# Fukushima -

Eine kritische Analyse der solaren Ursachen von Erdbeben von Hans-Dieter Langer, Niederwiesa

#### **Einleitung**

Die Untersuchung knüpft am extremen Seebeben vor dem Nordosten von Japan an und wendet sich dann dem allgemeinen Ursachen-Phänomen zu, wonach Ereignisse auf der Sonne insbesondere die schweren Beben und Ausbrüche von Vulkanen auf der Erde triggern.

Angesichts der apokalyptischen Folgen der Naturkatastrophe am 11. März 2011, vor allem der Tsunami-Schäden im Kernkraftwerk Fukushima I, ist sich wohl immerhin ein Teil der Menschheit seiner Ohnmacht gegenüber der Kernstrahlung bewusst geworden. In Deutschland wurden sogar Maßnahmen zu einer grundlegenden Energiewende eingeleitet, wobei es im Wesentlichen um den Ersatz der Kernenergie und fossiler Brennstoffe durch die Photonenstrahlung der Sonne gehen soll. Inwieweit dies erfolgreich sein wird, steht in den Sternen, doch eines scheint gewiss: Die Kernenergie der Sonne wird wohl auch künftig für die großen Naturkatastrophen sorgen!

Nach Meinung aller gilt Radioaktivität als das eigentliche Sinnbild der in Japan stattgefundenen Apokalypse, aber kaum jemand ahnt, dass auch jene fernen kernenergetischen Prozesse in der Sonne die eigentlichen Auslöser des Infernos gewesen sind, das mit jenem furchtbaren Erdbeben scheinbar ohne Vorwarnung begann. Laien können diesen solar-terrestrischen Zusammenhang nicht wissen, zumal ein solches Szenario in den Medien kaum eine Rolle spielt. Doch wie steht die einschlägige Wissenschaft dazu?

"Die Seismologie (griechisch σεισμός seismós, Erderschütterung und -logie) ist die Lehre von Erdbeben und der Ausbreitung seismischer Wellen in Festkörpern. Als Teilgebiet der Geophysik ist sie die wichtigste Methode, um die Struktur des tiefen Erdinnern zu erforschen.", bringt es de.wikipedia.org auf den Punkt der Zuständigkeiten. Selbstverständlich sind Erdbeben zudem auch eine Forschungsdomäne der Geologen. Gerade deren prominenteste Vertreter waren es freilich seinerzeit, die es der Theorie der Kontinentalverschiebung des Alfred Lothar Wegener 1880 - 1930) richtig schwer machten, sich durchzusetzen. So mussten sich einige Geophysiker jahrzehntelang abmühen, um mit dem Modell

den Plattentektonik einen revolutionären Faden durch die Geologie zu ziehen, denn Zitat: "Die Geologie (griechisch γῆ [g ε ː ] 'Erde' und λόγος [' lɔ g ɔ s] 'Lehre') ist die Wissenschaft vom Aufbau, von der Zusammensetzung und Struktur der Erde, ihren physikalischen Eigenschaften und ihrer Entwicklungsgeschichte, sowie der Prozesse, die sie formten und auch heute noch formen." Es ging übrigens dieser wissenschaftlichen Vorhut so, wie einer heutigen, die nun auch schon wieder seit 50 Jahren aufgrund von physikalischen Erhebungen den Einfluss der Sonne bzw. der kosmischen Strahlung als Auslöser von Erdbeben und Vulkanismus favorisiert.

Was die Plattenthese betrifft, so waren die Geologen immerhin lernfähig! Allerdings beunruhigt nun ihre zutiefst mechanistische Denkweise, die sich im Hinblick auf die Beurteilung der letzten Ursachen von Erdbeben bei dieser Gelegenheit bis heute manifestiert hat. Es ist beinahe so, als wäre man in die Zeiten eines Isaac Newton (1643 - 1727) versetzt, der drei der vier Naturkräfte ignorierte bzw. nicht kannte und trotzdem glaubte, die ganze Welt erklären zu können. Selbstverständlich ist es eine gute Idee anzunehmen, dass mechanische Verspannungen an Platten- bzw. Schollengrenzen (Herdfläche) den Bruch und damit das Ereignis eines Erdbebens bestimmen. Sie ist ja auch durch seismische Messungen und theoretische Erwägungen (z.B. "Elastic Rebound Theory" von H. F. Reid, recht gut abgesichert.

Nun ist aber die Temperaturabhängigkeit mechanischer Spannungen auch eine Binsenwahrheit. Man spricht von Wärmespannungen, wenn eine inhomogene Temperaturverteilung im Material vorliegt. Mit dem einfachen Spannungs-Ansatz

$$\underline{G_{therm}} = \frac{E(T) \alpha(T)}{1 - v(T)}$$

σ<sub>therm</sub> Wärmespannung E Elastizitätsmodul

α (linearer) thermi scher Ausdehnungskoeffizient

v Querkontraktionszahl

T Temperatur

ΔT Temperaturdifferenz

wird deutlich, dass zudem alle Einflussgrößen selbst temperaturabhängig sind, so dass sich 6 therm drastisch nichtlinear ändern kann. Auf das seismische Geschehen übertragen, sind temporäre Wärmequellen im Bereich der Herdfläche somit eindeutig als auslösende Elemente aufzufassen, zumal auch die Reibungskräfte mit steigender Temperatur bzw. mit thermisch bedingten, stofflichen Veränderungen im betroffenen Bebenherd sinken.

Der Autor machte bereits früher darauf aufmerksam, dass das rein mechanistische Konzept, siehe Berckhemer, bekanntlich ohnehin in gewisser Weise festgefahren ist: Die alles entscheidende Bebenvorhersage funktioniert nicht! Es ist gerade dies der wichtigste Hinweis darauf, dass die eigentlich auslösenden physikalischen Mechanismen eben doch noch nicht richtig verstanden werden. Ein alternativer Forschungsansatz ist daher, den Ursachen möglicher lokaler Temperaturerhöhungen an Herdflächen des Erdkörpers mehr Aufmerksamkeit zu schenken. So wurden nach Tong und Mitautoren an der Tohoku-Universität, neuerdings hydro-thermale Vorgänge zumindest unter dem Bebenzentrum beim starken Iwaki-Nachbeben (M = 7,0 am 11. 4. 2011) bestimmt, wonach thermisch aktiviertes Tiefenwasser in den Herdbereich eindrang und als Schmiermittel die Reibungskräfte reduzierte, so dass es zum Gebirgsbruch kam. Damit bleibt es allerdings bei einer einseitig terrestrischen Interpretation der Auslösungsprozesse.

### **Alternative Ergebnisse**

I. F. Simpson erkannte bereits im Jahr 1968, dass die Sonnenaktivität die Bebenprozesse im Erdinneren triggert, und schon zu 1976 haben Abdurakhmanov und Mitautoren detailliert auch über mögliche Zusammenhänge zwischen Vulkanismus und Sonnenaktivität berichtet.

Diese Ergebnisse wurden in der Folgezeit zahlreich bestätigt, siehe beispielsweise Khain und Khalilov, so dass unter anderem John Casey, der Direktor des führenden und unabhängigen Space and Science Research Center (SSRC) der USA, nach einer einschlägigen Studie im Jahr 2010 einen folgenschweren Satz formulierte: "Not only is the Sun the primary driver for climate change, but it may even be a significant influence in tectonic plate movement resulting in cycles of increased intensity of geological events such as earthquakes and volcanoes." (Freie Übersetzung des Autors: Nicht nur, dass die Sonne der primäre Motor des Klimawandels ist. Vielmehr hat sie auch einen

signifikanten Einfluss auf die tektonische Plattenbewegung, was Zyklen erhöhter Intensität geologischer Ereignisse wie Erdbeben und Vulkanausbrüche zur Folge hat.)

#### **Datenbasis**

Den älteren Arbeiten standen natürlich noch nicht die verlässlichen Daten zur Verfügung, über die die moderne Sonnenphysik unter anderem anhand von vernetzten erdgebundenen und satellitengestützten Messsystemen heute verfügt, die teilweise zudem zeitnahe im Internet zugänglich sind.

