

4,5m Parabolantenne an der h_da - Aufbau, Eigenschaften und Anwendungen

Vortrag VFDB Z21, Darmstadt 06.07.2016

Ingo Gaspard DF1VH

Fachbereich Elektrotechnik und
Informationstechnik
Hochschule Darmstadt

Übersicht

- Einleitung
- Anwendungen
 - Radioastronomie
 - Historie
 - Strahlungsmechanismen
 - Erkenntnisse
 - EME - earth moon earth
 - EME-Funkkanal
 - Mond als RADAR-Objekt
 - Zeit- und Frequenzdispersion
 - Mondbake ONoEME und Hörbeispiele
- Antenne und Empfangsanlage der h_da
 - Reflektor
 - Feed
 - LNA und Linkbudget
 - Eindrücke vom Aufbau
- Zusammenfassung, Ausblick

Einleitung

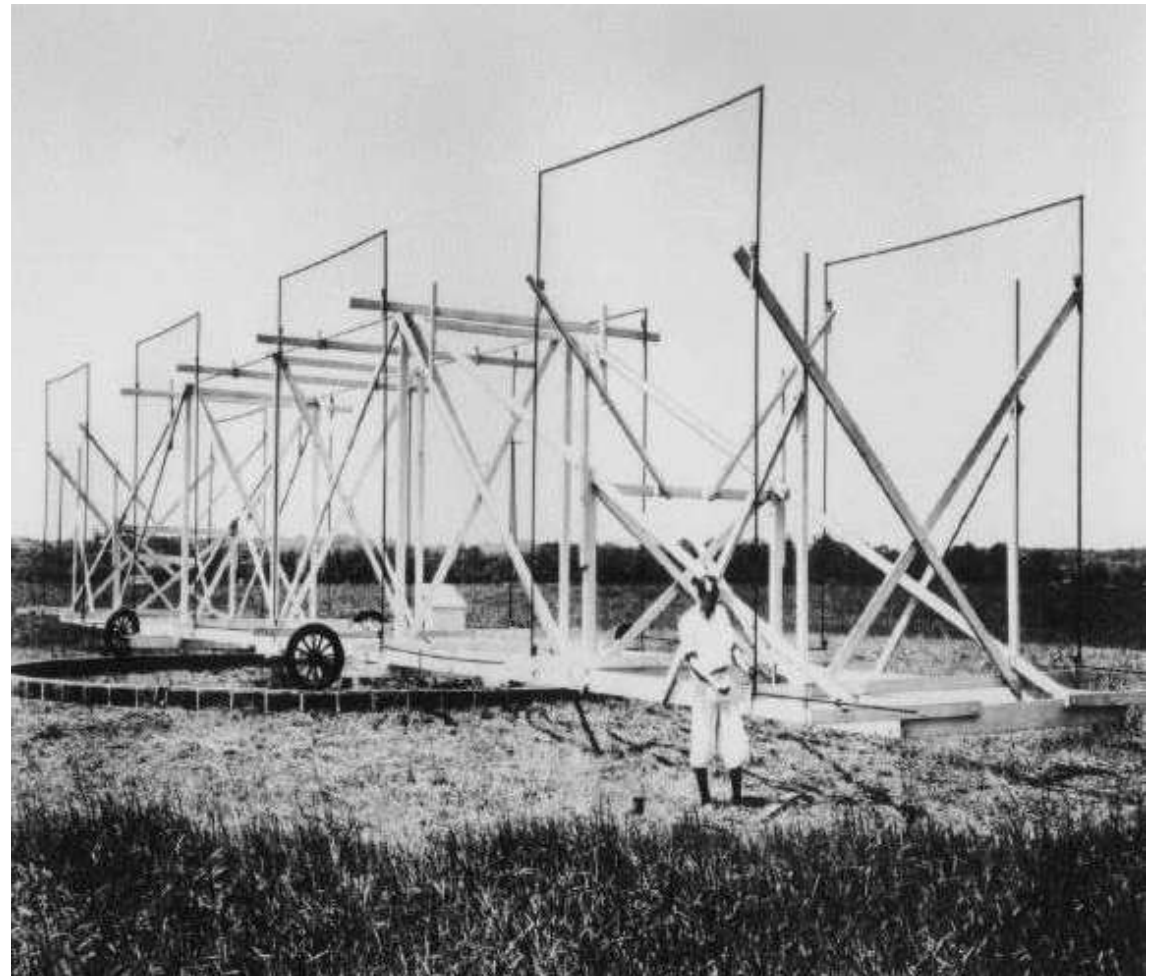
- Nachrichtentechnik/Telekommunikation ist erfolgreich, wenn sie „funktioniert“ / nicht wahrgenommen wird.
- Die komplexe Infrastruktur ist immer besser vor dem Nutzer „versteckt“, Bsp.: Smartphone
- Idee: komplexes, beispielhaftes System aus dem Bereich Funk/Antennen (→ „je größer desto besser“):
 - forschungsnahe Anwendungen, z.B. Radioastronomie, EME, Satellitenkanalmessungen (GPS/Galileo)
 - im Bereich der Lehre: Labore im Bachelor- und Masterprogramm (z.B. Hochfrequenztechnik, microwave components & systems)
 - Angebot an interessierte Schüler mit Hilfe dieser Infrastruktur interessante Projekte/Experimente durchzuführen

Radioastronomie

- bis in die erste Hälfte des 20sten Jahrhunderts Informationen über das Weltall nur aus Beobachtungen des sichtbaren Lichts

Karl Jansky, 1931:

- Störungen im Kurzwellenbereich
- Nicht erklärbare Komponente
- Periodische Maxima im Abstand 23h56min (siderischer Tag)
→ Strahlungsquelle außerhalb des Sonnensystems
→ In Richtung des galaktischen Zentrums



Radioastronomie

Grote Reber, 1937-1946:

- Radioingenieur und Funkamateurl
 - Parabolantenne 10m Durchmesser
- Erste Kartierung bei 160 MHz und 480 MHz

