

Kurzwellenausbreitung und SFI, K-Index, A-Index

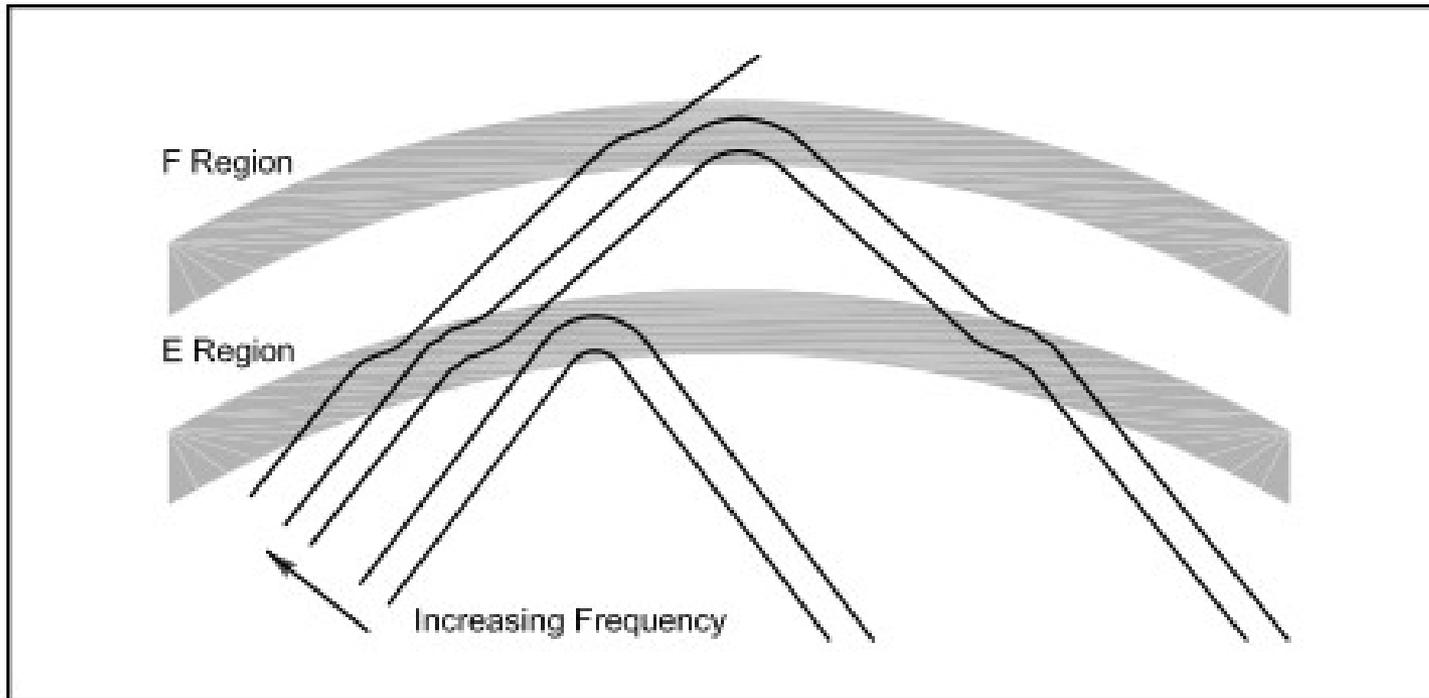


Kurzwellenausbreitung

- Die Ausbreitung der Kurzwellen hängt ab von
 - der Tageszeit (Tag, Nacht, Dämmerung)
 - der Jahreszeit (Frühling, Sommer, ...)
 - dem 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus
- Und doch: Vorgestern um 14:00 UTC war A35AX auf 15m recht gut zu hören, heute ist er um die selbe Zeit kaum wahrzunehmen.
Wie kann das sein: gleiche Tageszeit, gleiche Jahreszeit, gleicher Sonnenfleckenzyklus und trotzdem dieser Unterschied?
- Es muss sich *kurzfristig* etwas an den Ausbreitungsbedingungen geändert haben.

Wie breiten sich die Kurzwellen aus?

Sie werden an der Ionosphäre reflektiert und zur Erde zurückgeworfen.



Wie entstehen die Schichten der Ionosphäre?

- Elektromagnetische Strahlung (UV, Röntgen) der Sonne ionisiert verschiedene Gase in verschiedenen Höhen der Atmosphäre.
- Ionisierung heißt, dem Atom werden Elektronen aus seiner Hülle geklaut, es wird zum Ion.
- Die Ionen bilden die Schichten der Ionosphäre. Diese sind elektrisch leitend und können dadurch Kurzwellen reflektieren.
- Ionen rekombinieren zum Teil wieder, fangen also ihre verlorenen Elektronen wieder ein.
- Es entsteht ein Gleichgewicht zwischen Ionisierung und Rekombination.
 - Je stärker die Strahlung, desto stärker die Ionisierung.
 - Je dichter das Gas, desto höher die Rekombination.

Die Schichten der Ionosphäre

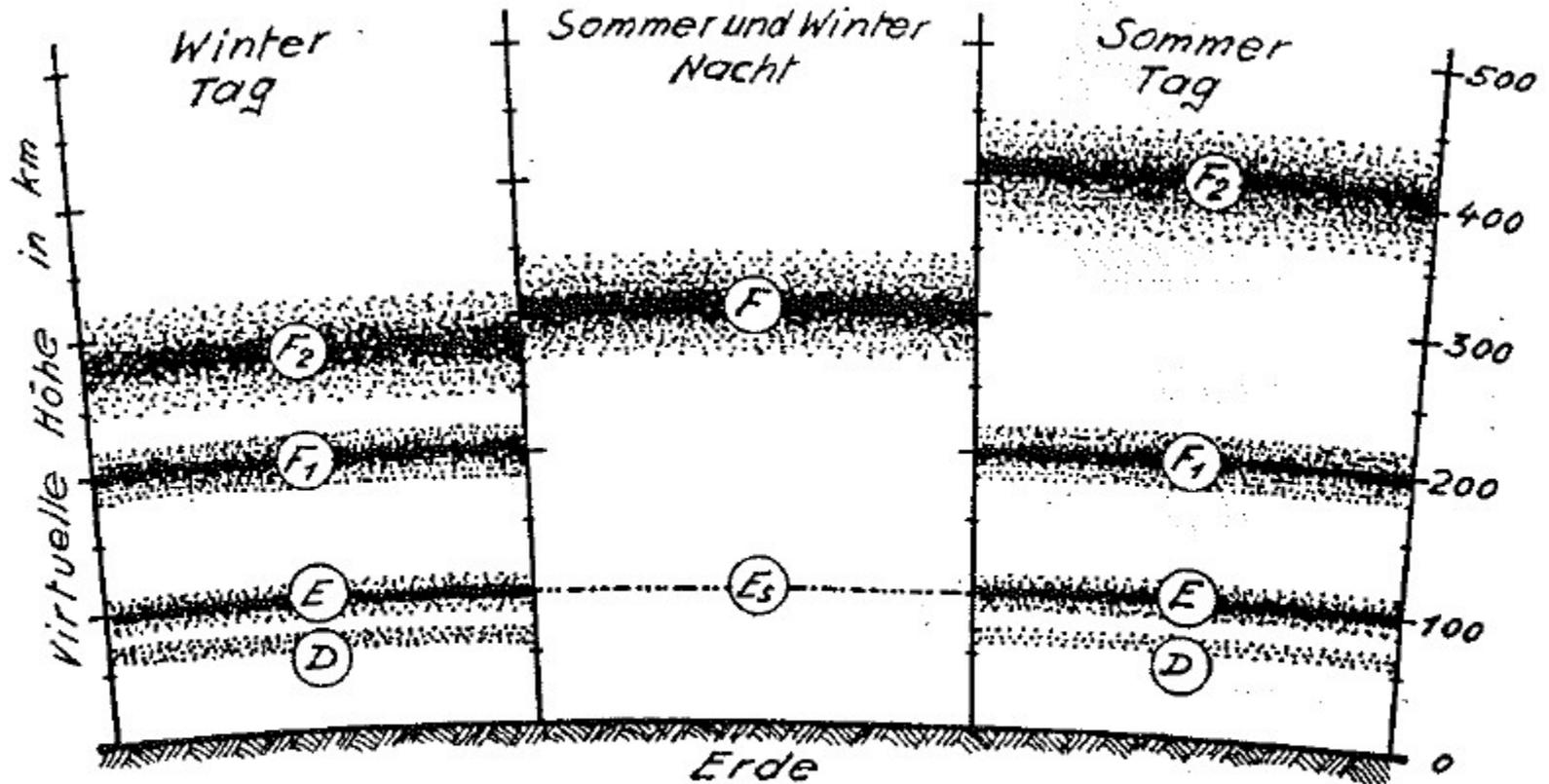
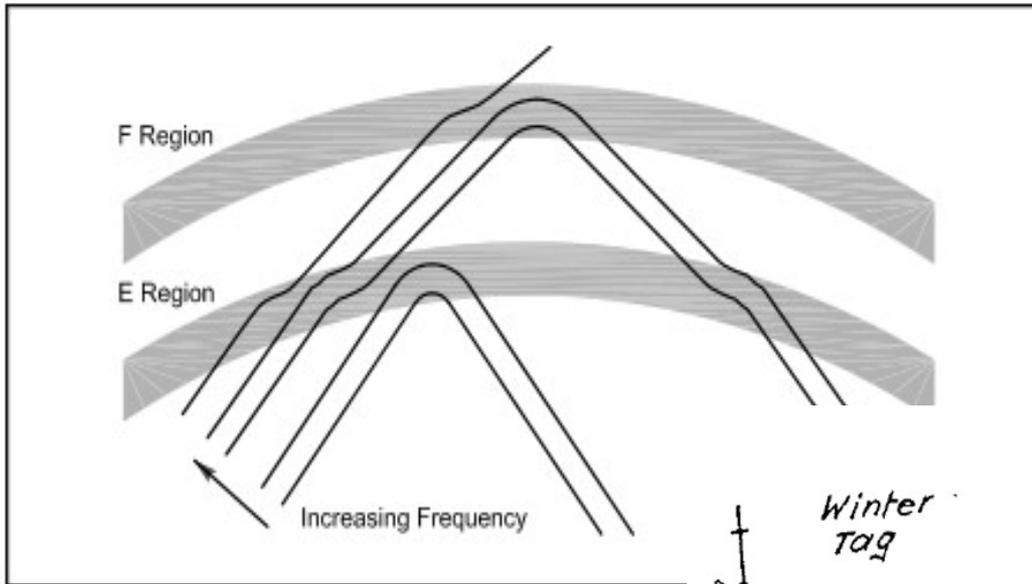