Bei den eigenen Untersuchungen verwendet der Autor unter anderem die im Internet verfügbaren Daten folgender Einrichtungen:

- \* U.S. Geological Survey (USGS), Lists of Latest Earthquakes in the World (earthquake.usgs.gov)
- \* Oulu Cosmic Ray Station (auch als NM = Neutron Monitor bezeichnet), University of Oulu, Sodankylä Geophysical Observatory (cosmicrays.oulu.fi)
- \* National Aeronautics and Space Administration (NASA), The Sunspot Cycle (solarscience.msfc.nasa.gov)
- \* National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Current Solar Data (www.n3kl.org)
- \* Solarflares-Archiv von www.spaceweather.com

Der vorliegende Beitrag des Autors zielt darauf, die Diskussion der zeitlichen Korrelation irdischer Großbeben mit solaren Eruptionen auf der Grundlage obiger Datenbanken fortzusetzen - siehe Langer (1) - und dabei kosmisch ausgelöste magneto-thermische und/oder radio-thermische Effekte im Erdkörper in Betracht zu ziehen.

#### Noch einmal "Fukushima"

Das Erdbeben der extremen Stärke M = 9.0 ereignete sich nach USGS am 11.

März 2011 um 5:46:24 Uhr MEZ (also 14:46:24 Uhr Ortszeit bzw. 5:46:24 Uhr UTC). Das Epizentrum befand sich am geographischen Koordinatenpunkt Breite 38.322 /Länge 142.369 in Grad, gegenüber der Präfektur Miyagi in 29 km Tiefe unter dem Nordpazifischen Ozean. Der dadurch ausgelöste Tsunami soll an der japanischen Küste lokal Wellenamplituden von 8 bis 38 m erreicht haben. Nach Angaben des Betreibers wurden am Standort des Kernkraftwerkes Fukushima I 15 Meter registriert.

In diesem Gebiet stoßen vier Erdplatten aufeinander, Bild 1, so dass hier die Erdbebenhäufigkeit besonders hoch ist, wie die 30-Tage-Erdbebenkarte eines beliebig ausgewählten Zeitraumes in Bild 2 zeigt. Aufgrund der Plattendriften (Richtung und Stärke siehe anhand der Pfeile in Bild 3) entfaltet sich hier eine langgestreckte Subduktionszone, in deren Mittelbereich, also gegenüber der japanischen Hauptinsel Honshu, der Herd des Extrembebens vom 11. März 2011 lokalisiert worden ist.

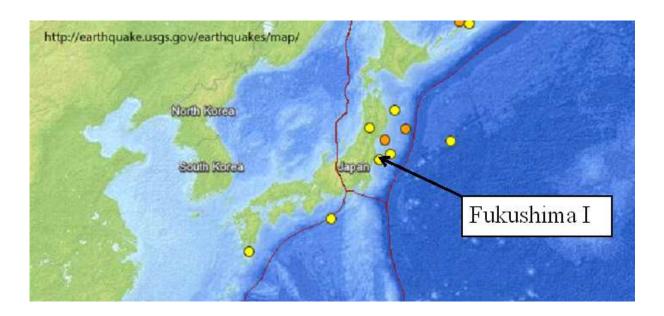


Bild 1: Im Bereich der japanischen Inseln stoßen vier Erdplatten aneinander.

# Recent Earthquakes - Last 8-30 Days

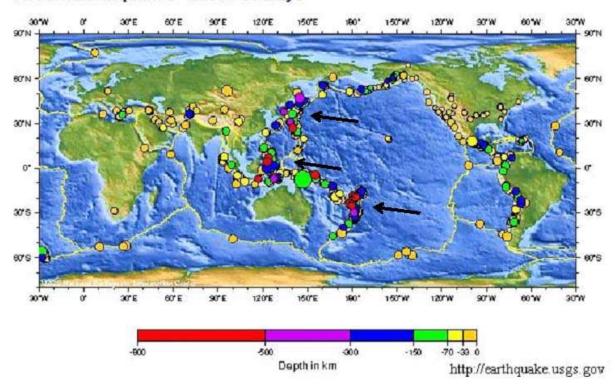


Bild 2: Im Bereich der Lithosphären-Platten gibt es drei seismisch/vulkanisch besonders aktive Bereiche (Pfeile). Japan gehört dazu.

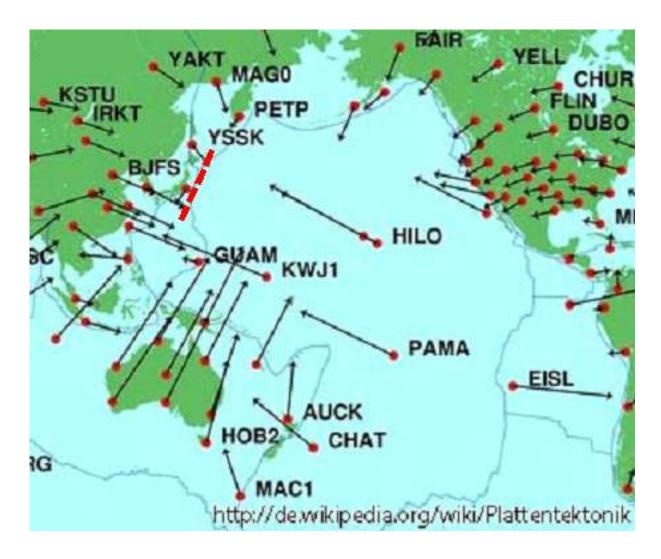


Bild 3: Mit Hilfe von Pfeilen werden Richtung und Geschwindigkeit der Plattendriften angezeigt. Im Bereich von Japan zeigen die Pfeile aufeinander, und man erkennt die Subduktionszone (in etwa gestrichelte Linie).

Etwas überraschend weist die USGS-Statistik zur Position "NEAR THE EAST COAST OF HONSHU, JAPAN" für den Zeitraum 31.12.2010 bis einschließlich 11. März 2011 eigentlich eine klare Vorwarnung aus. Nach immer kürzeren Zeitabschnitten ereigneten sich zunächst mittelstarke Beben mit M=4,3 bis 5,5, um dann mit einer Serie von Starkbeben - immerhin beginnend mit M=7,2 am 9. März 2011 - ein Vorzeichen für die verheerende Naturkatastrophe des 11. März 2011 zu setzen, siehe Bild 4.

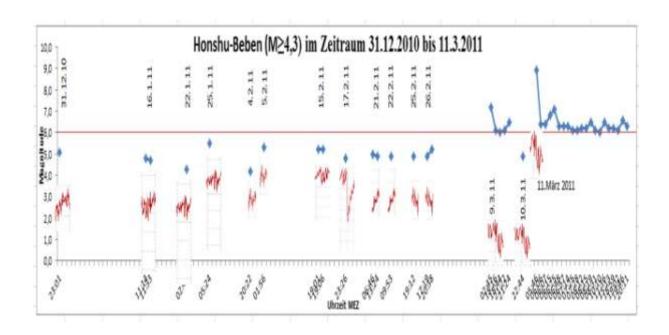
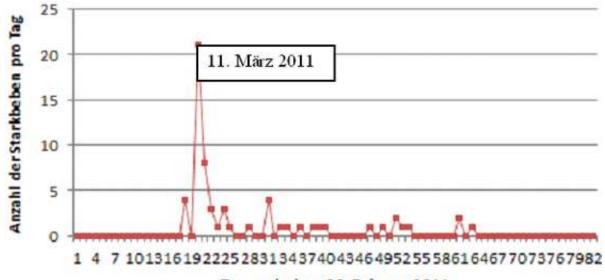


Bild 4: Das Extrembeben vom 11. März 2011 ist wochenlang durch eine Serie von Erdbeben angekündigt worden, die in immer kürzeren Zeitabständen immer heftiger wurden. (Die roten Auszüge der NM-Kurven gemäß cosmicrays.oulu.fi deuten zudem die Zuständigkeit der Sonne an: Die seismischen Vorgänge fanden stets kurz vor bzw. während eines kleinen bzw. größeren Forbush-Ereignisses statt, siehe unten.)