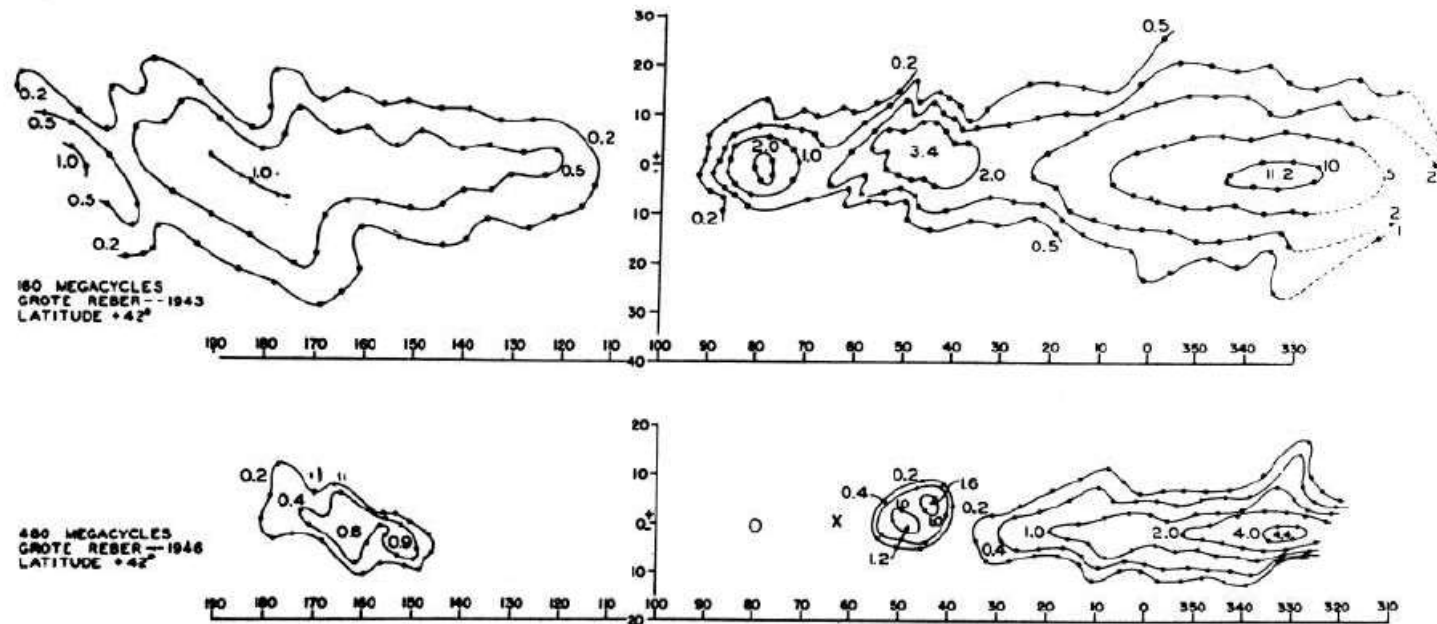
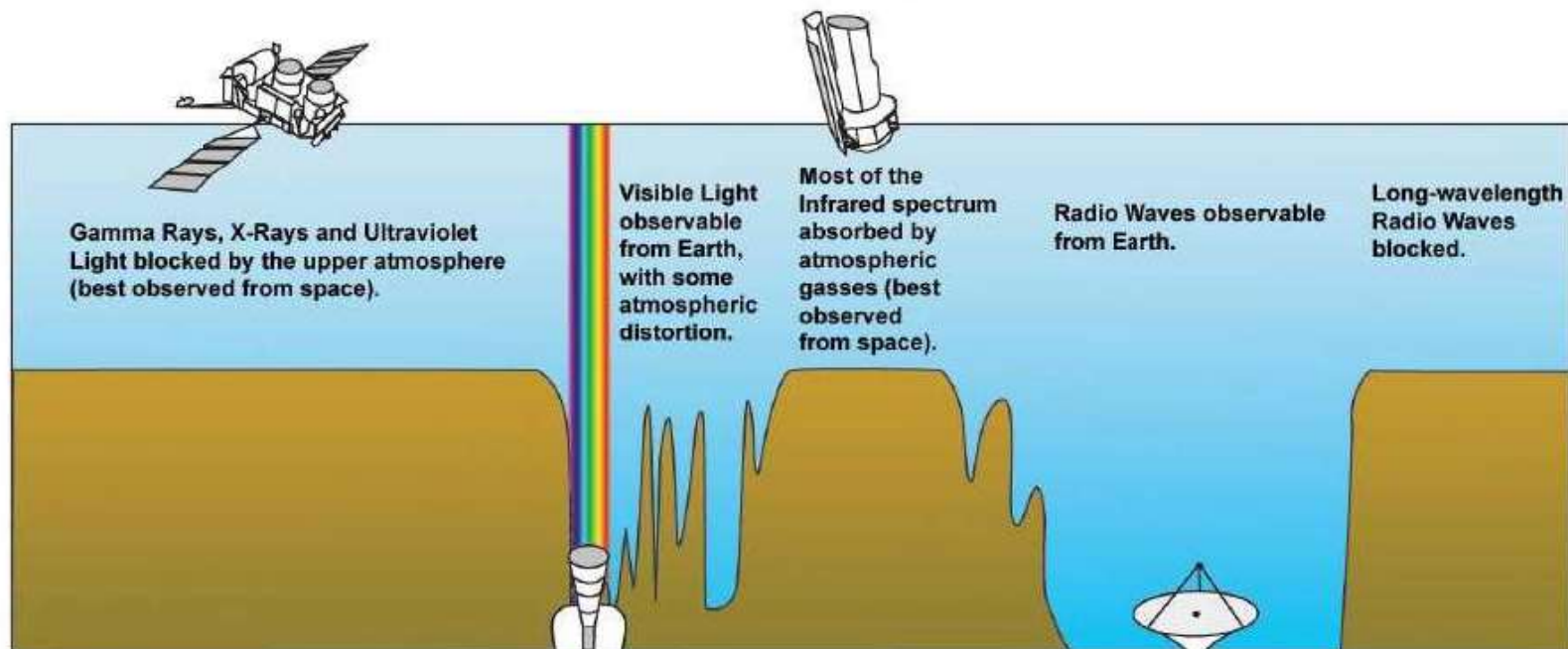
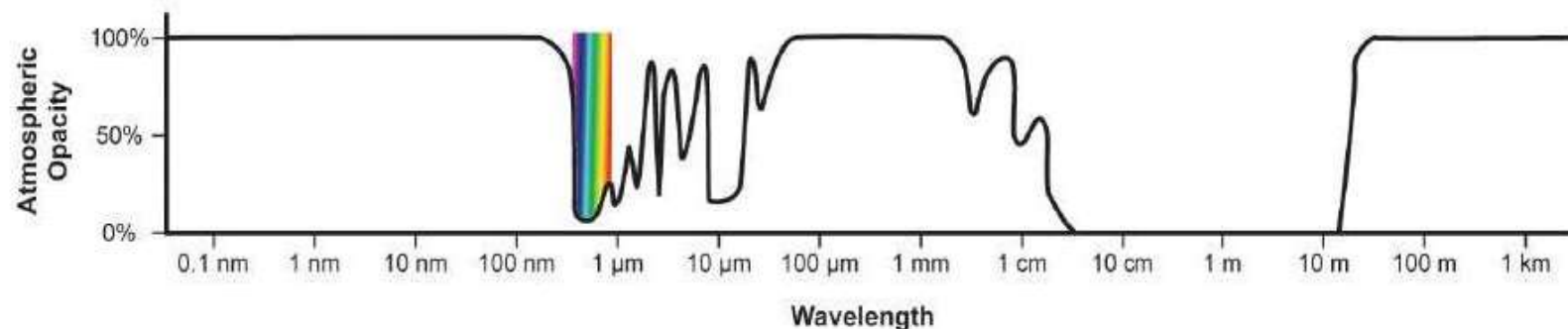


FIG. 7—Contours of constant intensity at 160 MHz and 480 MHz, taken at Wheaton, Illinois.