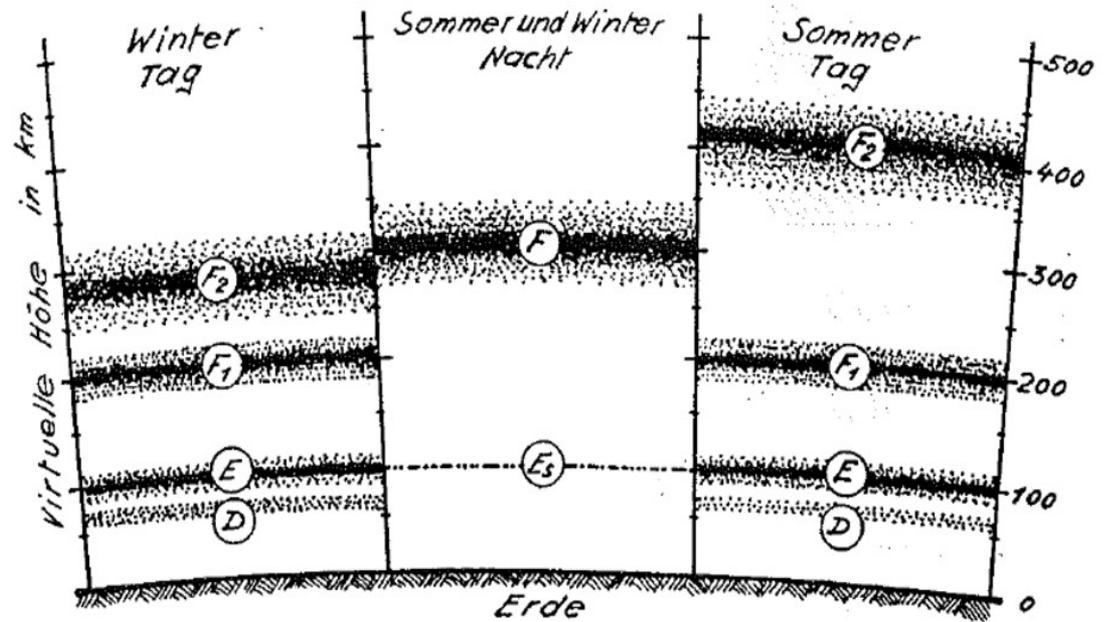
FIG. 12. Veränderungen im Aufbau der Ionosphäre mit der Tages- und Jahreszeit.

