

Die aktive Sonne:
Koronale
Massenauswürfe

Michael Hennrichs
Schülerpraktikum

Inhalt

- 1. Einleitung
- 2. Coronal Mass Ejection
 - 2.1 Was ist eine CME?
 - 2.2 Plasma
 - 2.3 Flares und CME
 - 2.4 Ursache
 - 2.5 Geschwindigkeit
 - 2.6. Häufigkeit
 - 2.7. Beobachtungen
- 3. CME auf anderen Sternen
- 4. Gefahren für die Erde
 - 4.1. Was kann passieren?
 - 4.2. Anzeichen für eine CME
- Quellen

1. Einleitung

Koronaler Massenauswurf (KMA), auch Coronal Mass Ejection (CME) genannt, sind erhöhte Materieausstöße der Sonne, die durch magnetische Aktivität verursacht werden.



Das Sonnensystem

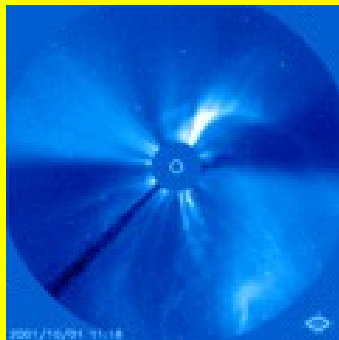
2. Coronal Mass Ejection

CMEs sind die größten „Explosionen“ im Sonnensystem, die der Energiefreisetzung von einer Milliarde Wasserstoffbomben entsprechen.

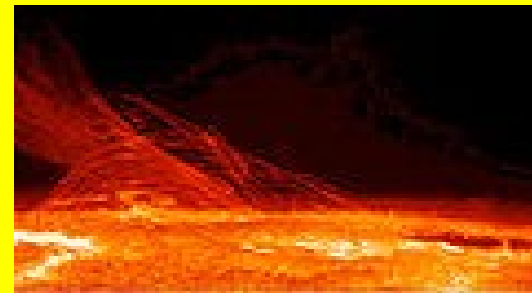


2.1. Was ist eine CME?

Eine Coronal Mass Ejection (CME) ist eine Sonneneruption, bei der Plasma ausgestoßen wird. Wenn man die Auswirkungen in großer Entfernung untersucht, nennt man das auch interplanetaren KMA (engl. ICME).



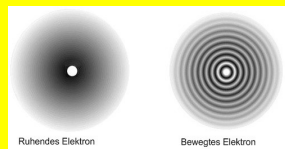
KMA-Animation



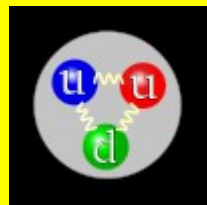
"Flammendes Plasma"

2.2. Plasma

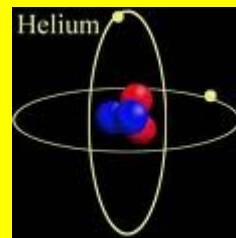
Das Plasma, welches ausgestoßen wird, besteht hauptsächlich aus Elektronen, Protonen und zu kleinen Anteilen aus Ionen schwererer Elemente, wie Helium, Sauerstoff und Eisen.



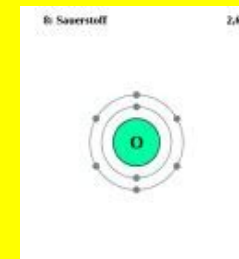
Elektron



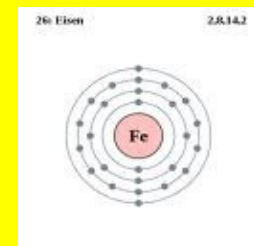
Proton



Helium



Sauerstoff



Eisen

2.3. Flares und CME (Teil 1)

Das Plasma ist in Magnetfeldbögen gefangen, sogenannten koronalen Loops (Sonnenflecken sind die Austrittsstellen der Magnetfeldlinien). Möglicherweise verursachen Rekonnexionen der Magnetfeldlinien die Eruptionen.



Koronal Loop

2.3. Flares und CME (Teil 2)

Kommt es zu einer Reorganisation der Loops, die zu einer Ablösung von Plasmaschläuchen führt, beobachtet man einen erhöhten Masseausstoß. Dies nennt man CME.