20 starke Nachbeben ( $M \ge 6.0$ ) haben am gleichen Tag nach dem 9er Beben diese Region erschüttert, siehe Bild 4, rechts außen. Zudem fanden allein am 11. März 2011, also zwischen 5:46:24 und 24:00:00 Uhr MEZ noch 111 Nachbeben der Stärken M = 4.6 bis 5.9 statt. Die Häufigkeit und Magnitude der Großbeben mit  $M \ge 6,0$  ließ in den Folgetagen gemäß Bild 5 nach. Man sieht in diesem Bild auch die zeitliche Zuordnung zum Verlauf der NM-Kurve: Sämtliche Starkbeben im zeitlichen Umfeld des Extrembebens (und natürlich dieses selbst) fanden während bzw. in der ersten Hälfte zweier Forbush-Ereignisse statt, und zwar vom kleinen (ca. 2%) und vom mittleren Typ (ca. 5%).

#### Honshu-Starkbeben (M≥6.0) im Zeitraum 20.2. bis 12.5.2011





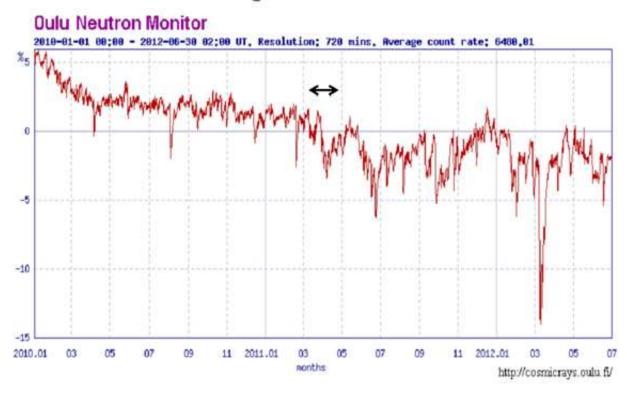
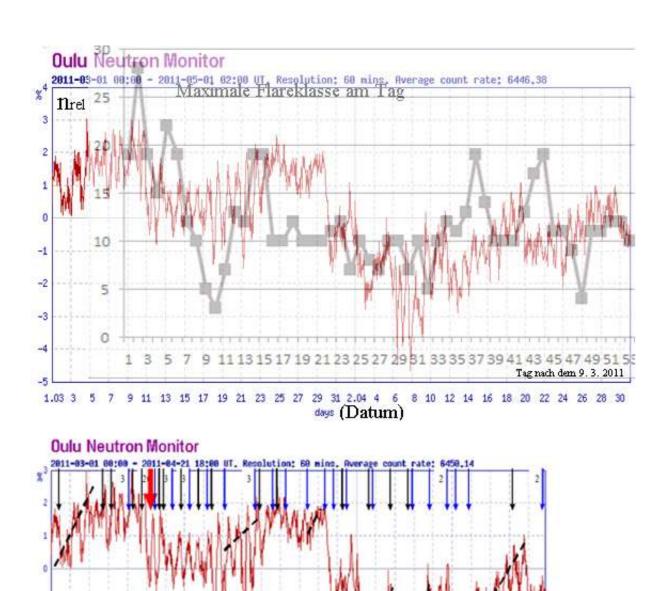


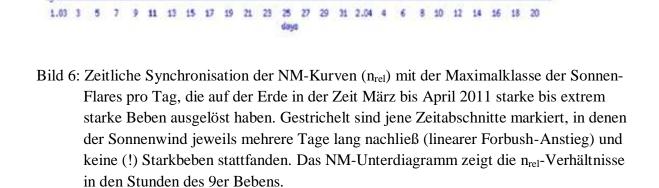
Bild 5: Das Auf- und Abklingen der seismischen Aktivitäten im Umfeld des 9er-Bebens vom 11. März 2011 spielte sich im Wesentlichen während zweier eher unauffälliger Forbush-Minima ab. Dies geschah allerdings in einer Phase intensiver Aktivitätssteigerung der Sonne, siehe auch Bild 10.

#### Indizien der solar-terrestrischen seismisch/vulkanischen Korrelation

Noch deutlicher als aus Bild 5 gehen die Korrelations-Indizien aus Bild 6

hervor. Hier wird die zeitliche Beziehung zwischen solaren Flares, Forbush-Minima und Stark- bzw. Extrembeben ( $M \ge 6.0$ ) veranschaulicht. Während der fraglichen Zeit waren übrigens nach www.spaceweather.com die Sonnenflecken zwischen den Nummern 1166 bis 1193 mehr oder weniger auffällig. In die NM-Kurven wurden einerseits die jeweils stärksten Flares pro Tag eingetragen (graue Kurve), wonach im betrachteten Zeitabschnitt Klassen - siehe Bild 12 zwischen B3 und X1 auftraten. Also handelte es sich um eine relativ aktive Phase. Andererseits zeigen blaue Pfeile den Zeitpunkt der jeweiligen Starkbeben. Das Extrembeben markiert der fette rote Pfeil. Die Korrelation ist beeindruckend! Deutlich erweisen sich die X1(vom 10.3.11)- bzw. M4(vom 13.3.11)-Flares als Auslöser eines Forbush-Minimums, vor bzw. während dem zahlreiche Beben, einschließlich des Extrembebens, stattfanden. Ein kleines Forbush-Minimum (und mehrere Starkbeben) hatten offenbar die beiden M1-Flares am 23. und 24.3.11 zur Folge. Der Forbush-Effekt und die seismische Aktivität weiteten sich dann dramatisch aus, und man sieht auf der rechten Seite, dass sich dieses "Spiel" mit weiteren M1-Flares fortsetzte. Eine detaillierte Analyse offenbart zudem interessante Beziehungen zwischen schwächeren Flares auf der Sonne und weiteren kleinen Forbush-Minima (innerhalb der größeren), die stets mit mächtigen Erdbeben gekoppelt waren.





Die regionale Verteilung der ersten ca. 150 starken Nachbeben geht aus Bild 7 hervor. Demnach befanden sich diese Bebenherde - wie das Hauptbeben -

mehrheitlich im Bereich der kontinentalen Lithosphären-Platte.

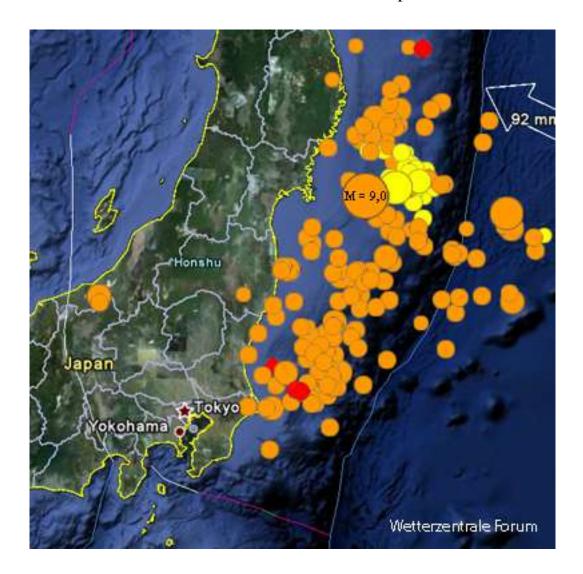


Bild 7: Die Masse der stärkeren Nachbeben konzentrierte sich am Rand der Kontinentalplatte, auf der Honshu liegt und die von der ozeanischen Platte subduziert wird. Diesen Eindruck vermittelt auch sehr schön das unterseeische Bodenrelief.

In Bild 8 wird die Bebenhäufigkeit aller weltweit registrierten Beben mit  $M \geq 2.5$  der im gleichen Zeitraum beobachteten Kosmischen Strahlung (KS, gemessen mit dem NM als relativer Sekundärneutronen-Fluss  $n_{rel}$  am Erdboden) gegenüber gestellt. Hier fällt wieder - wie in beliebigen anderen Zeiträumen, z.B. Langer (1), (2) - die enge Korrelation der Bebenhäufigkeit mit dem Forbush-Effekt auf, woraus ja so zwingend der bestimmende Einfluss der Sonne auf die terrestrischen Bebenereignisse hervor geht: Die meisten Erdbeben konzentrieren sich zeitlich unmittelbar <u>vor</u> bzw. im Anfangsbereich der relativen Forbush-Minima der KS, um dann im Verlauf des Minimums abzuklingen!