Die Ionosphäre im korrekten Maßstab



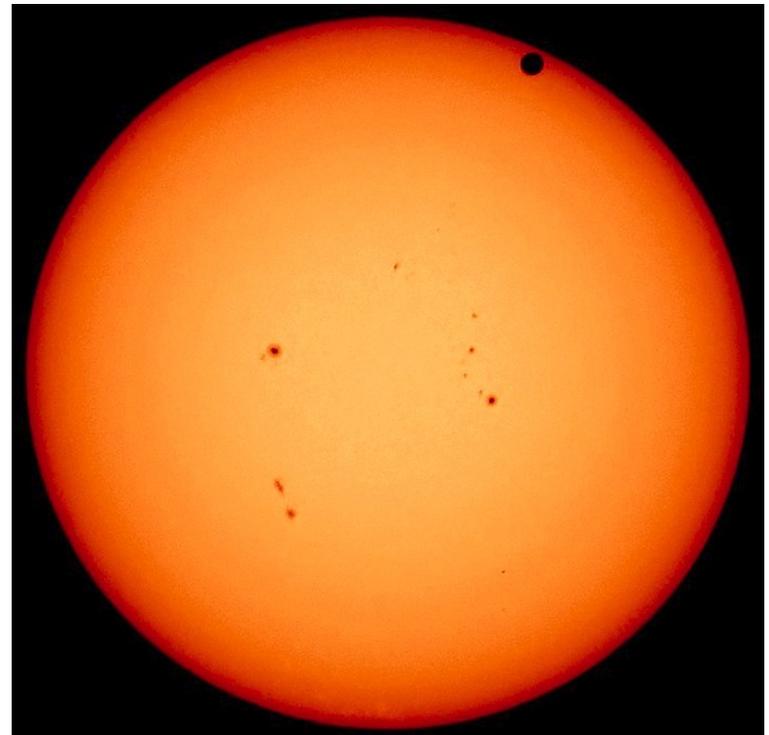
ziemlich daneben

relativ gut



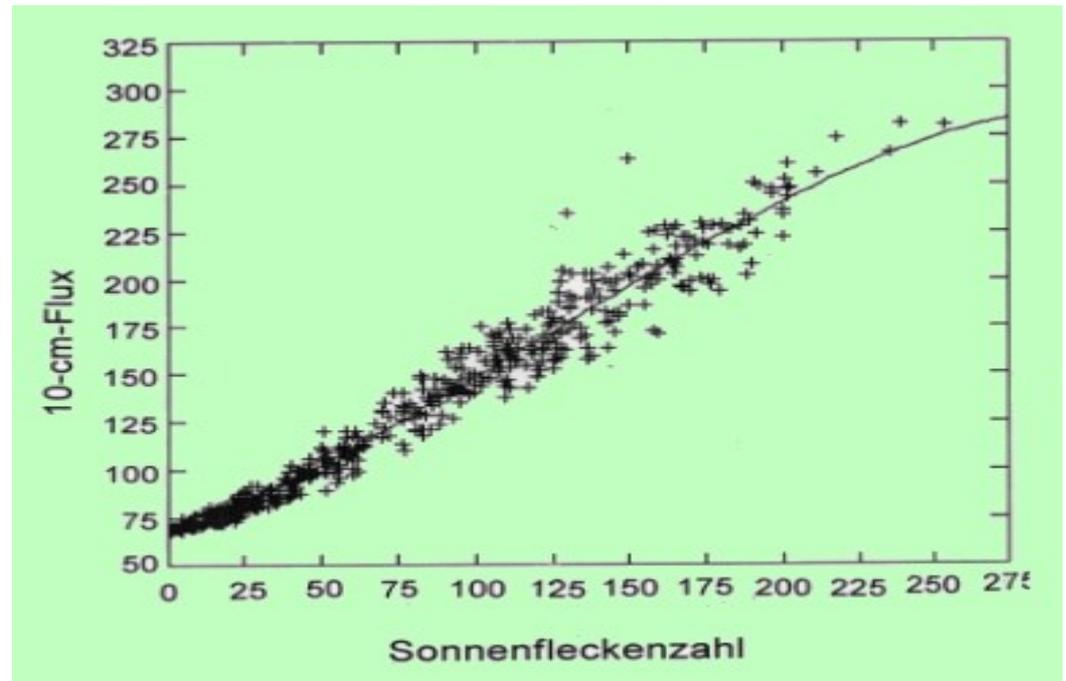
Ionosphäre und Anzahl der Sonnenflecken

- **Höhere Strahlung von der Sonne => höhere Ionisation => dichtere Ionosphäre => bessere Kurzwellenausbreitung.**
- Die Stärke der Strahlung von der Sonne hängt von der Anzahl der Sonnenflecken ab.
- Die Anzahl der Sonnenflecken variiert über Tage, da die Sonne einmal in rund 27 Tagen rotiert.
- Die Strahlung und damit die Dichte der Ionosphäre können sich also von Tag zu Tag ändern.



Der Zusammenhang zwischen Zahl der Sonnenflecken und 10,7cm-Strahlung

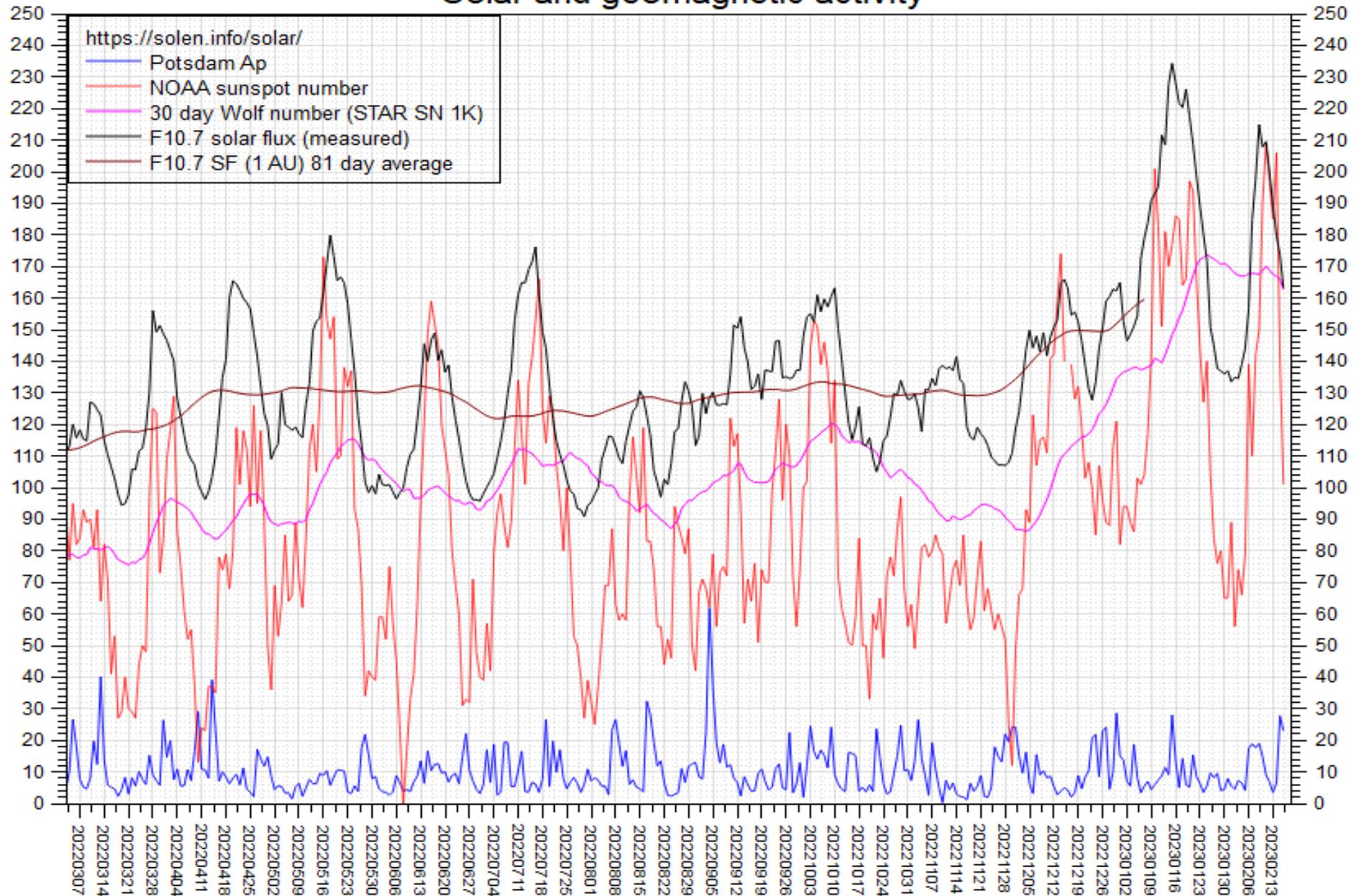
- Sonnenflecken zu zählen ist keine einfache Sache. Die sog. Sonnenflecken-Relativzahl R ergibt sich zu $R = k * 10 * G + E$ mit
 k = Korrekturfaktor
 G = Anzahl der Flecken-Gruppen
 E = Anzahl der Einzelflecken inkl. der Flecken in den Gruppen
- Es gibt einen engen Zusammenhang zwischen der Relativzahl und der elektromagnetischen Strahlung bei einer Wellenlänge von 10,7 cm (= 2,8 GHz).