Radioastronomie

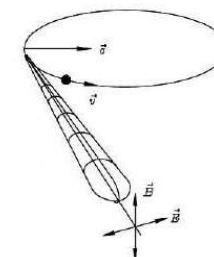
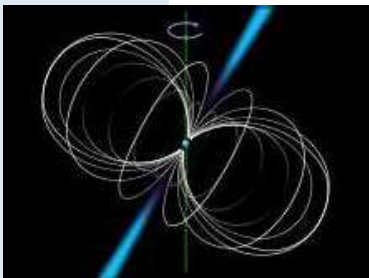
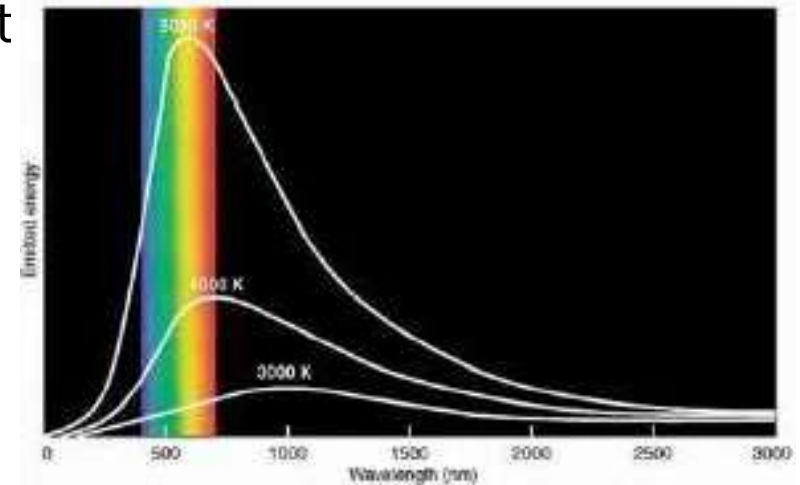
Erdatmosphäre durchlässig für Wellenlängen 400nm – 800nm (sichtbares Licht), Schutz vor anderer Strahlung (z.B. UV-, Gamma-Strahlung), durchlässig für Radiostrahlung!



Radioastronomie

Kontinuierliches Spektrum:

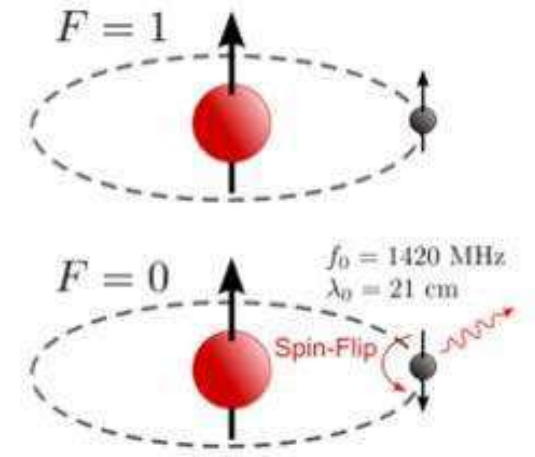
- Thermische Strahlung:
 - jeder Körper wärmer als 0°K gibt Strahlung ab; Ursache: Brown'sche Molekularbewegung
 - je wärmer, desto kleinere Wellenlänge weist das Maximum der Strahlung auf (Planck'sches Strahlungsgesetz)
 - Synchrotronstrahlung:
 - durchlaufen Elektronen ein Magnetfeld, so werden sie aufgrund der Lorentzkraft auf eine Kreis- oder Spiralbahn gezwungen
- Beschleunigung der Ladungsträger → Strahlung



Radioastronomie

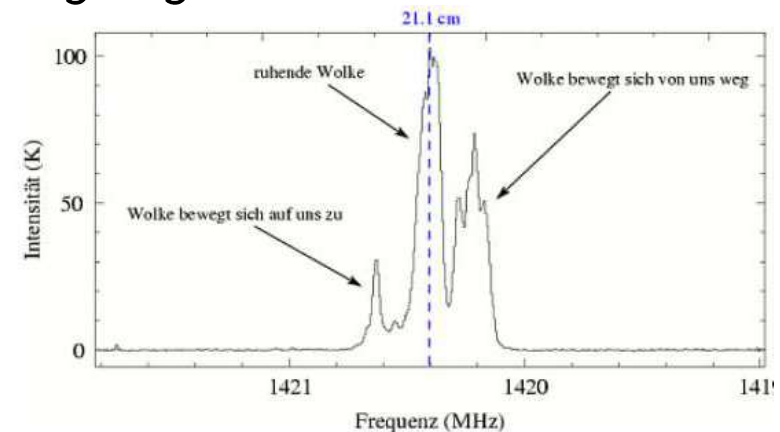
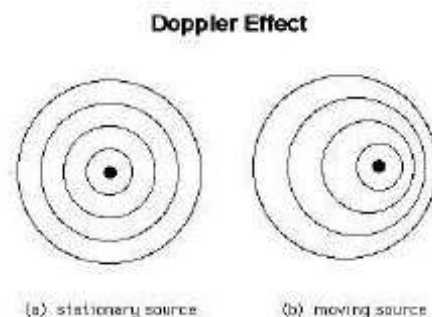
Linien-Spektrum:

- 21cm Linie des neutralen Wasserstoffs:
 - 99% der interstellaren Materie besteht aus Gas; hieran hat Wasserstoff einen Anteil von 90%
 - in diesem „dünnen“ Gas kommt es zu Übergängen des Energiezustands der Atome + freigesetzte Strahlung



Dopplereffekt:

- bei bekannter Frequenz der Strahlung kann aus der Dopplerverschiebung auf die Relativgeschwindigkeit zwischen Quelle und Empfänger geschlossen werden



Radioastronomie

Ergebnisse:

1951: Ewen/Purcell

- Messung des Linienspektrums des neutralen Wasserstoffs

1963: Penzias/Wilson

- (zufällige) Messung der kosmischen Hintergrundstrahlung
- Stärkster Beweis für die Urknalltheorie („big bang“)
- Physiknobelpreis 1978

1967: Bell/Hewish/Ryle

- (zufällige) Entdeckung von Neutronensternen (Pulsare)
- Radioimpulse in sehr regelmäßigen Abständen
- Physiknobelpreis 1974 für Hewish/Ryle