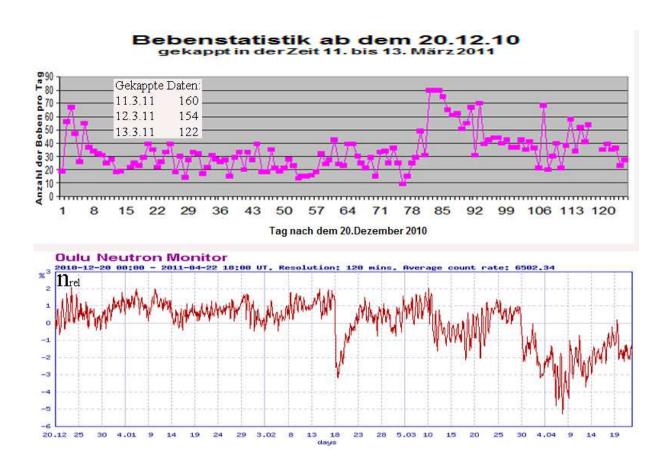


Bild 8: Die globale zeitliche Bebenstatistik orientierte sich auch in der Zeit vom 20. 12. 2010 bis 24. 4. 2011ganz klar unmittelbar am Forbush-Geschehen, das von der Sonnenaktivität gesteuert wird. Aus Darstellungsgründen wurde die Statistik-Kurve gekappt.

Bei höherer zeitlicher Auflösung wird deutlich, dass sich diese Charakteristik gerade der Starkbeben zudem eher an die kleineren Forbush-Minima anlehnt, die sich außerhalb bzw. öfters innerhalb der großen Forbush-Senken abspielen. Im Bild 9, das im Zeitabschnitt 1. März bis 22. April 2011 die weltweiten Starkbeben ( $M \geq 6,0$ ) mit Pfeilen der KS zuordnet, wird es deutlich, dass es sich vor allem um die Korrelation mit diesen eher unauffälligen Forbush-Ereignissen handelt. Die ca. 40 Starkbeben mit dem Extrembeben vom 11.3.11 liegen zwar sämtlich unmittelbar vor dem bzw. innerhalb vom ausgeprägten Forbush-Minimum, das die Sonne in der Zeit 10. bis 23. März verursachte, doch signalisieren vor allem die übrigen Starkbeben in den Bildern die enge Korrelation mit eben diesen überlagerten, schwächeren KS-Minima. In Bild 9 sind die Forbush-Abfallphasen mit Linien markiert, und man erkennt, dass die

Starkbeben kurz vor oder zu Beginn dieser Zeiten stattfinden. Ganz besonders unterstrichen wird diese Korrelations-Beobachtung jedoch auch umgekehrt durch die Tatsache, dass gerade in den KS-Anstiegsphasen, die in Bild 6 gestrichelt gekennzeichnet sind, praktisch keine Großbeben vorkommen.

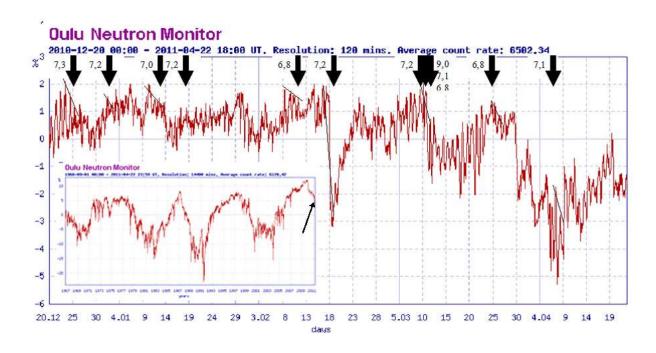


Bild 9: Diese Darstellung weist vor allem auf die Bedeutung der kleinen Forbush-Minima bezüglich des Auftretens von Stark- und Extrem-Beben (Magnitude an den Pfeilen) hin. Der Pfeil im Unterdiagramm zeigt den ausgewählten Zeitabschnitt im n<sub>rel</sub>-Verlauf der langjährigen NM-Messung. Man beachte den ungewöhnlich hohen KS-Gipfel vom letzten Sonnenzyklus, an dessen abfallender Flanke die hier diskutierten seismischen Ereignisse stattfanden. Möglicherweise hängen hiermit auch die epochalen Klima-Besonderheiten zusammen.

Es sei daher nochmals an den Mechanismus des Forbush-Effekts erinnert, Langer (2): Eine zeitweise aktive Phase der Sonne verstärkt das interplanetare Magnetfeld im erdnahen Bereich, das damit die KS stärker abschirmt. Es entwickelt sich ein relatives KS-Minimum oder man beobachtet einen Knick im KS-Verlauf. Nimmt die solare Aktivität wieder ab, so steigt die KS erneut an. Mit anderen Worten, jede (!) Störung im kontinuierlichen KS-Anstieg ist Ausdruck einer erhöhten Sonnenaktivität. Man kann es auch so sagen: Die kosmische Strahlung müsste bis zu einem Maximalwert beständig und im Wesentlichen linear ansteigen, wenn die aktiven Prozesse auf der Sonne allmählich gänzlich zur Ruhe kommen würden. Da dieser Fall jedoch nicht wirklich eintritt, stellt man ein ständiges Auf und Ab der KS fest, woran das seismische Geschehen und der Vulkanismus auf der Erde unmittelbar gekoppelt

sind.

Anzumerken ist, dass das Space and Science Research Center (SSRC) der Vereinigten Staaten von Amerika bei der Veröffentlichung der Ergebnisse seiner oben genannten, umfänglichen Studie über einen Zusammenhang zwischen folgenschweren terrestrischen Vorkommnissen, einschließlich Erdbeben und Vulkanausbrüchen, einerseits und der Sonnenaktivität andererseits keine plausible Erklärung abgab. Es erhebt sich also nach wie vor die Frage, was da eigentlich physikalisch abläuft.

Ein Maß der Sonnenaktivität ist herkömmlich die Anzahl der Sonnenflecken. In Bild 10 ist deren aktueller Stand dem KS-Diagramm im gleichen Zeitabschnitt gegenüber gestellt. Man erkennt den groben Forbush-Effekt (11-Jahres-Zyklus) seit Anfang 2010, vergleiche auch das Unterdiagramm in Bild 9. Zudem fällt auf, siehe Pfeil, dass das japanische 9er Beben auf einen Übergangszeitpunkt von verharrender zu sinkender Fleckentätigkeit fiel. Auf jeden Fall ist die Sonne in diesen Zyklusanstiegen, die in sich hin und her schwanken, am aktivsten. Insofern ist zwar klar, dass die Physik der irdischen seismischen/vulkanischen Phänomene irgendwie mit den Vorgängen zusammen hängt, die auf der Sonne die Fleckentätigkeit mit ihren Flares, Protuberanzen und Materieströmen in Richtung Erde bestimmen, doch scheint dies sehr komplex zu sein. Auch wären die Sonnenwinde der Koronalen Löcher (Coronal Holes) zu beachten. Es bleibt jedenfalls der eigentliche Trigger-Mechanismus vorerst unbekannt, der im Erdkörper zur oben postulierten lokalen Temperaturerhöhung (bzw. sonstigen Energiezuführung) führen könnte.

