachkina und E.N. Muratova: "Pollen development and morphology in different *Picea* A. Dietr. species at the V.N. Sukachev Institute of Forest Arboretum", *The International Journal of Plant Reproductive Biology* 9 (2017), S. 5ff.
- [27] H.M. Nussenzweig: "Diffraction Effects in Semiclassical Scattering," Cambridge University Press, Cambridge, 1992, S. 15ff.
- [28] F.A. Fischbach, S. Brooks und J. Bond: "Interpretation of small-angle light-scattering maxima of single-oriented microparticles", *Optics Letters* 10 (1985), S. 523ff.
- [29] W.B. Schneider und M. Vollmer: "Experimental simulations of pollen coronas", *Applied Optics* 44 (2005), S. 5746ff.
- [30] R.A.R. Tricker: "Introduction to Meteorological Optics", Mills & Boon, London, 1970, S. 146ff.
- [31] Y. Saito, K. Ichihara, K. Morishita, K. Uchiyama, F. Kobayashi und T. Tomida: "Remote Detection of the Fluorescence Spectrum of Natural Pollens Floating in the Atmosphere Using a Laser-Induced-Fluorescence Spectrum (LIFS) Lidar", *Remote Sensing* 10 (2018), Artikelnr. 1533
- [32] E. Herranen: "Pollen corona during total eclipse", <https://atoptics.wordpress.com/2011/05/14/pollen-corona-during-total-eclipse/>
- [33] J.A. Shaw: "Optics in the Air: Observing Optical Phenomena through Airplane Windows", SPIE Press, Bellingham WA, 2017, S. 36.
- [34] C.D. Putnam, M. Hammel, G.L. Hura und J.A. Tainer: "X-ray solution scattering (SAXS) combined with crystallography and computation: defining accurate macromolecular structures, conformations and assemblies in solution", *Quarterly Reviews of Biophysics* 40 (2007), S. 191ff.
- [35] B. Maddox: "The double helix and the 'wronged heroine'", *Nature* 421 (2003), S. 407f.
- [36] J.R. Fienup: "Phase retrieval algorithms: a personal tour", *Applied Optics* 52 (2013), S. 45ff.
- [37] G. Kim, S.Y. Lee, S. Shin und Y.K. Park: "Three-dimensional label-free imaging and analysis of *Pinus* pollen grains using optical diffraction tomography", *Scientific Reports* 8 (2018), S. 1782ff.

English summary

Visual meteor observations in March 2019:

five observers collected data of 305 meteors in 35.8 hours, covering eleven nights.

Hints for the visual meteor observer in June 2019:

describe the project to collect data of the Daytime Arietids in the morning twilight and the June Bootids.

Video meteor observations in May 2018:

yielded almost 15,000 meteors collected by 78 active cameras in 7,500 observing hours. 80 percent of the cameras were active in more than 20 nights. Main target of this period are the Eta Aquariids. Variable and mainly low radiant elevation as well as twilight affected limiting magnitude changes are useful for several calibration purposes described in the text.

Halo observations in February 2019:

24 observers recorded 302 solar haloes on 27 days and 27 lunar haloes on eight days. Further, ten "winter haloes" on seven days were reported (in icy fog or on snow covered ground). The halo activity index of 18.4 reached only half of the average (37.4) and created a sharp contrast to January.

Spruce and pine tree pollen coronae in 2018:

have been widely observed. The simulation of the pollen coronae allows a comparison with images. Some historic facts, hints for imaging and a comprehensive reference list are given.

The cover photo:

shows a local pine tree pollen corona created by shaking a pine spray in front of a halogen lamp. (Image Alexander Haußmann)

Unser Titelbild...

...zeigt eine lokale Kiefernpollenkorona, erzeugt durch Schütteln eines Kiefernzweiges im Licht eines 100W-Halogenscheinwerfers. Der direkte Lichtweg ist zur Vermeidung von Überstrahlungen mit einer Pappscheibe zwischen Lampe und Kamera blockiert.

Aufnahme von Alexander Haußmann, Hörlitz, 10.05.2019, 22:13 MESZ, Pentax K-5 mit 50-200 mm Zoom bei 50 mm (Ausschnitt), f/8, 5 s bei ISO 100

Impressum:

Die Zeitschrift *METEOROS* des Arbeitskreises Meteore e. V. (AKM) über Meteore, Leuchtende Nachtwolken, Halos, Polarlichter und andere atmosphärische Erscheinungen erscheint in der Regel monatlich. *METEOROS* entstand durch die Vereinigung der *Mitteilungen des Arbeitskreises Meteore* und der *Sternschnuppe* im Januar 1998.

Nachdruck nur mit Zustimmung der Redaktion und gegen Übersendung eines Belegexemplars.

Herausgeber: Arbeitskreis Meteore e. V. (AKM), c/o Ina Rendtel, Mehlsbeerenweg 5, 14469 Potsdam

Redaktion: André Knöfel, Am Observatorium 2, 15848 Lindenberg

Meteorbeobachtung visuell: Jürgen Rendtel, Eschenweg 16, 14476 Marquardt

Video-Meteorbeobachtung: Sirko Molau, Abenstalstraße 13 b, 84072 Seysdorf

Beobachtungshinweise: Roland Winkler, Brünhildestr. 74, 14542 Werder (Havel)

Feuerkugeln und Meteor-Fotonetz: Jörg Strunk, Kneippstr. 14, 32049 Herford

Halo-Teil: Wolfgang Hinz, Oswaldtalstr. 9, 08340 Schwarzenberg

EN-Kameranetz und Meteorite: Dieter Heinlein, Lilienstraße 3, 86156 Augsburg

Polarlichter: Stefan Krause, Sandklaue 15, 53111 Bonn

Bezugspreis: Für Mitglieder des AKM ist 2018 der Bezug von *METEOROS* im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Für den Jahrgang 2018 inkl. Versand für Nichtmitglieder des AKM 35,00 €. Überweisungen bitte mit der Angabe von Name und

„Meteoros-Abo“ an das Konto 2355968009 für den AK Meteore bei der Berliner Volksbank Potsdam, BLZ 10090000

(IBAN: DE29100900002355968009 BIC: BEVODE33)

Anfragen zum Bezug an AKM, c/o Ina Rendtel, Mehlsbeerenweg 5, 14469 Potsdam

oder per E-Mail an: Ina.Rendtel@meteoros.de