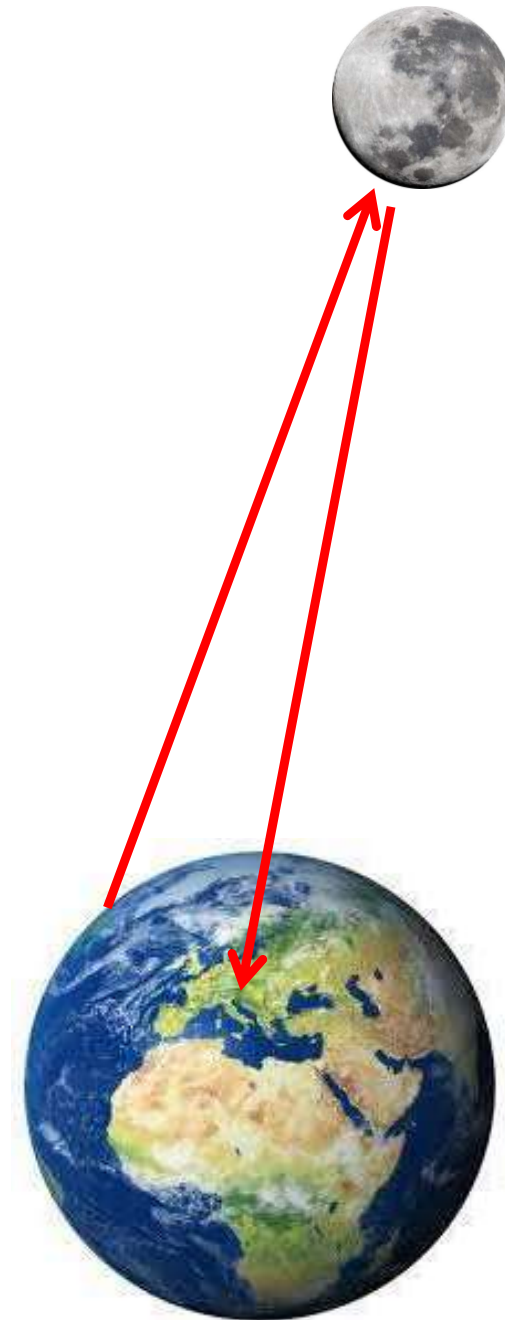
1974: Taylor

- Entdeckung Pulsar PSR1913+16 in einem Doppelsternsystem
- Bestätigung d. Voraussagen d. Allgemeinen Relativitätstheorie
- Physiknobelpreis 1993



EME = earth moon earth

- EME: **Mond als passiver Reflektor** um auch bei UKW bzw. Mikrowellen trotz Erdkrümmung weltweite Funkverbindungen zu ermöglichen
- Distanz Erde-Mond ca. 360.000km...410.000 km → **Laufzeit** hin und zurück ca. **2,5s**
- **Dopplerverschiebung** aufgrund Erdrotation und Libration des Mondes – bis zu einigen hundert Hertz bei $f > 1\text{GHz}$
- sehr große **Dämpfung** des Signals wegen Entfernung und kleinem Reflexionsfaktor: Grunddämpfung ca. 270dB bei 1,3GHz



EME = earth moon earth

Mond als RADAR-Objekt → RADAR-Gleichung

▪ Sendeleistung P_{tx} und (Sende-)Antennengewinn G_{tx} erzeugen im Abstand Erde-Mond d die Leistungsdichte S_i

$$S_i = \frac{P_{tx} \cdot G_{tx}}{4\pi d^2}$$

▪ Mond stellt Rückstreuquerschnitt δ dar, der die einfallende Leistungsdichte (teilweise) in die Einfallsrichtung zurück reflektiert; damit wird die auf der Erde wahrnehmbare Leistungsdichte S_E

$$S_E = \frac{S_i \cdot \delta}{4\pi d^2} = \frac{P_{tx} \cdot G_{tx} \cdot \delta}{(4\pi d^2)^2}$$

▪ bei mehrfacher Überstrahlung des Mondes (d.h. Öffnungswinkel der Antenne > Sichtwinkel des Mondes von der Erde aus [ca. 0,5°]) und $\lambda \ll R$ (= 1750 km)
→ δ entspricht der Querschnittsfläche der sichtbaren Mondscheibe
→ endliche Leitfähigkeit der Mondoberfläche:
Reflexionskoeffizient ca. 6,5%

$$\delta = (1,75 \cdot 10^6 \text{ m})^2 \cdot \pi \cdot 0,065$$

$$= 6,25 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$$

▪ die Empfangsantenne „entzieht“ der Leistungsdichte S_E die Empfangsleistung P_{rx} , wobei allgemein der Zusammenhang $A_w = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$ zwischen Gewinn und Wirkfläche gilt

$$P_{rx} = S_E \cdot A_w = \frac{P_{tx} \cdot G_{tx} \cdot G_{rx} \cdot \lambda^2 \cdot \delta}{(4\pi)^3 \cdot d^4}$$

▪ praktische Gleichung mit logarithmierten Größen:

$$\frac{p_{rx}}{dBm} = \frac{p_{tx}}{dBm} + \frac{g_{tx}}{dBi} + \frac{g_{rx}}{dBi} + 10 \log \frac{\delta}{1 \text{ m}^2} - 20 \log \frac{f}{1 \text{ MHz}} - 40 \log \frac{d}{1 \text{ km}} - 103,4$$

EME = earth moon earth

Ein aktueller Vergleich:

1. Am 5.7.2016 schwenkte die NASA Sonde JUNO in eine Umlaufbahn zum Jupiter ein. Die Funksignale von und zur Sonde wurden dabei über eine Entfernung von 870 Mill. Kilometer, d.h. $8,7 \cdot 10^{11}$ m übertragen (Laufzeit ca. 48,3 min!).