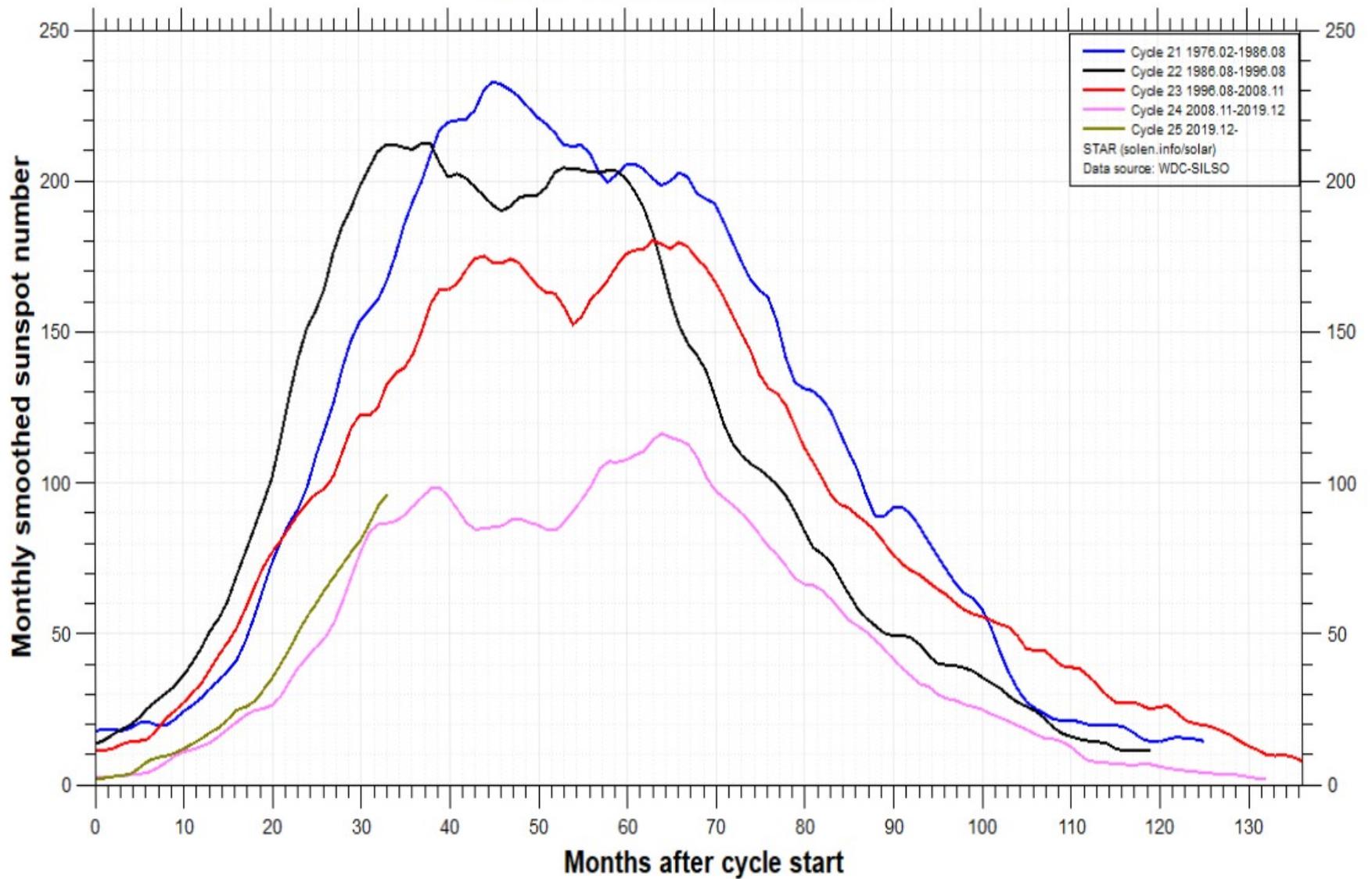
Der Solar Flux Index SFI

- Die elektromagnetische Strahlung kann man natürlich einfach messen, man muss sie nicht kompliziert zählen.
- Es wird die beim Beobachter eintreffende Energie pro Zeit, pro Fläche und pro Frequenzintervall in Jansky (*Jy*) gemessen (Radioastronomie).
- Für die Messung der 10,7 cm-Strahlung wird dann die Einheit *sfu* (*solar flux units*) definiert: $1 \text{ sfu} = 10^4 \text{ Jy} = 10^{-22} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz})$
- Der **Solar Flux Index SFI** wird dann in der Einheit *sfu* angegeben.
- Findet man also z.B. die Angabe $SFI = 189$, dann bedeutet das eigentlich $SFI = 189 \text{ sfu}$ (und gute Bedingungen auf dem 10m-Band).
- Also: elektromagnetische Strahlung von der Sonne beeinflusst die Ionosphäre und der SFI ist ein Maß für diese Strahlung.
- Damit haben wir einen direkten Zusammenhang zwischen Sonnenaktivität und Ausbreitungsbedingungen. Gut für Vorhersagen.

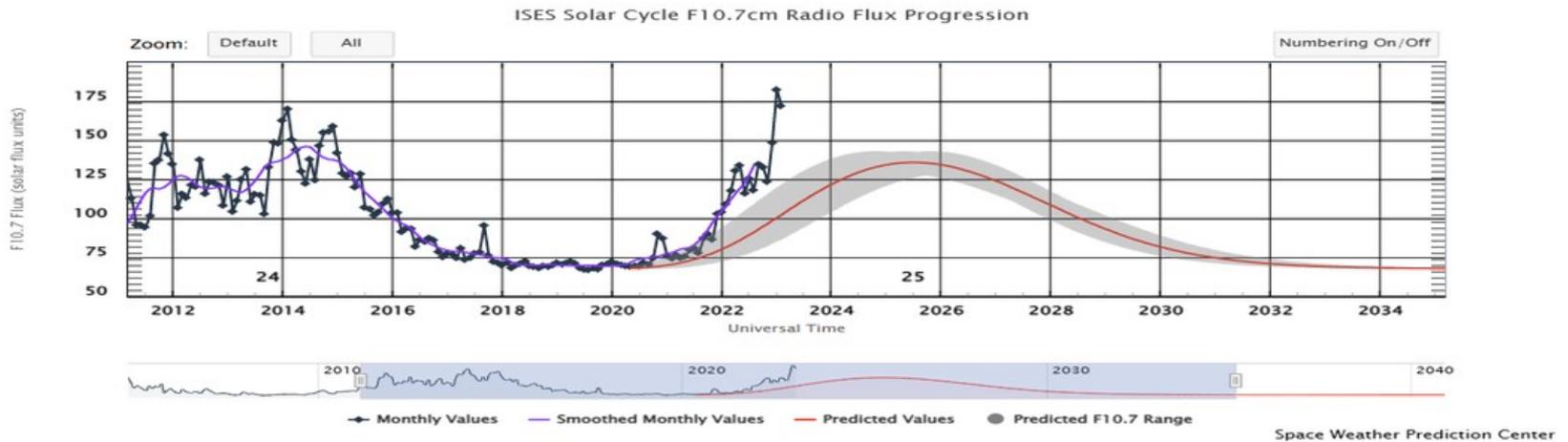
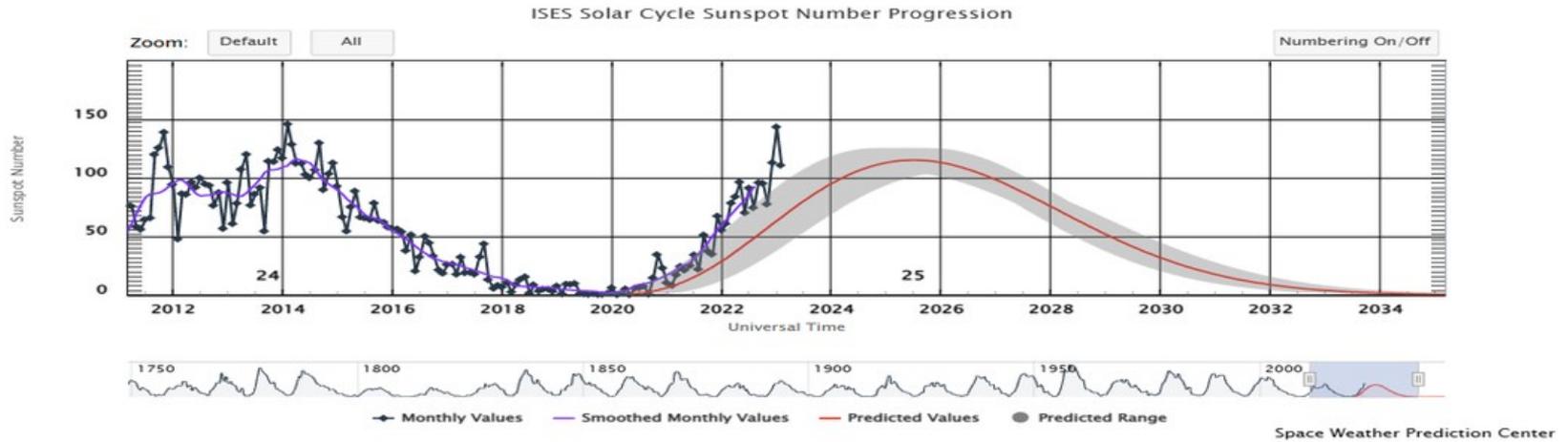
Solar and geomagnetic activity