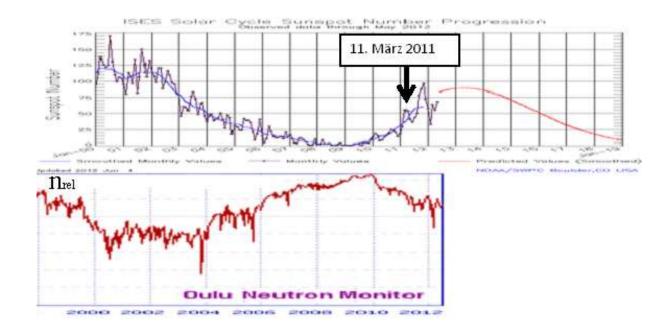


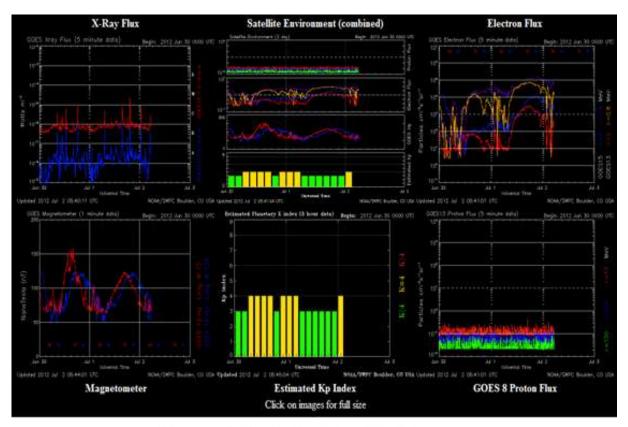
Bild 10: In der Mitte vom aufsteigenden Zyklusast ist die Sonne stets am aktivsten, was in der Anzahl der Sonnenflecken (Sonspot Numbers) sowie deren Flares-Häufigkeit und -Intensität besonders zu Ausdruck kommt. Dem ordnet sich das Forbush-Geschenen, gemessen anhand der n<sub>rel</sub>-Kurve am Neutronen-Monitor, unter.

Die Sonnen-Beobachtungen der älteren Vergangenheit haben jedenfalls keinen sonderlich brauchbaren Hinweis bezüglich des physikalischen Mechanismus gebracht. Sie wurden jedoch durch die Satelliten-Messungen inzwischen verbessert und durch weitere Messgrößen wesentlich erweitert, so dass die Prozesse in und auf der Sonne quantitativ immer besser verstanden werden. Auf jeden Fall lohnt es sich, die solaren Materie- und Feldströme in Richtung auf die Erde näher zu betrachten. Das NOAA-Angebot\_im Internet kombiniert mehrere solare Messdaten von Satelliten- und Bodenstationen, siehe eine aktuelle Muster-Graphik in Bild 11, die man auf jeden Fall im Auge behalten muss. Dargestellt sind folgende Feldgrößen, die - außer dem berechneten Kp-Index (berechnet aus 1 min-Daten vieler Bodenstationen), in dem die Schwankungen des Erdmagnetfeldes zum Ausdruck kommen - auf GOES-Satelliten als Kurzzeit-Mittelwerte registriert werden :

<sup>\*</sup> Röntgen-Strahlung an einer Satellitenposition in zwei Energiebereichen (Wellenlängen-Banden 1-8 Angström/0.1-0.8 nm und 0.5-4.0 Angström/0.05-0.4 nm)

<sup>\*</sup> Elektronenstrahlung an zwei Satellitenpositionen in zwei Energiebereichen

- \* Feldstärke des erdnahen interplanetaren Magnetfeldes an zwei Satellitenpositionen
- \* Protonenstrahlung an einer Satellitenposition in drei Energiebereichen



Current Solar Data (from NOAA) Solar X-rays: status Geomagnetic Field: kpstatus

Bild 11: Beispiel eines NOOA-Datenblockes, wie er täglich im Internet zur Verfügung steht. Besonders zeitnah (Lichtgeschwindigkeit!) - und daher aussagekräftig - ist die auf Satelliten registrierte Röntgenstrahlung.

Sehr interessant wäre übrigens auch eine kontinuierliche Verfügbarkeit von Messungen des solaren Neutrinoflusses, der zwar schon seit 1960 (Ray Davis) auf der Erde registriert wird, doch wegen des geringen Wirkungsquerschnittes von Neutrino-Wechselwirkungen noch immer enorme technische Nachweisprobleme bereitet. Sonnen-Neutrinos könnten nämlich grundsätzlich über Kernreaktionen im Erdkörper zu lokalen Temperaturerhöhungen und damit seismischen Effekten führen, siehe Langer (1), doch fehlt auch dafür bisher jeglicher Beobachtungshinweis.

Somit hat man sich mit den sogenannten geoeffektiven Koronalen Massenauswürfen bei solaren Flares im Bereich von Sonnenflecken oder aus Koronalen Löchern der Sonne zu beschäftigen, die ja durch die obigen Solarparameter erfasst werden. Dazu sollen nachfolgend die NOOA- und Spaceweather-Daten ausgewertet werden, die um den 11. März 2011 herum zur Verfügung standen. Zuvor bedarf es jedoch noch einer Bemerkung zur Klassifizierung der Flares, die anhand der Leistung der oben genannten Röntgenstrahlung (X-Radiation) im logarithmischen Maßstab nach Zehnerpotenzen in je 9 Stufen erfolgt, siehe Bild 12.

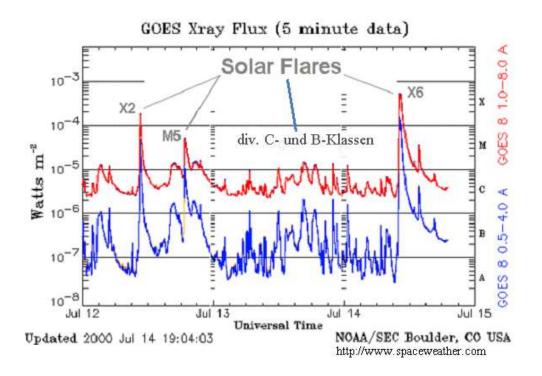


Bild 12: Muster zur Klassifizierung des solaren Röntgen-Strahlungsflusses (Xray Flux) nach NOOA: Die Zahl hinter der Flare-Klasse (B, C, M, X, Topflare) gibt die vom Spitzenwert erreichten Skalenteile im logarithmischen Maßstab an. Die Röntgenstrahlen-Intensität der seltenen Topflares übersteigt definitionsgemäß in beliebiger Höhe sämtliche Flare-Klassifizierungsgrenzen von B bis X.

Eine im gegebenen Kontext bedeutsame Daten-Zusammenstellung nach NOOA und Spaceweather zeigt Bild 13. Es wurde in der Zeit 11. bis 13. März 2011 ein abklingendes X1-Ereignis mit ausgeprägten Protonen-, Elektronen- und H-Feld-Spitzen am 11. 3. 11 registriert, während der Fleck Nr. 1166 die Sonnenscheibe teilweise passierte (Gesamtpassage-Dauer ca. 13 Tage).

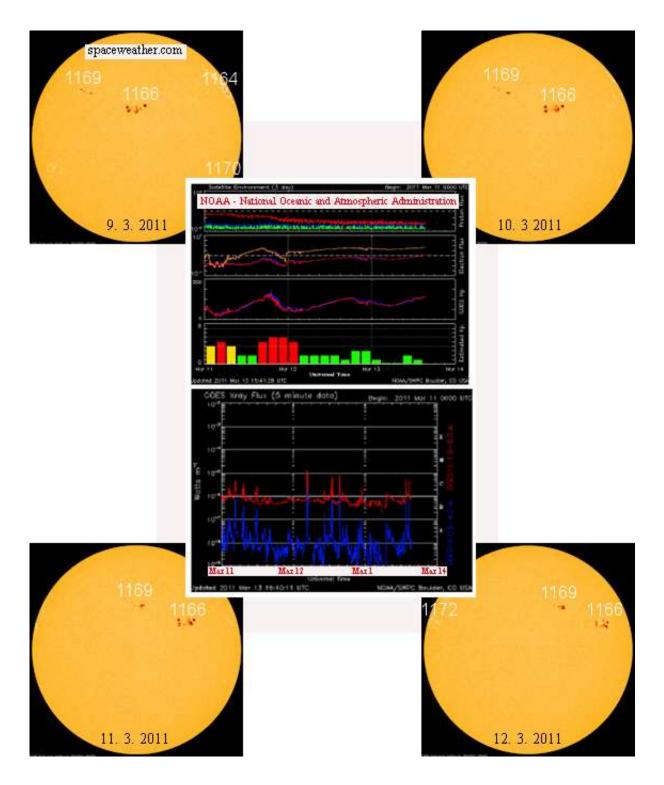


Bild 13: Nicht jeder Sonnenfleck ist so aktiv, dass er in den schwankenden NOOA-Kurven sonderlich auffällt. Allerdings erwies sich Nr. 1166 geradezu als schicksalhaft für das Siedlungsverhalten der Menschheit, denn seine Flares (bzw. deren Ursachen) haben das Katastrophen-Beben (M = 9,0) vor Honshu verursacht und damit das Fukushima-Syndrom in die Welt gesetzt.