Freiraumdämpfung zwischen JUNO und Bodenstation (im S-Band bei $\lambda = 0,1$ m bzw. 3 GHz):

$$a = 20 \log \frac{\lambda}{4\pi d} \approx 280 \text{ dB}$$



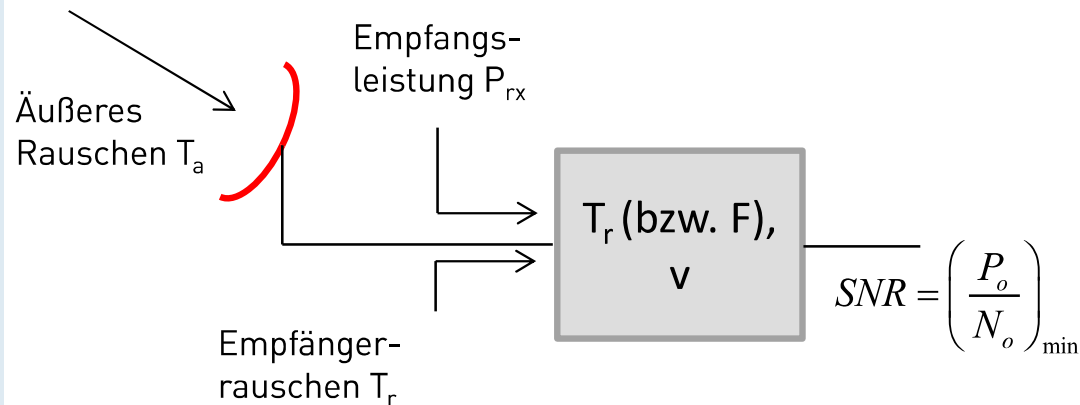
2. Freiraumdämpfung zwischen RX und TX bei EME auf 3 GHz:

$$\begin{aligned} a &= -10 \log \frac{\delta}{1 \text{ m}^2} + 20 \log \frac{f}{1 \text{ MHz}} + 40 \log \frac{d}{1 \text{ km}} + 103,4 \\ &= -10 \log 6,25 \cdot 10^{11} + 20 \log 3000 + 40 \log 400000 + 103,4 \\ &\approx 280 \text{ dB} \end{aligned}$$

EME = earth moon earth

Was heißt das für den Signal-zu-Rauschabstand (SNR)?

- Empfängermodell:



Empfangsleistung am Ausgang:

$$P_o = v \cdot P_{rx}$$

Rauschleistung am Ausgang:

$$N_o = k \cdot B \cdot v \cdot (T_a + T_r)$$

Minimal notwendige Empfangsleistung, um das erforderliche SNR zu erreichen:

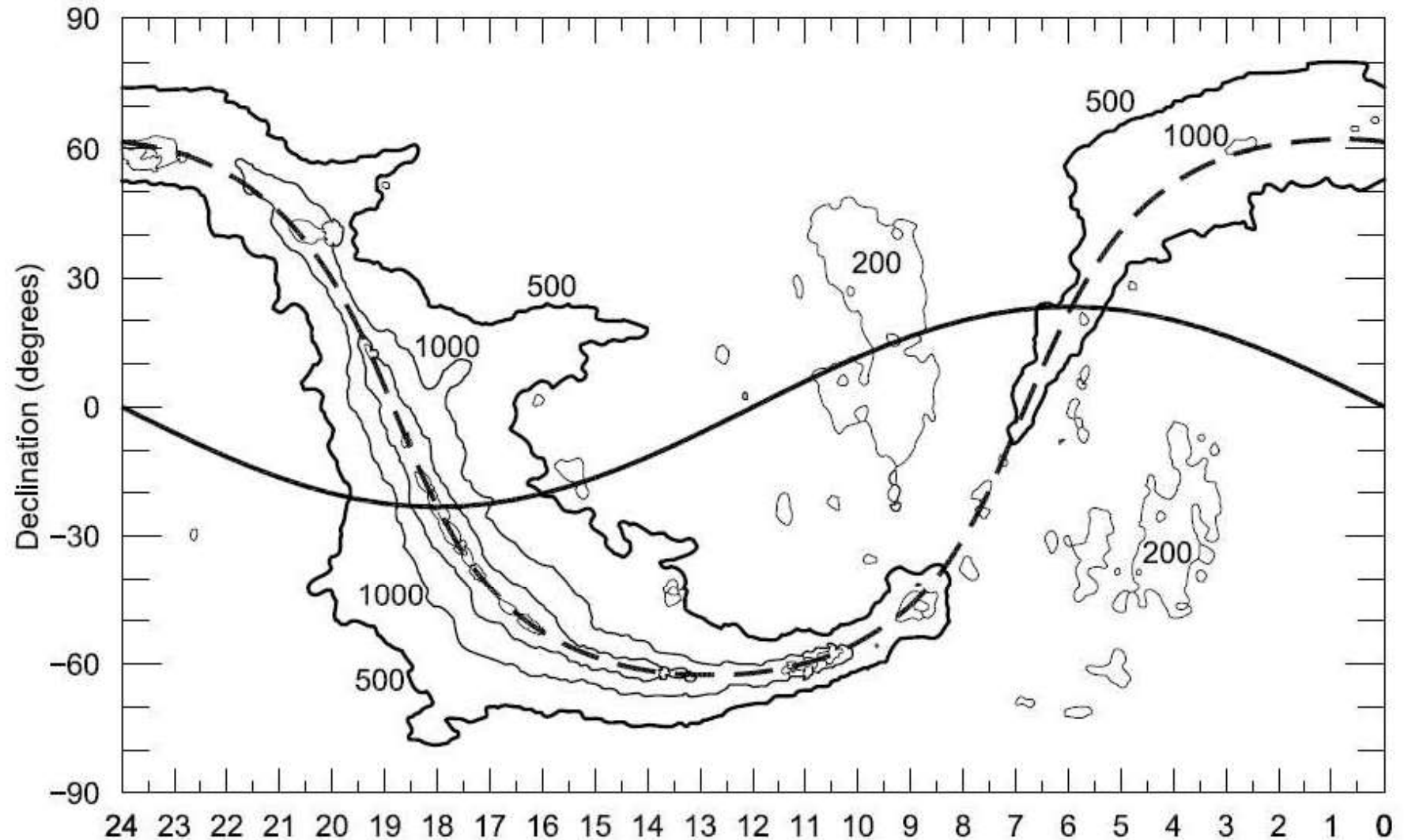
$$\begin{aligned} P_{rx,min} &= \frac{P_{o,min}}{v} = \left(\frac{N_o}{v} \right) \cdot \left(\frac{P_o}{N_o} \right)_{min} \\ &= k \cdot B \cdot (T_a + T_r) \cdot \left(\frac{P_o}{N_o} \right)_{min} \end{aligned}$$

→ insbesondere T_a und T_r (bzw. F mit $T_r = (F-1) T_0$ oder $NF = 10^{F/10}$) sowie B sind zu minimieren, damit $P_{rx,min}$ klein wird (hohe Empfindlichkeit)!

- erforderliches SNR, z.B. (Talbot, A., www.g4jnt.com):
 - CW @ $B=100\text{Hz}$ → SNR = -6 dB
 - JT45 @ $B=2500\text{Hz}$ → SNR = -25 dB
 - d.h. Vorteil von JT45 von ca. 6 dB gegenüber CW, aber...