Last solar cycles comparison



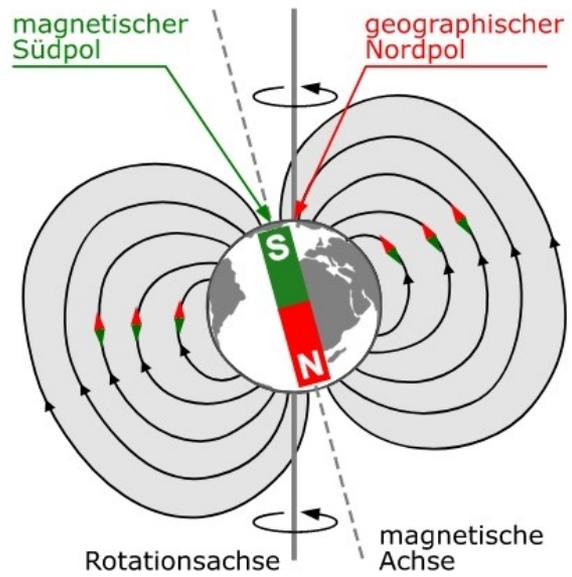
Zyklus 25: Realität übertrifft Prognose



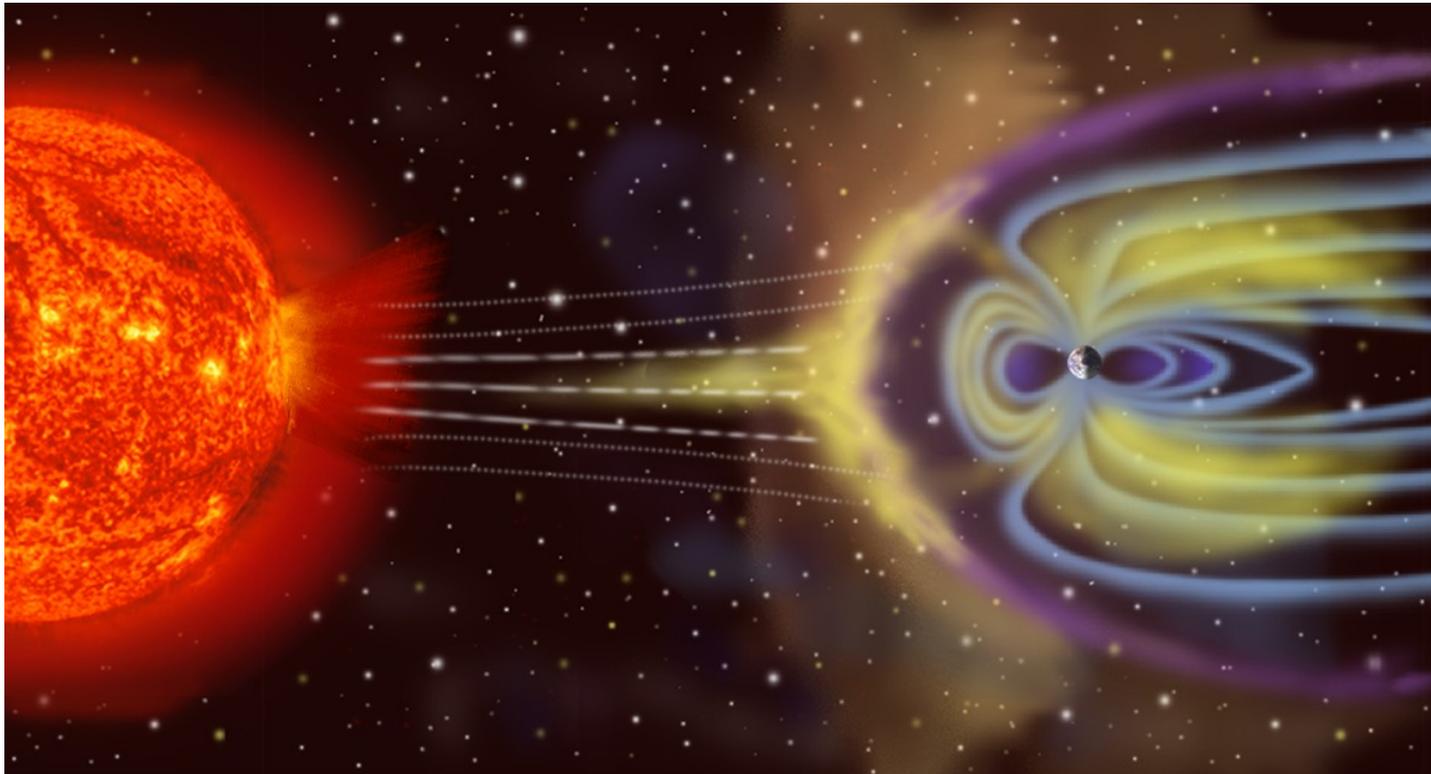
...aber!

- Die Sonne emittiert nicht nur elektromagnetische Strahlung, sondern auch Partikel: hauptsächlich Protonen und Elektronen, aber auch Kerne von Helium, Sauerstoff und Eisen.
- Das ist der sog. Sonnenwind. (*Interessant: Die Sonne verliert durch den Sonnenwind pro Sekunde etwa eine Million Tonnen ihrer Masse.*)
- Diese Partikel sind alle geladen und beeinflussen das irdische Magnetfeld. Sie rütteln quasi am Erdmagnetfeld und dieses wird unruhig.
- Ein unruhiges, bewegtes Magnetfeld beeinflusst Ladungsträger, also auch die Ionen und Elektronen der Ionosphäre.
- Die Ionosphäre wird gestört, mehr in den Polregionen, weniger in Höhe des Äquators. Die Ausbreitungsbedingungen werden schlechter.
- Für die Ausbreitungsvorhersage braucht man neben dem SFI auch ein Maß für die Unruhe des Erdmagnetfeldes.

So sähe ein ungestörtes
Erdmagnetfeld aus



So sieht das reale, von der Sonne
beeinflusste Erdmagnetfeld aus

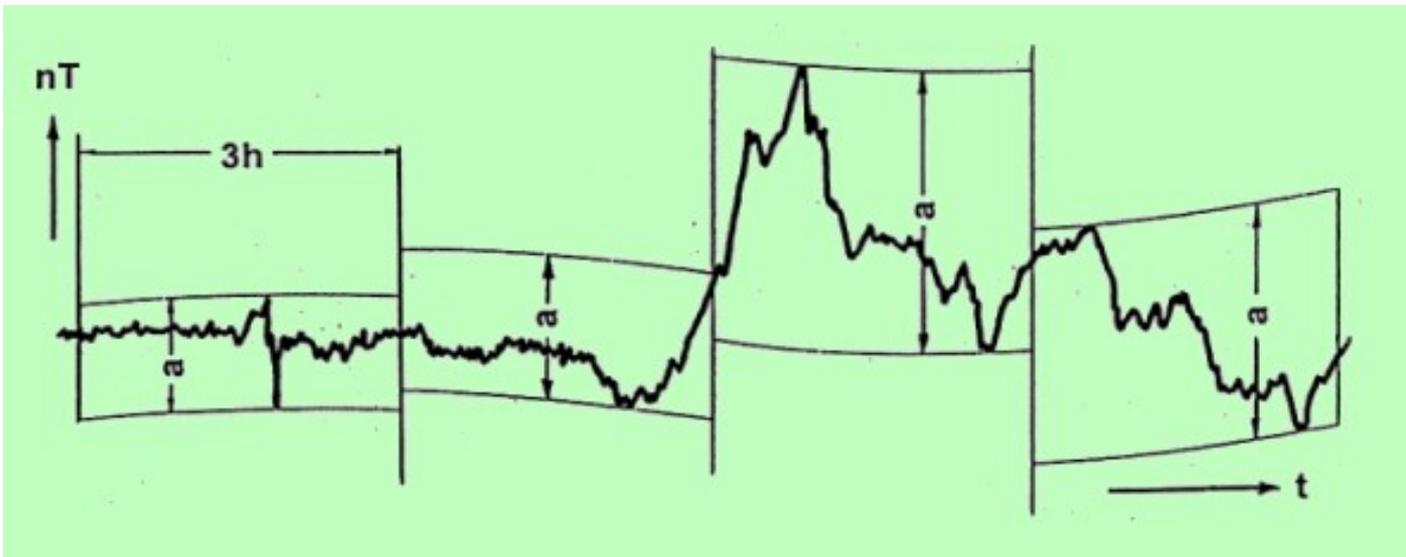


Der K-Index

- Manchmal auch k-Index geschrieben
- K-Index ist ein Maß für die Unruhe (oder die Störung) des Erdmagnetfeldes und kann Werte zwischen 0 und 9 annehmen.
 - 0 - ruhiges Magnetfeld
 - 5 - ist bereits ein Magnetsturm
- Das K kommt von 'Kennziffer' und wurde von Julius Bartels (dt. Geophysiker, *1899, †1964) 1938 eingeführt.
- Je höher der K-Index desto stärker werden die Ausbreitungsbedingungen auf Kurzwelle negativ beeinflusst.

Die Bestimmung des K-Index

- Jede Messstation misst mit dem Magnetometer das lokale Magnetfeld in der Einheit nT (Nanotesla).
- Gemessen wird jeweils 3 Stunden lang. Dann wird aus Minimal- und Maximalwert in diesem Intervall die Schwankungsbreite a (in nT) und daraus der K-Index bestimmt.