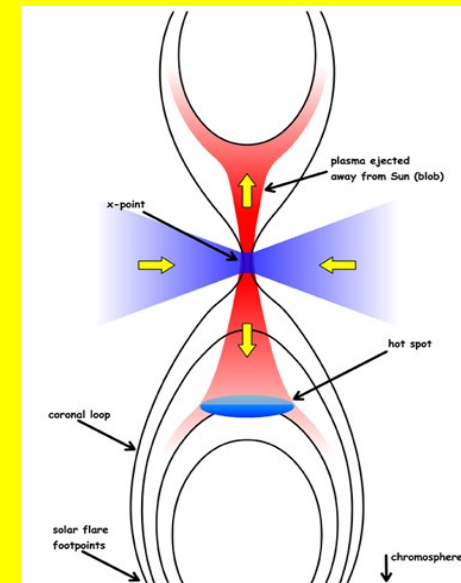
Koronaler
Massenauswurf
mit
dazugehörigem
Flare

2.3. Flares und CME (Teil 3)

Plasma, das in Koronalen Loops gefangen bleibt, verursacht eine starke Strahlung, die man Flare nennt (engl.: flare = helles, flackerndes Licht). Das Plasma, das ins Weltall herausgeschleudert wird, nennt man CME.

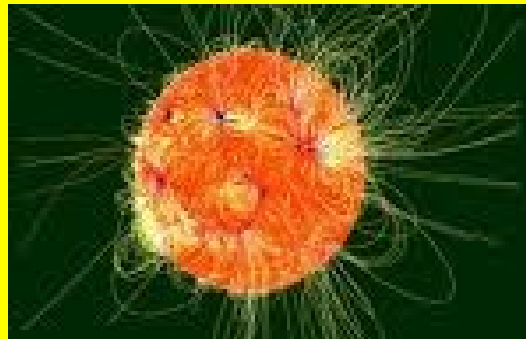


Koronaler Loop mit einmontierter Erde als Größenvergleich



2.4. Ursache (Teil 1)

Die Ursache für Koronale Massenauswürfe sind die verdrehten Magnetfelder, die ihren Ursprung tief im Innern unseres Zentralgestirns haben. Die Feldlinien des Sonnenmagnetfelds im Innern verdrehen sich gegeneinander.



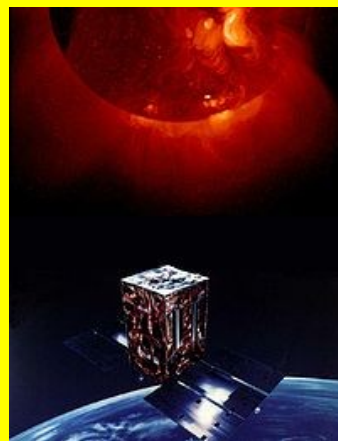
2.4. Ursache (Teil 2)

Die Messungen der Sonnensonden Soho und Yohkoh konnten den Ursprung bis unter die Oberfläche zurückverfolgen.

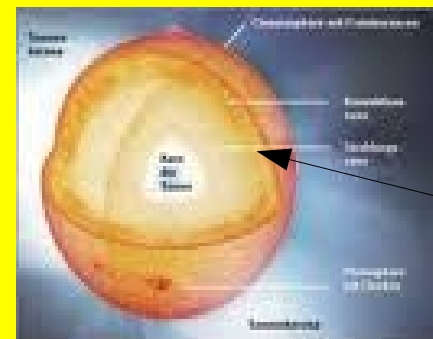
Die Feldlinien des Magnetfelds verdrehen sich in der so genannten Konvektionszone. Dort steigt heiße Materie aus dem Sonneninneren nach oben, während kühlere Gasmassen von der Oberfläche wieder nach unten sinken.



Soho



Yohkoh



Konvektionszone

2.5. Geschwindigkeit

- Bis zu 10 Milliarden Tonnen werden bei einem KMA in den Weltraum geschleudert, mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 2000 km/s (weniger als 1% der Lichtgeschwindigkeit).
- Die CME ist gegenüber dem Sonnenwind fünf- bis sechsmal schneller.
- Die Materie der CME drückt die Teilchen des Sonnenwindes vor sich her wie eine Bugwelle und erzeugt so eine Schockfront.



2.6. Häufigkeit (Teil 1)

Die Häufigkeit von koronalen Massenauswürfen ist eng an die Sonnenaktivität gekoppelt. Die Verteilung der Intensitäten gehorcht einem Skalengesetz.



2.6. Häufigkeit (Teil 2)

Im Sonnenfleckenminimum sind sie deutlich seltener als im Sonnenfleckenmaximum, die durchschnittliche, tägliche Häufigkeit schwankt von 0,5 Ereignissen im Minimum bis zu 6 Ereignissen im Maximum.