Spaceweather.com (benutzt Daten von NOOA!) machte für die C- und M-Flares in obigem NOOA-Röntgendiagramm diesen Sonnenfleck Nr. 1166

verantwortlich. Er war gemäß Tabelle 1 in seiner Passagezeit vom 3. bis 15. 3. 2011 tatsächlich ungewöhnlich aktiv und hatte am 10. März 2011 (nicht im Bild 10), dem Tag vor (!) der Fukushima-Katastrophe, einen X1-Höhepunkt . Allerdings befand sich die Erde zwischen dem 2. und 15. 3. 2011 kontinuierlich auch im Einflussbereich der Sonnenwindbeiträge von Koronalen Löchern. Außerdem passierten die sichtbare Sonnenscheibe noch weitere Sonnenflecken. Auf jeden Fall korreliert das ausgeprägte Forbush-Minimum vom 5. Bis 21. 3. 2011 in Bild 6 mit den solaren Messdaten.

Tabelle 1: Das japanische Extrembeben fand in einer Phase besonders intensiver Flares statt. Zudem war die Anzahl der Sonnenflecken an den Tagen der auslösenden Flares (5. bis 10.3.11, insbesondere am 10.März mit dem X1-Flare) sehr hoch, vergleiche auch Bild 10, doch ist eine große Flare-Klassenhöhe gemäß der Tabelle nicht immer an viele Sonnenflecken gebunden. Es kommt also auf die Flares selbst bzw. deren Ursachen an!

Datum	Maximale Klasse eines neuen Flare pro Tag	Sonnenfleck-Anzahl pro Tag
2.3.2011	C1	72
3.3.2011	C5	83
4.3.2011	C2	71
5.3.2011	C2	104
6.3.2011	C8	114
7.3.2011	M3	118
8.3.2011	M5	122
9.3.2011	M1	137
10.3.2011	X1	132
11.3.2011	C5	88
12.3.2011	M1	105
13.3.2011	C6	78
14.3.2011	M4	64
15.3.2011	M1	51
16.3.2011	C3	47
17.3.2011	C1	50

Ignoriert man den möglichen Einfluss der Koronalen Löcher, indem man aus Verlaufsgründen entsprechend Tabelle 1 und Bild 16 davon ausgeht, dass nur die Sonnenfleck-Aktivität für das 9er Beben zuständig ist, so kommen spezielle solare Emissionen etwa ab dem 4. März oder im engeren Sinne ab dem 10. März 2011 als eigentlich ursächlich in die engere Wahl.

An dieser Stelle lohnt sich zunächst noch ein Blick auf die entsprechenden Verhältnisse im zeitlichen Umfeld des 9,1er Bebens im Indischen Ozean vom 26. Dezember 2004, 00:58 Uhr UTC. Man stellt nämlich lediglich am 19.12.04 ein Flare der Klasse C1und am 23./24.12.2004 Flares der Klassen C4/C1 fest, die in den Tagen zuvor und danach - also auch am 26.12.04 - im Bereich der B-Klasse stagnierten. Zeitlich befand sich das Beben allerdings innerhalb des einen kleinen Forbush-Minimums bzw. vor dem folgenden, siehe Bild 14, das einen halben Tag später begann, alles freilich innerhalb eines mächtigen Flare-Geschehens mit der Folge eines großen Forbush-Effekts. Hier hat sich obendrein in der Sonne etwas zusammengebraut, was Wochen später sogar in einem Topflare gipfelte.

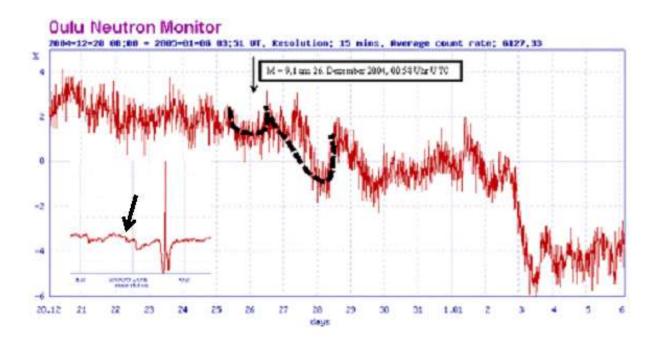


Bild 14: Das Beben vor Sumatra am 26. Dezember 2004 ereignete sich in Verbindung mit kleinen bzw. mittleren Forbush-Minima (um 2% bzw. 4%). Allerdings geschah dies während der Abfallphase eines großen Forbush-Effektes (ca. 20%) in der Zeit von Mitte Dezember 2004 bis Ende Januar 2005, der gemäß NM-Unterdiagramm sogar durch ein Topflare am 21. Januar 2005 überlagert worden ist.

Es erweist sich daher einmal mehr die Neutronen-Messung der KS als besonders hoch auflösend und hinweisgebend. Während des ausgedehnten KS-Abfalls (infolge des C1-Flares am 19.12.04, ausgelöst vom Sonnenfleck Nr. 713???) vom 20.12.04 bis zum 19.1.05 spielte sich gemäß Bild 14 das 9,1er Beben somit unmittelbar vor bzw. innerhalb von überlagerten, kleinen KS-Minima ab. Ähnliches trifft jedenfalls für das japanische 9er Beben vom 11. März 2011 zu, vergleiche die Bilder 5 und 6. Beispielhaft sind auch jene 21 Extrembeben im Zeitraum 22. 4. 1966 bis 12. 5. 2008, die sich gemäß de.wikipedia.org in China ereigneten. Sie alle fanden unmittelbar vor bzw. nach Beginn eines Forbush-

Minimums statt (siehe Ikons in Bild 15). Davon sind mindestens 15 Ereignisse im Zusammenhang mit kleinen Forbush-Minima festzustellen (davon andererseits nur 3 außerhalb großer Minima)! Das stärkste Beben mit M = 7,9 am 8. 11. 1997 wurde übrigens etwa 1,5 Tage nach einem Topflare registriert.

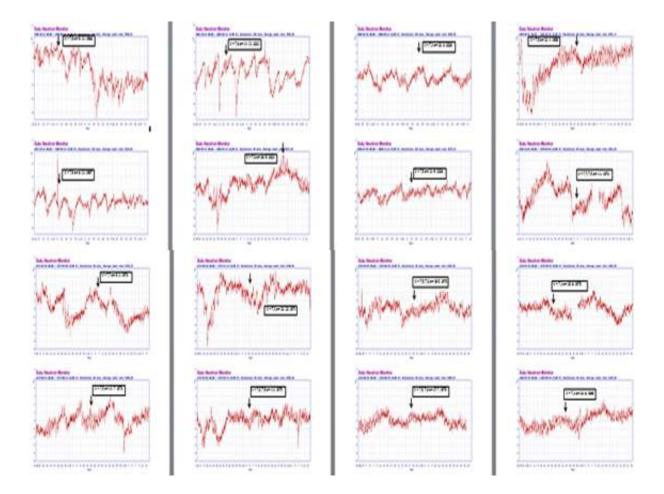


Bild 15: China erlebte im Zeitraum 22. 4. 1966 bis 12. 5. 2008 insgesamt 21 Extrembeben. Sie fanden sämtlich in Verbindung mit Forbush-Effekten statt. Nur dies sollen die zahlreichen NM-Ikons anhand der n<sub>rel</sub>-Kurvebverläufe vermitteln, wodurch die Schriftzüge natürlich nicht lesbar sind.

Man sollte also doch den kleinen Forbush-Minima zu Beginn bzw. im Verlauf größerer mehr Aufmerksamkeit schenken, wenn es um die Aufklärung des ursächlichen, die Erdbeben auslösende solare Ereignis geht. Zudem ist klar geworden, dass das Flare-Geschehen auf der Sonne - gemessen insbesondere anhand der emittierten Röntgenstrahlung - für die kleinen und großen Forbush-Ereignisse zuständig ist, siehe Bilder 6 und 16, mit denen die terrestrische Seismik gekoppelt ist. Ein gewisser Zusammenhang der Extrembeben mit Topflares in der dynamischen Sonne-Erde-Beziehung lässt die Komplexität erahnen. Grundsätzlich finden jedenfalls die energiereichen Beben nach den

Flares höherer Klassen statt.