Die Bestimmung des K-Index

- Die Schwankungsbreite a hängt vom Ort der Messung ab. Am Pol ist sie am höchsten, am Äquator am niedrigsten.
- Damit alle Stationen weltweit in etwa den gleichen **K-Index** berechnen, gibt es für jede Station eigene Tabellen zur Umrechnung von a in K , z.B.:
 - Godhaven, Grönland: $K = 9$ bei $a > 1500$ nT
 - Juliusruh, Rügen: $K = 9$ bei $a > 500$ nT
 - Honolulu, Hawaii: $K = 9$ bei $a > 300$ nT

- Tabelle für Rügen:

$a/\text{nT} =$	0-5	6-10	11-20	21-40	41-70
$K =$	0	1	2	3	4

$a/\text{nT} =$	71-120	121-200	201-330	331-500	>500
$K =$	5	6	7	8	9

- **Kp-Index** - Der *Planetary K-Index* ist der (intelligent berechnete) Mittelwert aus den K-Indizes von allen Stationen weltweit.

Der A-Index

- Der **A-Index** ist ein *täglicher* Mittelwert der Unruhe des Erdmagnetfeldes und kann Werte zwischen 0 und 400 annehmen.
- Da K quasi logarithmisch ist, wird es zunächst in ein lineares a zurückgerechnet:

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	0	4	7	15	27	48	80	132	207	400

- Der A-Index errechnet sich dann aus der Summe der 8 über den Tag bestimmten a -Indizes. Wenn an einem Tag z.B. die K-Indizes zu 3, 4, 6, 5, 3, 2, 2, 1 bestimmt wurden, dann ergibt sich A wie folgt:

$$A = (15 + 27 + 80 + 48 + 15 + 7 + 7 + 4) / 8 = 25.38$$

Gerundet: $A = 25$

- **Ap-Index** – Der *Planetary A-Index* ist der Mittelwert aus den A-Indizes von allen Stationen weltweit.

Flares und koronale Massenauswürfe

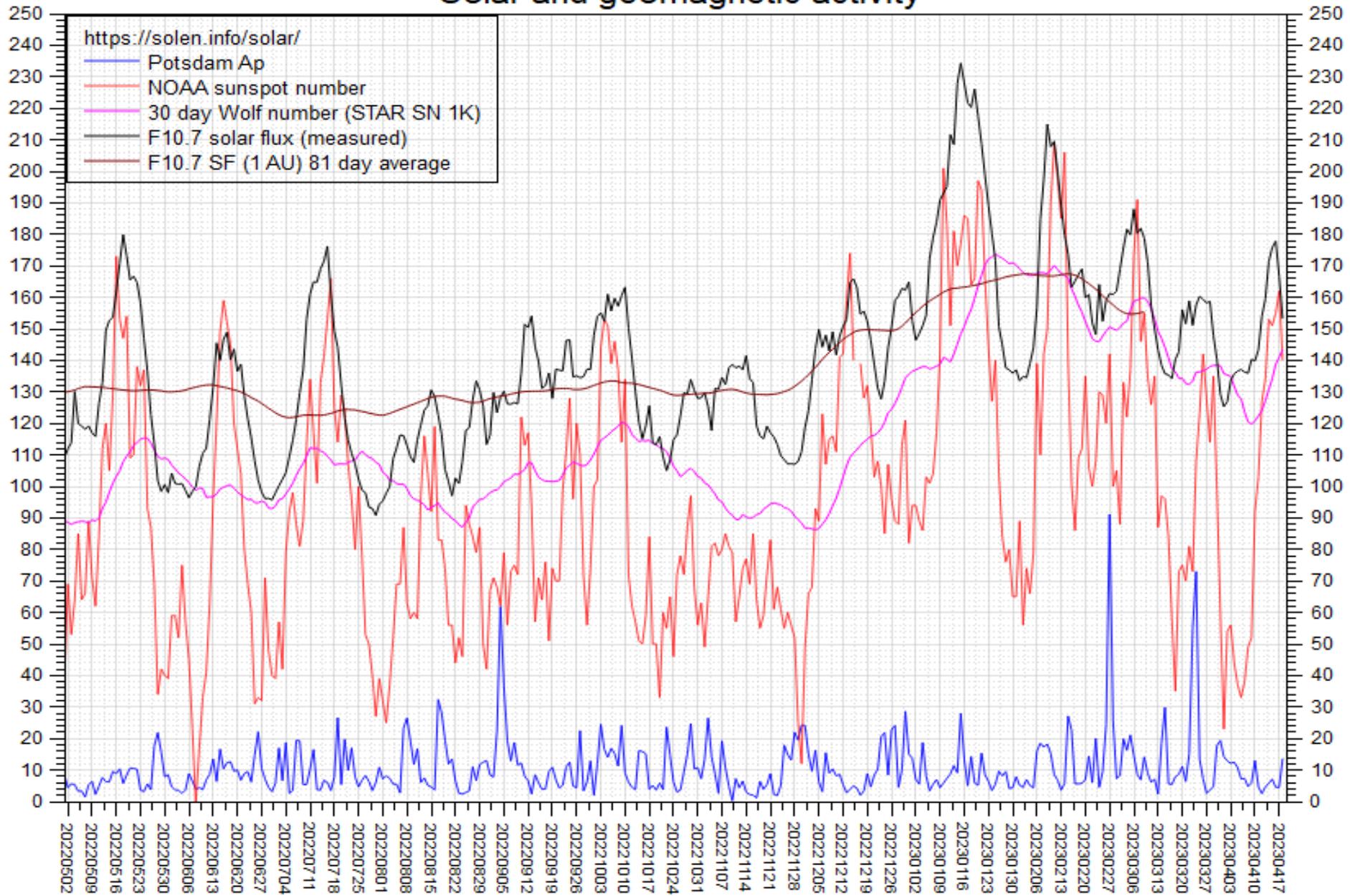
- **Flares** sind plötzliche Strahlungsausbrüche auf der Sonne. Sie führen zu einem stark erhöhten **SFI**, der u.a. die Ionisierung der D-Schicht in der Ionosphäre erhöht. Die D-Schicht dämpft die Kurzwellen bis hin zum Totalausfall der KW-Ausbreitung (Mögel-Dellinger-Effekt).
- Bei den sog. **koronalen Massenauswürfen (CME - Coronal Mass Ejection)** nimmt der Sonnenwind (geladene Teilchen) stark zu. Dieser rüttelt kräftig am Erdmagnetfeld, was zur Erhöhung der **K- und A-Indizes** führt.
- Funkwetterbericht im DL-Rundspruch:
 - *Der X4,9-Flare [...] mit einer Intensität von **3700** solaren Fluxeinheiten [SFI!] ...*
 - *Der mit dem X-Flare einhergehende **koronale Masseauswurf** ...*
- Beide Effekte beeinflussen die Kurzwellen-Ausbreitung negativ in Zeiträumen von einigen Minuten bis zu mehreren Stunden.
- Wenn es vorgestern gut nach Tonga ging und heute nicht, dann kann es auch (und wahrscheinlich sogar eher) an einem Flare und/oder einem CME liegen.

Zusammenfassung SFI, K-Index und A-Index

Index	Misst	Bereich	Hoher Wert
SFI	Eletromagnetische Strahlung	~65 .. 300	ist gut
K-Index	Störung des Ermagnetfeldes	0 .. 9	ist schlecht
A-Index	Störung des Ermagnetfeldes	0 .. 400	ist schlecht

- ganz grobe Daumenregel: DX ist
 - sehr gut: SFI ≥ 150 K ≤ 2
 - mittel, gestört: SFI = 100 .. 150 K = 3 .. 4
 - schlecht: SFI < 100 K ≥ 4
- Diese Daumenregel gilt eher für die Bänder 40m bis 10m.
Für 160m und 80m gibt es noch mal eigene Regeln.
- Bei unruhigem Magnetfeld sind die Ausbreitungswege über die Pole, z.B. DL -> A3, viel stärker gestört als Wege über den Äquator, z.B. DL -> ZS.