2.6. Häufigkeit (Teil 3)

- Minimum Korona



- Maximum Korona



2.7. Beobachtungen

Im Gegensatz zu den Flares lassen sich CMEs auch unter Zuhilfenahme optischer Geräte nicht direkt beobachten. Erst der Koronograf, welcher vom französischen Astronomen Bernard Ferdinand Lyot erfunden wurde, macht dieses Phänomen sichtbar, indem er die eigentliche Sonnenscheibe gezielt abdeckt und nur Licht der Korona zum Detektor durchlässt.



Koronograph



Bernard
Ferdinand
Lyot



Bild eines
Koronographen

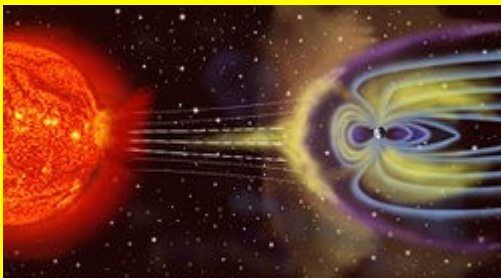
3. CME auf anderen Sternen

Die Menge der verfügbaren Daten ist bei weitem nicht ausreichend, um die CME auf anderen Sternen nachzuweisen. Die Wahrscheinlichkeit, dass CME auf anderen Sternen auftreten, ist jedoch recht hoch.

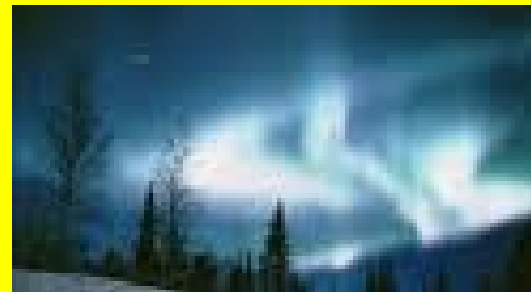


4. Gefahren für die Erde (Teil 1)

Die wenigen KMA, welche auf die Erde zielen, werden als *geoeffektiv* bezeichnet. Ein geoeffektiver KMA beeinflusst die Magnetosphäre und die Ionosphäre. Auf der Tag-Seite wird die Magnetosphäre zusammengedrückt, auf der Nacht-Seite verlängert sich der Schweif. Dabei werden große Mengen Energie freigesetzt, was unter anderem zu ausgeprägtem Auftreten von Polarlichtern führt.



Die Magnetosphäre schirmt die Erdoberfläche gegen die geladenen Partikel des Sonnenwindes ab.



Polarlicht

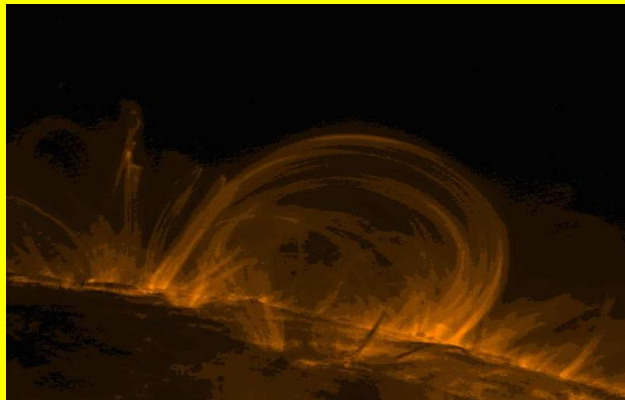
4. Gefahren für die Erde (Teil 2)

KMA können Schäden an Satelliten verursachen und aufgrund der erhöhten Elektronendichte in der Ionosphäre Rundfunkübertragungen stören. 1859 führte ein solcher Sonnensturm dazu, dass in Schweden und USA Brände ausbrachen. Die elektrischen Ströme in der Atmosphäre induzierten starke Ströme in Telegraphenleitungen.



4.1. Was kann passieren?

- Bei manchen Satelliten gehen die Lichter aus
- Ein Weltraumspaziergang könnte zu dieser Zeit böse ausgehen
- Der terrestrische Funkverkehr kommt zum Erliegen
- Bei den gewaltigsten Explosionen können sie, wenn sie auf die Erde gerichtet sind, irdische Strom- und Kommunikationsnetze lahmlegen



4.2. Anzeichen für eine CME

Ein aussagekräftiges Anzeichen für eine erdgerichtete CME ist das so genannte Halo-Ereignis: Je mehr sich die ausgestoßene Materie von der Sonne entfernt, desto weiter breitet sie sich ringförmig aus um irgendwann einen kreisförmigen Rahmen (Halo) um die Sonne zu bilden.