EME = earth moon earth

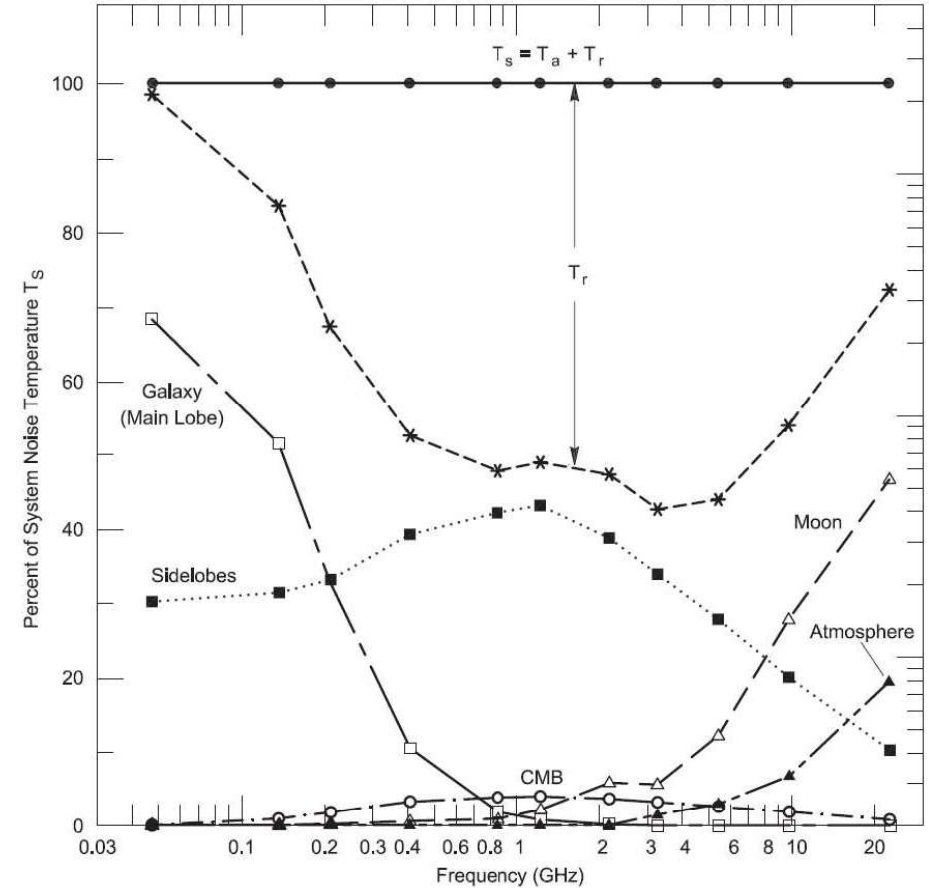
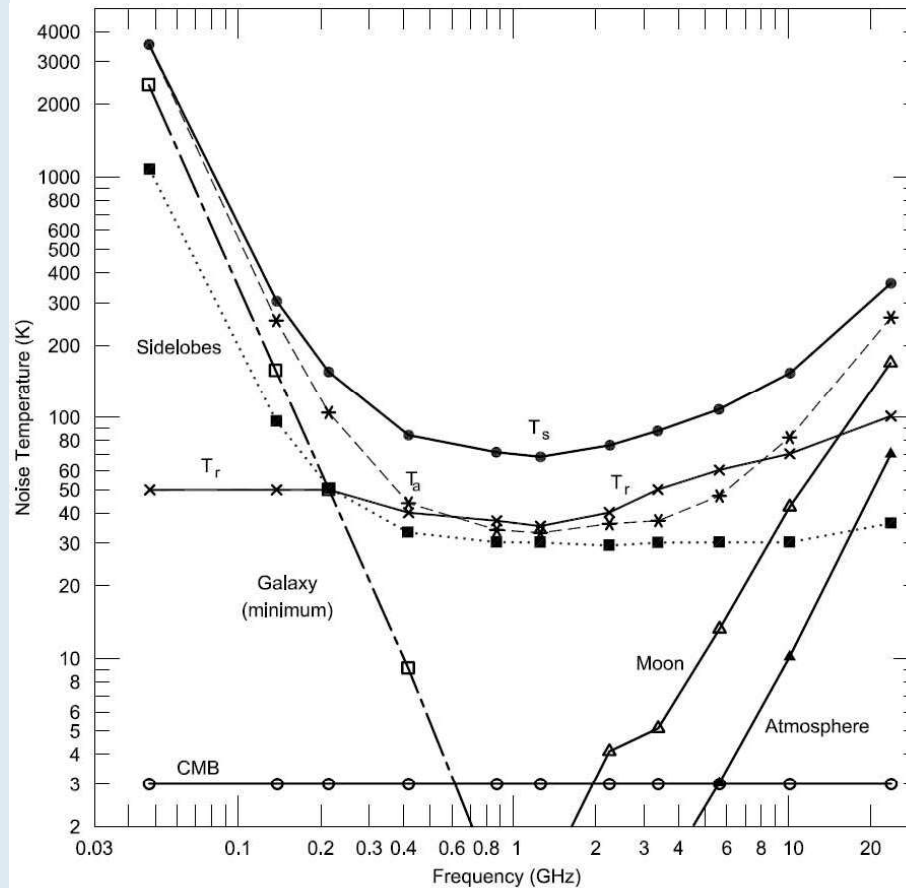
Himmelsrauschen bei 144 MHz:



Taylor, J., K1JT: ARRL Handbook, chapter 30 Space Communications, ARRL, Newington, 2010.