Solar and geomagnetic activity



Überblick Solardaten und Ausbreitungsbedingungen

- Auf vielen Websites zu finden, z.B. auf dxsummit.fi
- Solare Daten (Solar-Terrestrial Data)
 - SN: Sunspot Number = Sonnenflecken-Relativzahl
- Daraus berechnete Ausbreitungsbedingungen (Calculated Conditions), nur sehr grob

```
Solar-Terrestrial Data
24 Feb 2014 0801 GMT
SFI:171 SN: 185
A-Index:17
K-Index:2
X-Ray: C1.1
304A: 177.6 @ SEM
-----
Calculated Conditions
Band Day Night
80m-40m: Poor Good
30m-20m: Poor Good
17m-15m: Good Good
12m-10m: Good Poor
Signal Noise: S1-S2
-----
Click to Install Solar
Data On your Web Site
http://www.n0nh.com
Copyright Paul L Herrman 2010
```

DBOSUE DX Cluster

show/wcy

Date	Hour	SFI	A	K	Exp.K	R	SA	GMF	Aurora
24-Feb-2014	03	163	25	2	0	179	act	act	no
24-Feb-2014	02	163	25	4	2	179	act	act	no
24-Feb-2014	01	163	25	4	2	179	act	act	no
24-Feb-2014	00	163	25	4	0	179	act	act	no
23-Feb-2014	23	163	11	5	4	179	act	act	no
23-Feb-2014	22	163	11	5	3	179	act	act	no

show/wwv

Date	Hour	SFI	A	K	Forecast
24-Feb-2014	06	172	17	2	Minor w/R1 -> No Storms
24-Feb-2014	03	172	17	2	Minor w/R1 -> No Storms
24-Feb-2014	00	172	17	4	Minor w/R1 -> No Storms
23-Feb-2014	21	172	16	4	Minor w/R1 -> No Storms

show/wcy

Date, Hour: Tag und Stunde der Messung

SFI: Solar Flux Index

A: A-Index

K: K-Index

SA: Sonnenaktivität

qui = quiet

eru = eruptive

act = active

maj = major flare

pro = proton flare

war = warning conditions

nil = no info available

Aurora: Aurora Status

no = no Aurora

aurora = Aurora is reported

strong = strong Aurora is reported

R: Sonnenflecken-Relativzahl

Exp.K: erwarteter K-index für das nächste Intervall

GMF: Geomagnetisches Feld

qui = quiet

act = active

min = minor storm

maj = major storm

sev = severe storm

mag = magstorm in progress

war = warning conditions

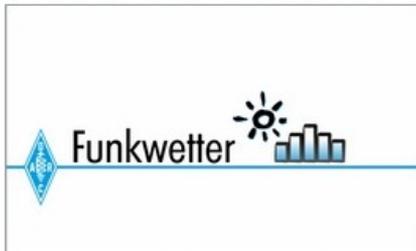
nil = no info available

Funkwetter DARC Homepage

Funkwetterbericht vom 16. Februar 2023

[HF-Referat / Tom Kamp, DF5JL 16.02.2023](#)

Ankunft eines CME erwartet



Die Sonnenaktivität ist mäßig, mehrere Flares der C- und M-Klasse wurden beobachtet. Auf der sichtbaren Sonnenscheibe gibt es nur noch sieben Sonnenfleckengebiete mit einfachen bis komplexen magnetischen Konfigurationen. Die Geschwindigkeit des Sonnenwindes liegt auf Normalniveau. Die geomagnetische Aktivität ist angeregt bis lebhaft mit vereinzelt G1/Minor-Sturm-Intervallen. Die Aussichten: mäßiges Flare-Risiko (M 45%, X 10%, Proton 01%). In der Nacht 16./17.2. dürfte ein koronaler Masseausstoß (CME) zu einer stürmischen Geomagnetik führen (G1/G2).

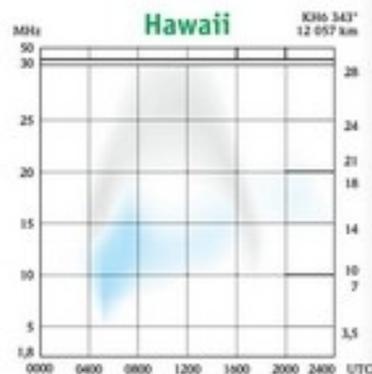
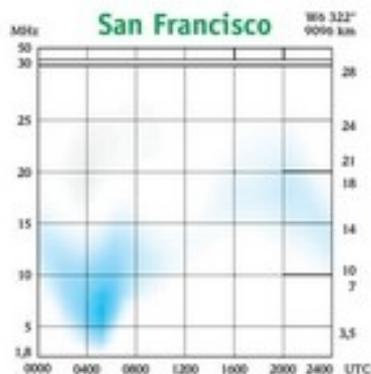
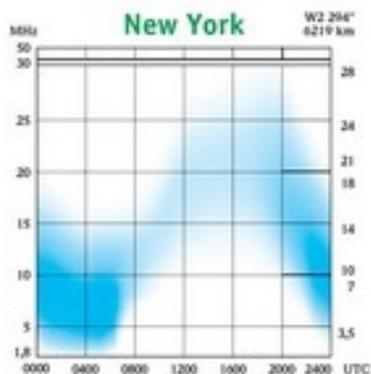
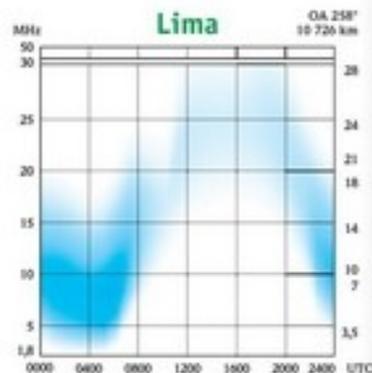
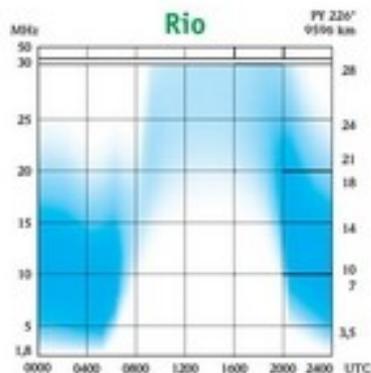
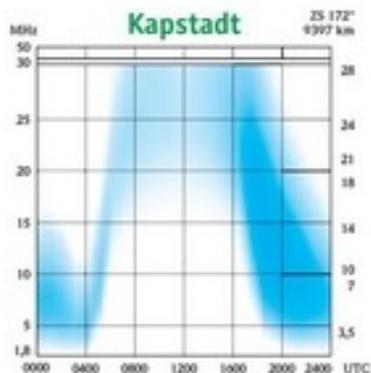
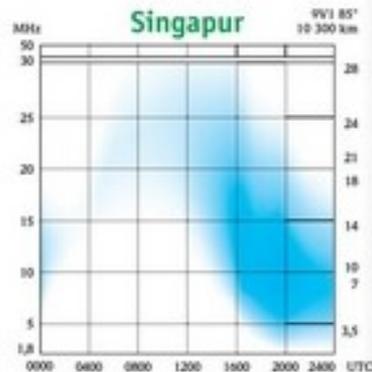
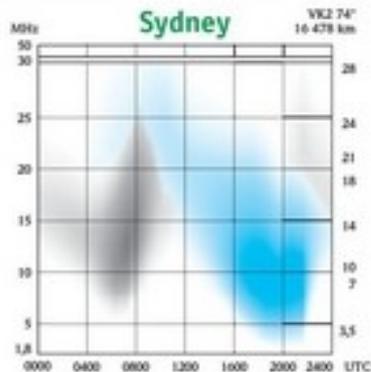
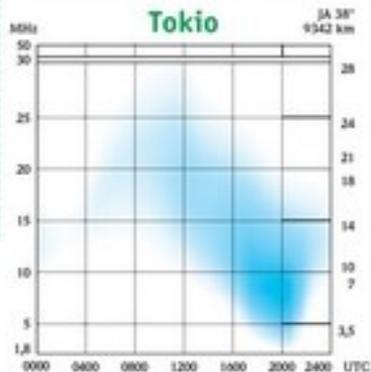
ZCZC 160605UT FEB23 QAM SFI174 SN140 KIEL A19 K(3H)2 SWS396 BZ8 BT19 HPI49 DCX-17 NOAA24H FORECAST MID-LAT(K)33222323 [🔗](#)
MUF3000 MAX 30+(D) MIN 7-9(N) DATA BY DK0WCY SWPC/NOAA SANSa FWBST-EU/DF5JL NNNN - Erläuterungen unter [Funkwetter \(PDF\)](#).

[Weniger](#)

ZCZC 020440UT MAR23 QAM SFI162 SN105 KIEL A8 K(3H)1 ...