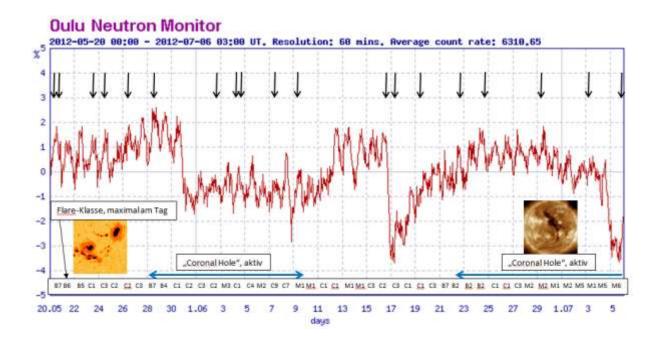


Bild 16: Diese Darstellung (in Verbindung mit Bild 6 und Tabelle 1) macht noch einmal deutlich die Korrelation von Starkbeben (Pfeile, hier in der aktuellen Zeit 20.5. bis 6.7.2012) mit der Forbush-Charakteristik, der stets eine durch Flares höherer Klassen geprägte Ära voraus geht bzw. die durch eine solche begleitet wird. Einen solchen Eindruck vermitteln die Passagen der Koronalen Löcher eher nicht, die trotzdem zum Sonnenwind beitragen.

Für eine noch detailliertere Betrachtung sind im Bild 17 die verschiedenen verfügbaren solaren Strahlungsintensitäten und terrestrischen Bebenereignisse mit  $M \geq 6,0$  in der Zeit zwischen dem 11. Juni und dem 11. Juli 2012 in kompakter Form einander gegenüber gestellt. Dazu mussten zahlreiche Kurzzeit-Diagramme, die von NOOA laufend veröffentlicht werden - unter unvermeidlichen Verlust von Bildschärfe - zu Langzeitdiagrammen zusammengestellt werden. Es wurden zur besseren Übersicht die korrelierten solaren Flares-Gruppen (bestimmt durch die Intensitätshöhe der Röntgenstrahlung) und terrestrischen Starkbeben markiert. Der zeitliche Abstand zwischen ihnen beträgt demnach jeweils ca. 20 bis 48 Stunden.

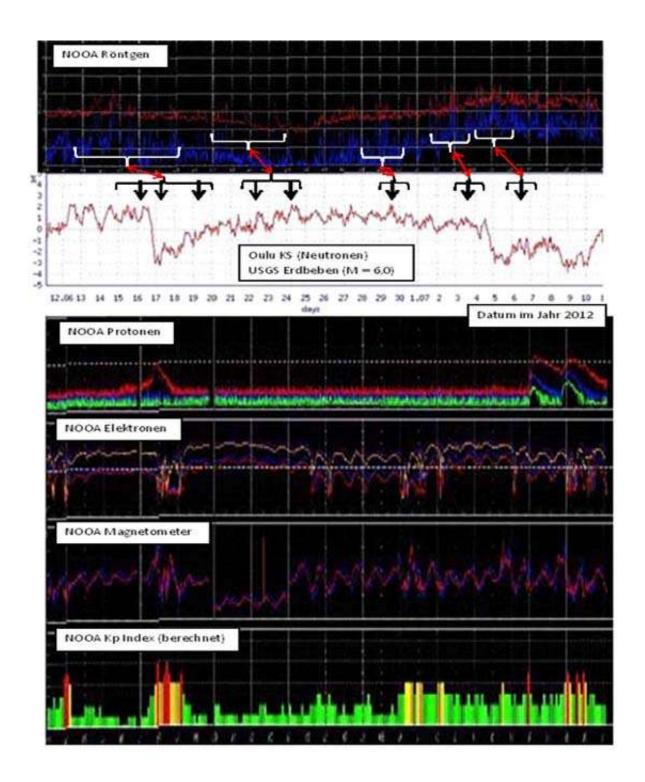


Bild 17: Solche kompakten Bilder enthalten eine Fülle von Informationen. Wesentlich im gegebenen Kontext sind die unübersehbaren Flare (Röntgen!)-Forbush-Starkbeben-Korrelationen und die zeitlichen Abstände der jeweiligen Daten (als Ausdruck der Ausbreitungsgeschwindigkeiten der von der Sonne emittierten Solarwind-Komponeneten).

Wie man sieht, ist zumindest teilweise im Zeitpunkt von X-Flares (Emission solarer Röntgen-Strahlung, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet) ein

beträchtliches Vorhersage-Potential für starke bis extreme Bebenereignisse auf der Erde enthalten. Alle anderen Strahlungsarten kommen zumindest in obigem Zeitabschnitt vom 12. 6. bis 11. 7. 2012 dafür weniger in Frage, weil sie offensichtlich bis zu zwei Tage später im Erdbereich eingetroffen sind. Das Einsetzen des Forbush-Effekts führt man bekanntlich hauptsächlich auf die zusätzliche Abschirmung der KS durch das zeitweise verstärkt auftretende solare Magnetfeld zurück!

Man kann sich somit schwerlich vorstellen, dass der Sonnenwind mit seinen Anteilen Magnetfeld, Protonen, Elektronen der eigentliche Auslöser der im Bild 17 eingetragenen Erdbeben sein soll, wenn er im erdnahen Raum erst Tage <u>nach</u> dem Beben eintrifft. Allerdings findet auch nicht nach jedem starken Flare ein Starkbeben statt. Dies wird zum Beispiel deutlich im Fall des markanten X1-Flares vom 12. 7. 2012, siehe Bild 18, vor dem die NASA übrigens unter solarstormwarning.com sogar eine Sonnensturmwarnung ausgab. (Diese Vorhersagen betreffen aber nicht etwa Erdbebenwarnungen!). Ein heftiger Protonenimpuls erreichte zwar den erdnahen Raum bereits etwa 5 Stunden nach dem Einsetzen der Flare-Emissionen, doch alle anderen Auswurfkomponenten benötigten die üblichen etwa zwei Tage, worauf dann auch ein heftiger Forbush-Einbruch der KS erfolgte. Ein zuordenbares Großbeben blieb jedoch aus. (Übrigens sind auch sonst keine nennenswerten Sonnenwind-Störungen bekannt geworden). Es sei freilich daran erinnert, dass die ausschließliche Beiziehung von Beben mit  $M \ge 6.0$  eine Einschränkung bedeutet. Es gibt nämlich klare Hinweise darauf, dass auch schwächere Erdbeben solar getriggert werden!

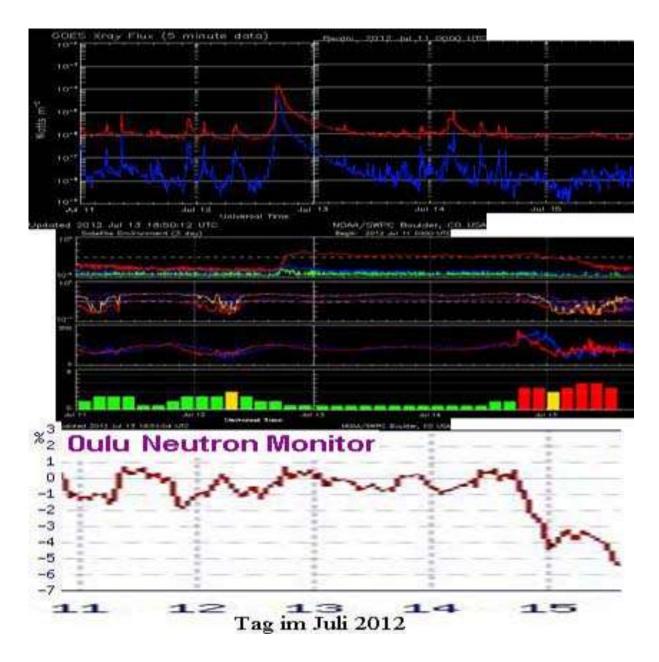


Bild 18: Trotz eines mächtigen X1-Flares am 12. Juli 2012 fand bis zum 15.7. (übrigens sogar bis zum 20.7.12) kein Starkbeben mit  $M \geq 6.0$  statt. Allerdings deuten die gemäß USGS mit M < 6.0 zahlreich genug stattgefundenen Beben an, dass natürlich auch diese zumindest überwiegend mit solaren Prozessen korreliert sind.