EME = earth moon earth

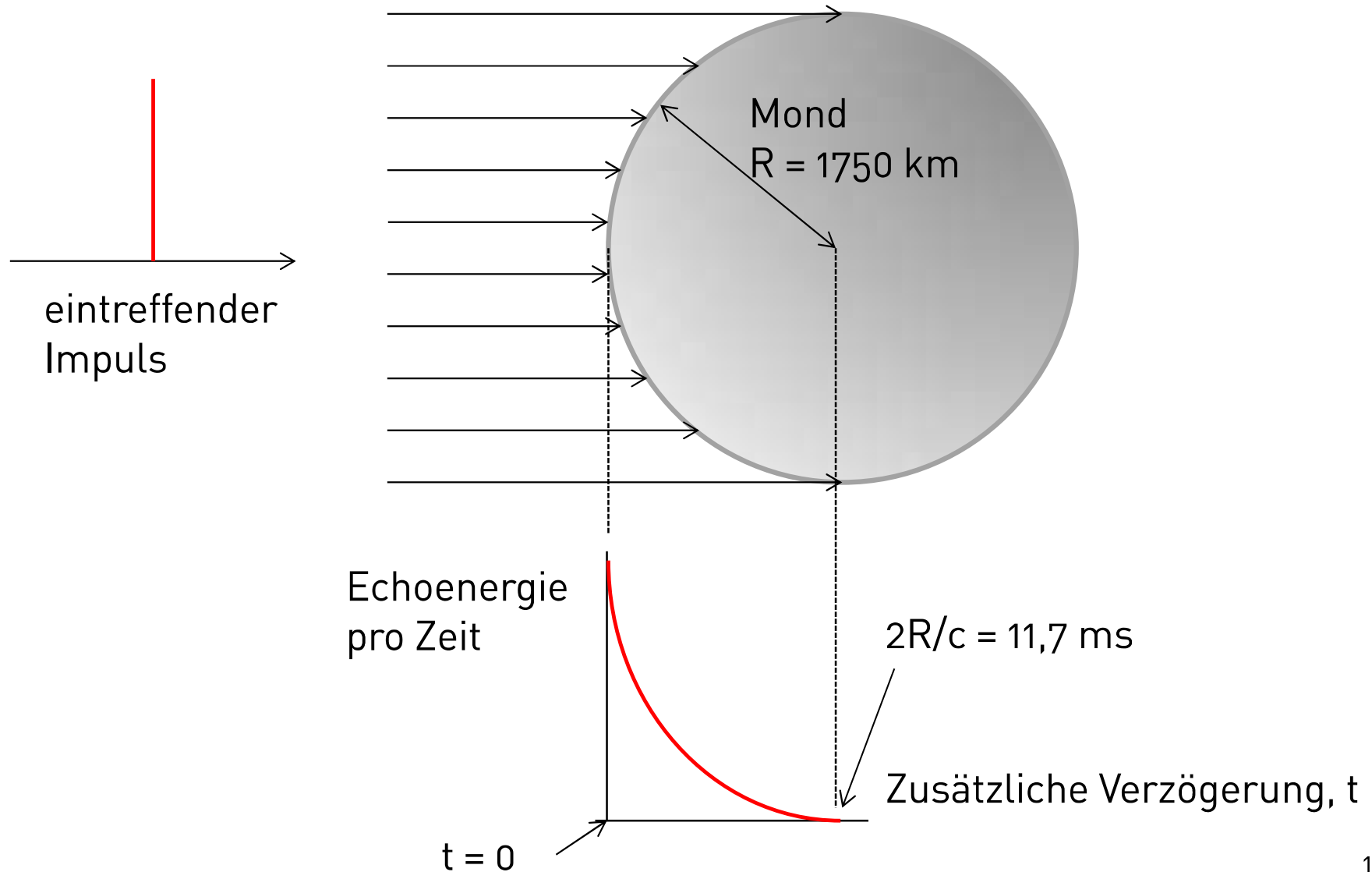
Rauschbeiträge zur (Gesamt-)Systemrauschtemperatur:



Taylor, J., K1JT: ARRL Handbook, chapter 30 Space Communications, ARRL, Newington, 2010.

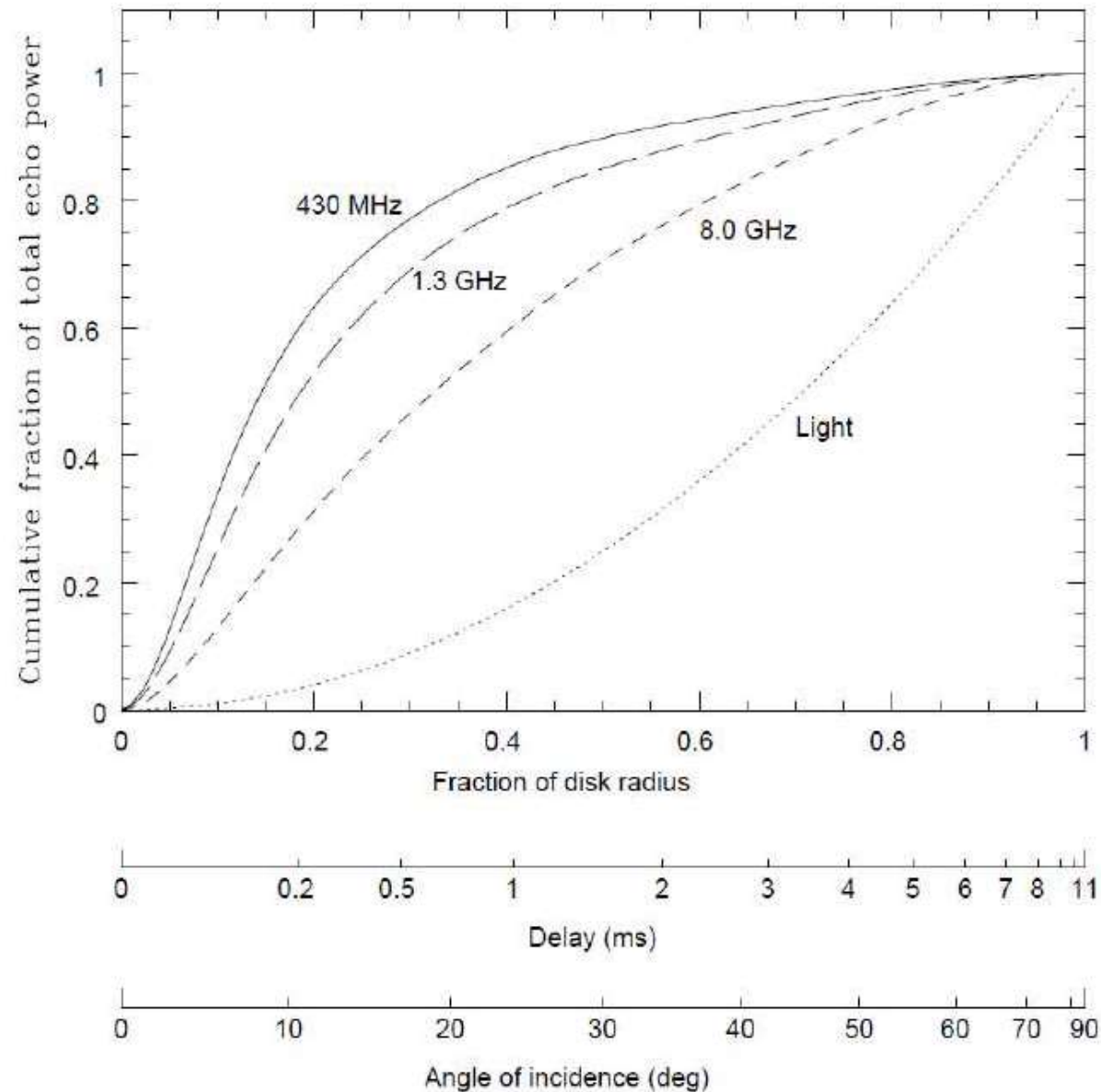
EME = earth moon earth

Echoverbreiterung (→ Zeitdispersion)



EME = earth moon earth

unterschiedliches Reflexionsverhalten der Mondoberfläche – von „spiegelnd“ bis „diffus“