Quellen 1

- http://de.wikipedia.org/wiki/Koronaler_Massenauswurf
- http://www.wasistwas.de/wissenschaft/eure-fragen/planeten-und-raumfahrt/link//4c491d1fab/article/was-ist-ein-cme.html?tx_ttnews%5Bb
- http://home.pages.at/salast/_tutorial20/cme_10_486.jpg
- <http://peterkunz.net/wp-content/uploads/2010/09/cme-300x300.gif>
- <http://survival.4u.org/bilder/sonne/doku/cme-earth.jpg>
- <http://www.astrowetter.com/events/bilder/sofi060329/bildgalerien/galerie-4/stseip-3.jpg>
- http://www.astronomie.de/fileadmin/user_upload/beobachtungspraxis/sonne/sonnenfinsternisfotografie/fotografie_sonnenfinsternis_korona2.jpg
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Weltraumwetter>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Koronograph>
- <http://www.hvezdaren.org/images/observatorium/koronograf.jpg>
- http://www.wissenschaft.de/wissportal_static/sofi99/themen/grafik/korona.gif
- http://www.wissenschaft.de/wissportal_static/sofi99/themen/forsch_7.html
- <http://www.nmdb.eu/?q=node/349>
- <http://de.academic.ru/pictures/dewiki/97/astronaut-eva.jpg>
- <http://www.astronews.com/news/artikel/2002/09/0209-001.shtml>
- http://www.hicker.de/data/media/192/sonne-mit-halo_21850.jpg
- http://www.apava.de/users/czernack/Mond_Halo/P1020800.jpg

Quellen 2

- <http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/natur/weltraum/index.page=1169698.html>
- http://83.133.184.252/movies/images/stories/die_wasserstoffbombe/-Anonymous1-DIE-WASSERSTOFFBOMBE.jpg
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Proton>
- <http://www.physikgrundlagen.de/img/elektron.jpg>
- http://aspire.cosmic-ray.org/labs/star_life/images/helium.jpg
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/16/Electron_shell_de_008_Sauerstoff.svg/558px-Electron_shell_de_008_Sauerstoff.svg.png
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/27/Electron_shell_de_026_Eisen.svg/558px-Electron_shell_de_026_Eisen.svg.png
- http://www.wissenschaft.de/sixcms/media.php/1434/cme_onl.jpg
- http://de.wikipedia.org/wiki/Solar_and_Heliospheric_Observatory
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Yohkoh>
- http://www.astronomie.de/fileadmin/user_upload/sonnensystem/sonne/basiswissen/sonne_basiswissen_schnitt.jpg
- <http://www.schwaebische-alb-bahn.com/cms/files/telegrafeneleitung2006.jpg>
- http://www.o-m-schmitt.de/Weberhaus/Der_Brand/a_BrandVonStumpfFreigestellt.jpg
- www.aip.de/groups/activity/misc/vo/ppt/ss.ppt
- <http://www.astronews.com/news/artikel/2000/09/0009-021.shtml>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonneneruption>
- http://4.bp.blogspot.com/_ecYJ8b9l3us/TGMHHS9FiNI/AAAAAAAAFXw/K11yxd7vsms/s1600/CME_EIT_C2_2002_prev.jpg

1. Wie viele Wasserstoffbomben werden benötigt, um die Energiefreisetzung einer CME nachzustellen?

- 1.000.000.000
- 5
- 1.000
- 50.000

2. Was ist eine CME?

- Erhöhte Materieausstöße der Sonne
- Vulkanausbrüche
- Eine Explosion einer Atombombe
- Das Austreten von Radioaktivität

3. Was verursacht die Eruptionen?

- Rekonnexionen der Magnetfelder
- Überhitzungen
- Überschuss von Materie
- Es gibt keine Eruptionen

4. Woraus besteht Plasma hauptsächlich?

- Wasser, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid
- Elektronen, Protonen, Ionen
- Erde, Bosonen, Baryonen
- Photonen, Tauonen, Methan, Ethan

5. Wie viele Arten von Koronen gibt es?

- 2
- 10
- 5
- 18

6. Wie nennt man das Gerät, mit dem man die Atmosphäre der Sonne beobachten kann, in dem das übersichtliche Sonnenlicht ausgeblendet wird?

- Radioteleskop
- Infrarotteleskop
- Röntgenteleskop
- Koronograph

7. Wie nennt man die wenigen CME, die auf die Erde zielen?

- geographisch
- geoeffektiv
- geometrisch
- geologisch

8. Wie nennt man den kreisförmigen Rahmen, der bei einer erdgerichteten CME entsteht?

- Bilderrahmen
- Fahrradrahmen
- Rahmenerzählung
- Halo

9. Wie heißen die beiden Sonnensonden?

- Hubble & Venus Express
- ISO & Galileo
- Soho & Yohkoh
- COROT & Smart-1