# Zusammenfassung

Die Energie- bzw. Massenauswürfe der Flare gelten nach Jakimiec als Ergebnis magneto-hydrodynamischer Plasma-Turbulenzen in Magnetfeld-Loops der Sonnen-Oberfläche. Damit ist natürlich zum solar-terrestrischen seismischen Triggermechanismus noch gar nichts ausgesagt. Die eigentliche Physik dieses Phänomens bleibt entweder vorerst noch weitgehend im Inneren der Sonne verborgen oder es finden sich doch noch Ansatzpunkte in den Emissionsdaten,

um die Ursachen für die Korrelation mit den Starkbeben und dem Vulkanismus auf der Erde zu erkennen.

Als solare Hauptemittenten kommen Sonnenflecken und Koronale Löcher in Betracht, wobei man letztere bezüglich der hier interessierenden Korrelation offenbar ausschließen kann, siehe Bild 16. Da der Zusammenhang zwischen Bebenhäufigkeit und großen Forbush-Minima gemäß Bild 8 (siehe auch Bilder 1 und 11 in Langer (1)) unbestreitbar ist, gilt andererseits der aktive Sonnenfleck grundsätzlich als das auffälligste Korrelationsindiz.

Somit sind folgende bedeutsame Feststellungen zu verwerten, wenn man tiefer in die Physik des Phänomens eindringen will:

- \* Nicht jeder aktive Sonnenfleck und nicht jedes heftige Flare verursachen terrestrische Starkbeben.
- \* Es gibt eine Tendenz, wonach Starkbeben eher mit kleinen Forbush-Minima gekoppelt sind, die unmittelbar vor bzw. innerhalb großer Forbush-Ereignisse stattfinden. (Hinweis: Der Forbush-Effekt wird in jedem Fall durch das solare Magnetfeld ausgelöst, dass sich nach Flares dem magnetischen Erdmagnetfeld überlagert und die KS reduziert.)
- \* Starkbeben häufen sich besonders, wenn die Sonne im 11jährigen Zyklus von der Ruhe- in die Aktivphase übergeht.
- \* Ein Zusammenhang mit den massiven NOOA-Strahlungskomponenten des Sonnenwindes, der von Flares ausgelöst wird, ist nicht zwingend.
- \* Die Daten der NOOA-Röntgenstrahlung sind dagegen wie die der NMR-Daten (Forbush-Geschehen!) - wertvolle Hinweisgeber für die seismo-solare Kopplung.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Sonne bestimmt, wann die Erde bebt oder Vulkane ausbrechen. Die Ursachen sind in bestimmten Aktivitätsphasen dieses Sternes zu suchen. Auf seiner Oberfläche wird das Kopplungsereignis im Spektrum der Röntgenstrahlung gewisser Sonnenflecken (mit Lichtgeschwindigkeit) in der

Regel im Voraus angezeigt, was mit Spezialsatteliten heutzutage kontinuierlich registriert wird. Das Netzwerk der erdgebundenen NM-Stationen (Messung der Sekundärneutronen der KS) zeichnet zudem - mit entsprechendem Zeitverzug - laufend die Forbus-Charakteristik auf, aus der ebenfalls Informationen über die solar-seismischen und solar-vulkanischen Zusammenhänge hervor gehen.

Über die genauen physikalischen Mechanismen, die auf der Sonne ablaufen und in jenen dramatischen terrestrischen Wirkungen münden - man spricht von der Dynamik des Systems Sonne-Erde - kann vorerst leider nur weiterhin spekuliert werden.

Eine <u>direkte</u> gravitativ-mechanische Kopplung wird zwar immer wieder diskutiert, doch zeichnen sich nach den frühen Arbeiten, z. B. Kalinin, in neuerer Zeit keine wirklich überzeugenden Erkenntnisfortschritte ab.

Also muss man auch Triggermechanismen annehmen, die die Vorgänge im Erdkörper <u>indirekt</u> in Gang setzten können. Als ein Ansatzpunkt bietet sich der oben postulierte thermo-seismische Effekt an, der zwar als rein irdische Erscheinung (lokalisiert am Bebenherd) stattfindet, jedoch durch solare Einflüsse ausgelöst wird. Beim Vulkanismus drängt sich die thermische Sichtweise ohnehin auf.

Grundsätzlich können Änderungen des erdnahen interplanetaren Magnetfeldes im Erdkörper elektrische Wirbelströme induzieren, die natürlich lokale Temperaturerhöhungen bewirken. Dieser Mechanismus wird nur insofern in Frage gestellt, als auch eindeutig solar getriggerte Starkbeben stattfinden, obgleich die Magnetfeldänderung bis zu zwei Tage verzögert im erdnahen Raum eintrifft. Fraglich ist somit auch die Diskussion um eine direkte magnetische Bebenauslösung bei solar induzierten Änderungen des Erdmagnetfeldes, siehe beispielsweise www.eterna.sl.

Man sollte daher nach weiteren, thermo-seismisch/vulkanisch relevanten Erklärungsmöglichkeiten Ausschau halten. Eine Option bleibt insbesondere die Arbeitshypothese des Autors, siehe Langer (1), vom radio-thermischen Effekt, wonach extrem schnelle Strahlungskomponenten von der Sonne im Bereich von potentiellen terrestrischen Bebenherden temporär radioaktive Prozesse auslösen. Dafür fehlen jedoch vorerst ebenfalls noch die geeigneten quantitativen Ansätze.

Es sind also die Fortschritte der Sonnenphysik - insbesondere die der Sonnenmesstechnik - abzuwarten bzw. die verfügbaren Erkenntnisse und Daten weiterhin problembezogen zu analysieren.

#### Literatur

Abdurahmanov, A. I., Firstov, L. P., Shirokov, V. A.:

Possible connection of volcanic eruptions with 11-year cyclicality of solar activity, in Bulletin of volcanic stations, Science, no. 52 (1976) p. 3-10

Ananyin, I. V., Fadeyev, A. O.:

About possible reasons of correlation between changes of seismic activity and average annual temperatures on Earth surface, Atlas of temporary variations of natural, antropogenic and social processes, vol.3, Yanus-K (2002) p.222-224

Berckhemer, H.:

Grundlagen der Geophysik, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1997)

Jakimiec, J.:

Turbulent energy release in solar flares, The 9th European Meeting on Solar Physics, 12. - 18. September 1999, Florence

Kalinin, Y. D.:

Solar conditionality of days duration change and seismic activity, Krasnoyarsk, Institute of Physics of Siberian Department of USSR Academy of Science (1974) p. 23

Khain, V. E., Khalilov, E. N.:

About possible influence of solar activity upon seismic and volcanic activities: Long-term forecast, Science without borders, Transactions of the International Academy of Science H & E, vol. 3, SWB, Innsbruck (2007/2008)

Langer, H.-D. (1):

Werden Erdbeben durch erhöhte Radioaktivität thermisch ausgelöst ?, in www.drhdl.de

Langer, H.-D. (2):

Das geophysikalische Standortproblem der Bäume, Teil 4: Gradientenwuchs der Bäume im Feld der Geoneutronen, in www.drhdl.de

### Reid, H. F.:

The Mechanics of the earthquake, The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Investigation Commission, vol. 2, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C. (1910)

### Simpson, I. F.:

Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes, Earth and Planet, Sci. Letter, vol. 3, no. 5 (1968) p. 417-425

## Tong, P., Zhao, D., Yang, D.:

Tomography of the 2011 Iwaki earthquake (M 7.0) and Fukushima nuclear power plant area, Solid Earth, vol. 3 (2012) p. 43-51

Hinweis: Sie befinden sich in der Homepage <u>www.drhdl.de</u> des Autors, in der Sie weitere Beiträge zu Thema finden.