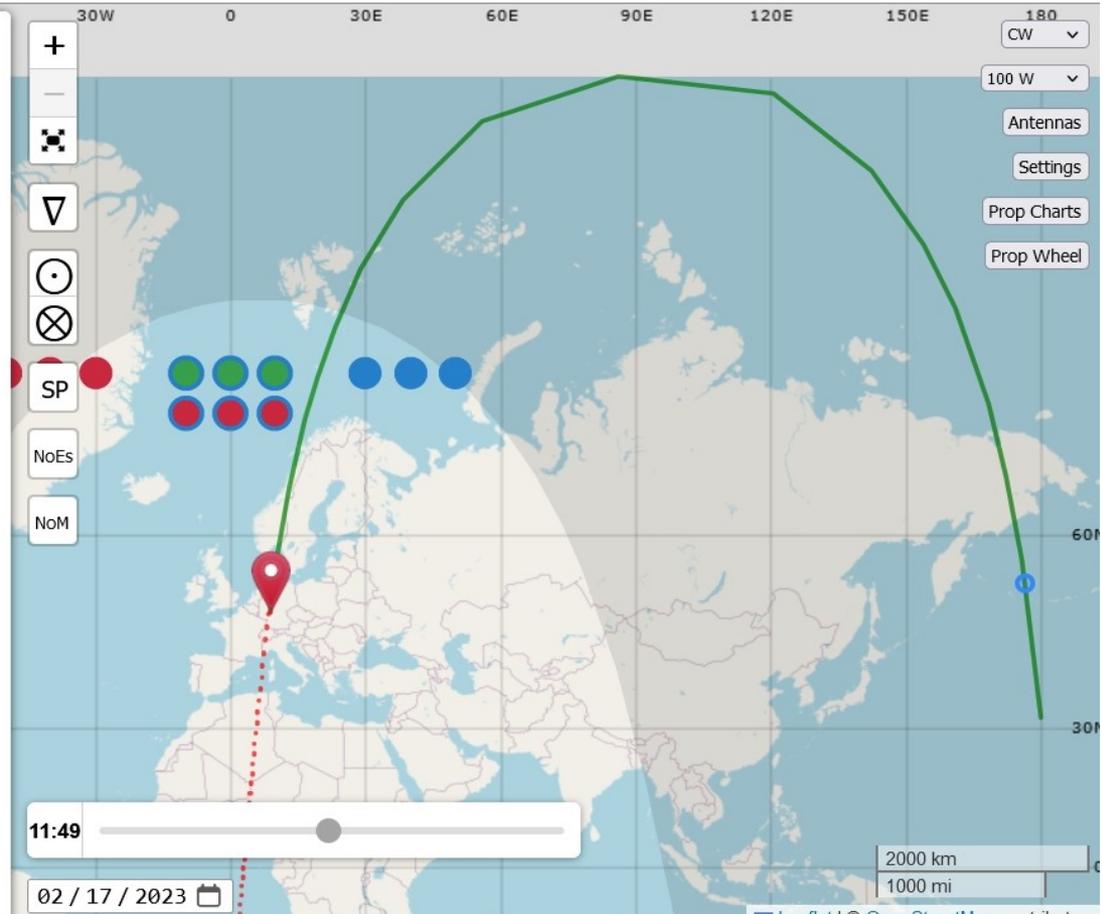
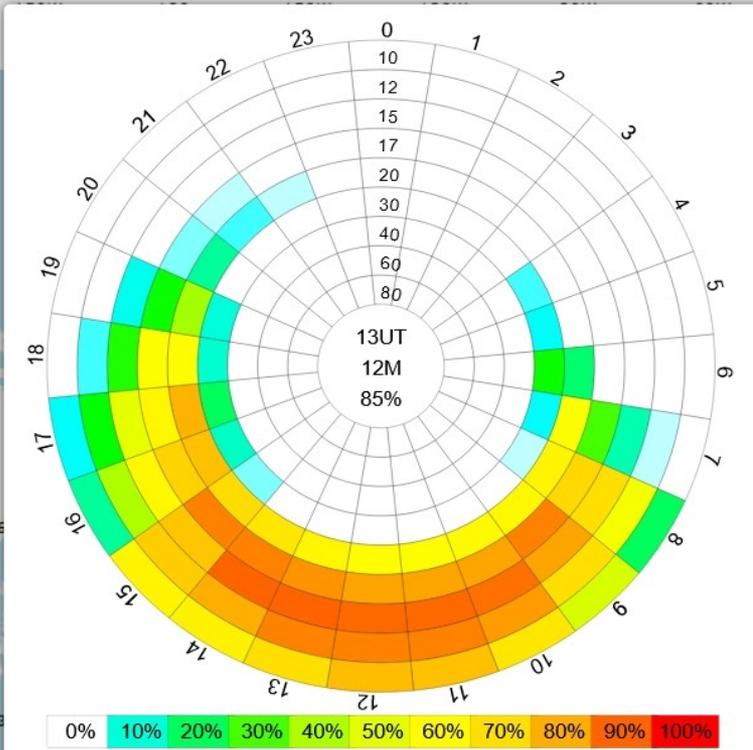
Manchmal fehlt der Link „[Funkwetter \(PDF\)](#)“ zu den Erläuterungen des Telegramms. Die Erläuterungen sind aber über den Link zum DARC-Funkwetter (Folie „Literatur und Links“) erreichbar.

FUNKWETTER



VOACAP Online for Ham Radio – 11:54:21 UTC (12:54 PM)

Select TX QTH: or set Grid: or Latitude: Longitude:
Select RX QTH: or set Grid: or Latitude: Longitude:



NCDXF Bakenfahrplan

Call	Location	14.100	18.110	21.150	24.930	28.200	Operator	Status
4U1UN	United Nations	00:00	00:10	00:20	00:30	00:40	UNRC	OFF ³
VE8AT	Canada	00:10	00:20	00:30	00:40	00:50	RAC/NARC	OK ¹
W6WX	United States	00:20	00:30	00:40	00:50	01:00	NCDXF	OK
KH6WO	Hawaii	00:30	00:40	00:50	01:00	01:10	KH6BYU	OK
ZL6B	New Zealand	00:40	00:50	01:00	01:10	01:20	NZART	OK
VK6RBP	Australia	00:50	01:00	01:10	01:20	01:30	WIA	OK
JA2IGY	Japan	01:00	01:10	01:20	01:30	01:40	JARL	OK
RR9O	Russia	01:10	01:20	01:30	01:40	01:50	SRR	OK
VR2B	Hong Kong	01:20	01:30	01:40	01:50	02:00	HARTS	OK
4S7B	Sri Lanka	01:30	01:40	01:50	02:00	02:10	RSSL	OFF ⁴
ZS6DN	South Africa	01:40	01:50	02:00	02:10	02:20	ZS6DN	OK
5Z4B	Kenya	01:50	02:00	02:10	02:20	02:30	ARSK	OK ⁷
4X6TU	Israel	02:00	02:10	02:20	02:30	02:40	IARC	ON
OH2B	Finland	02:10	02:20	02:30	02:40	02:50	SRAL	OK
CS3B	Madeira	02:20	02:30	02:40	02:50	00:00	ARRM	OK
LU4AA	Argentina	02:30	02:40	02:50	00:00	00:10	RCA	OK
OA4B	Peru	02:40	02:50	00:00	00:10	00:20	RCP	OK
YV5B	Venezuela	02:50	00:00	00:10	00:20	00:30	RCV	OK ¹

Literatur und Links

- H. Schütz, “Sonne, Erde, Ionosphäre und Kurzwellen-Ausbreitung”
- DARC DL-Rundspruch: www.darc.de/nachrichten/deutschland-rundspruch
- DARC Funkwetter: www.darc.de/der-club/referate/hf/funkwetter/
- DK0WCY: www.dk0wcy.de
- DK0WCY-Referenzkarte: www.dk0wcy.de/DK0WCY-RefCard-de.pdf
- DX Summit: dxsummit.fi
- NCDXF Baken: www.ncdxf.org/pages/beacons.html
- Solar Terrestrial Activity Report: www.solen.info/solar/
- Understanding Solar-Terrestrial Data: www.hamqsl.com/solar2.html
- VOACAP: www.voacap.com
- VOACAP Online Prediction: www.voacap.com/hf/
- Wikipedia, Funkwetter: de.wikipedia.org/wiki/Funkwetter
- Wikipedia, Ionosphäre: de.wikipedia.org/wiki/Ionosphäre
- Wikipedia, Sonnenwind: de.wikipedia.org/wiki/Sonnenwind

Danke für eure Aufmerksamkeit

und natürlich

Good DX!