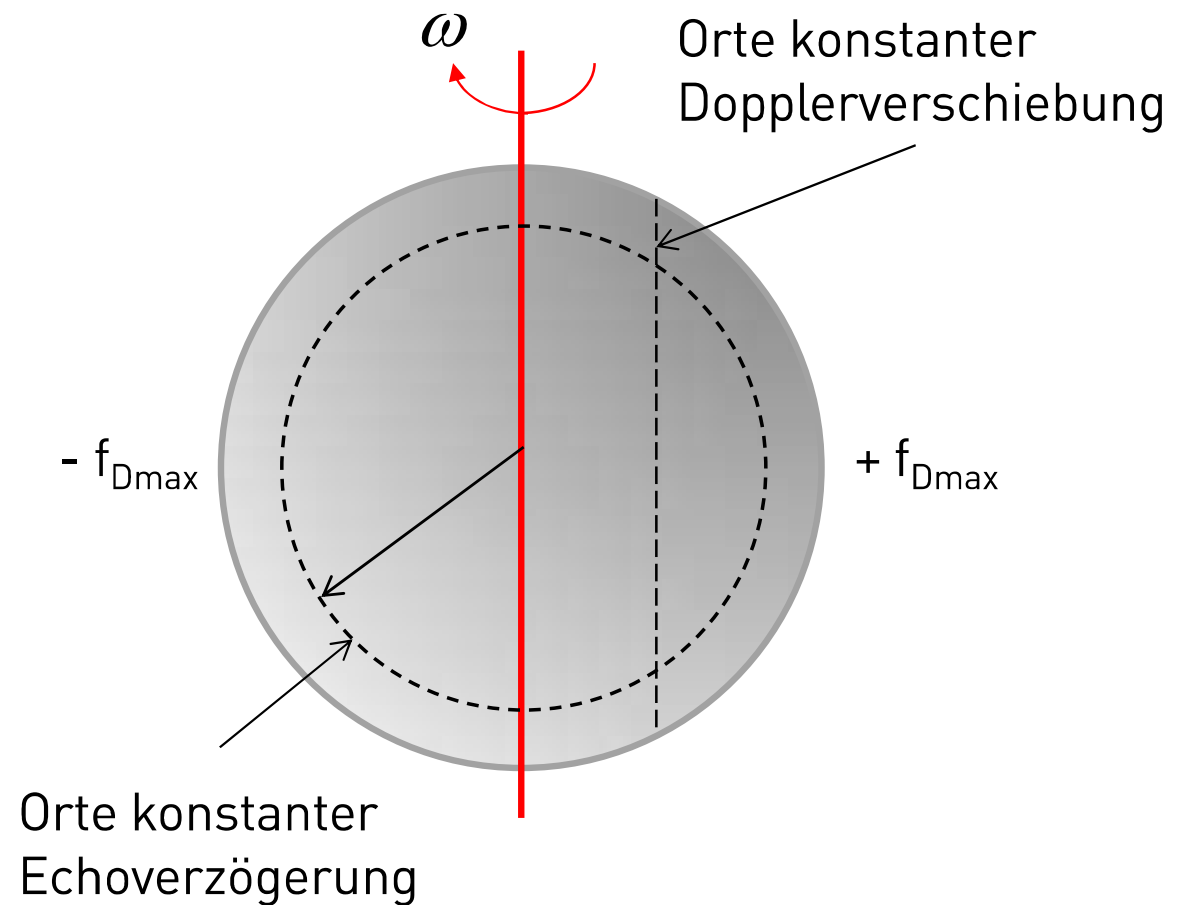


EME = earth moon earth

Libration = echte oder scheinbare Taumelbewegung eines Mondes gesehen von seinem Zentralkörper aus (→ Frequenzdispersion)



E:\VFDB_Z21\
on_animation_Apr

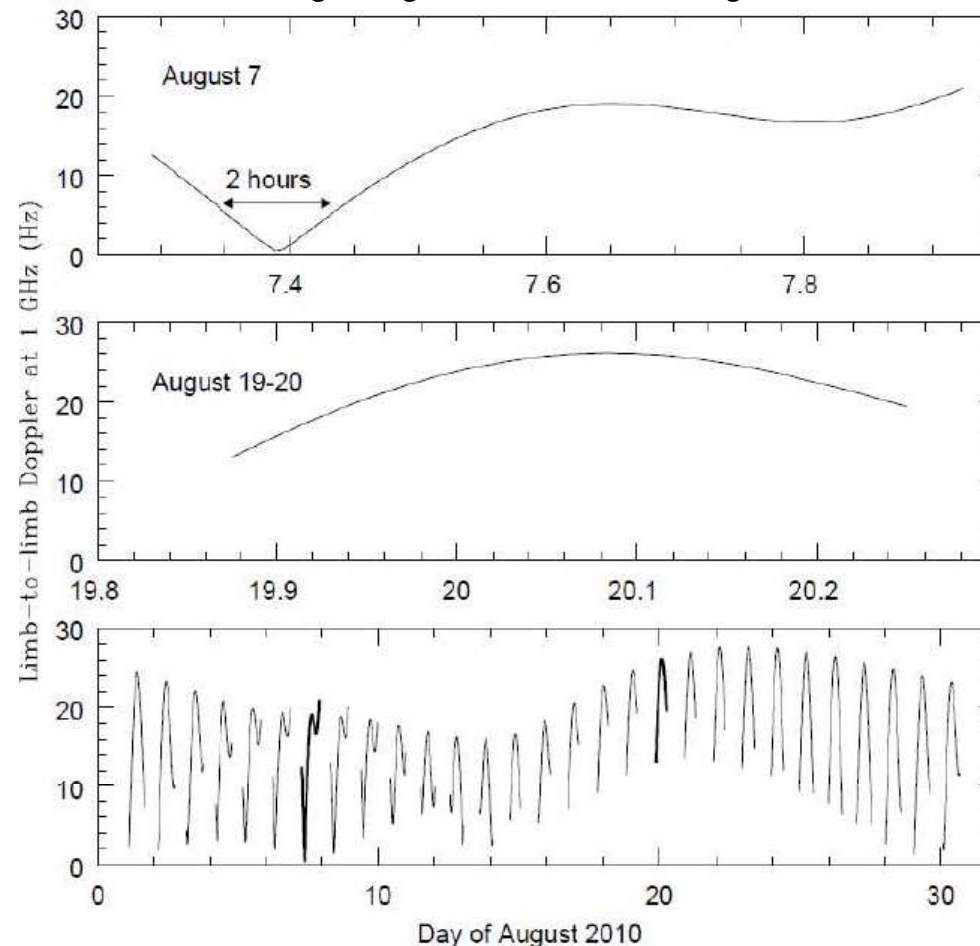


EME = earth moon earth

Prädiktion der Libration

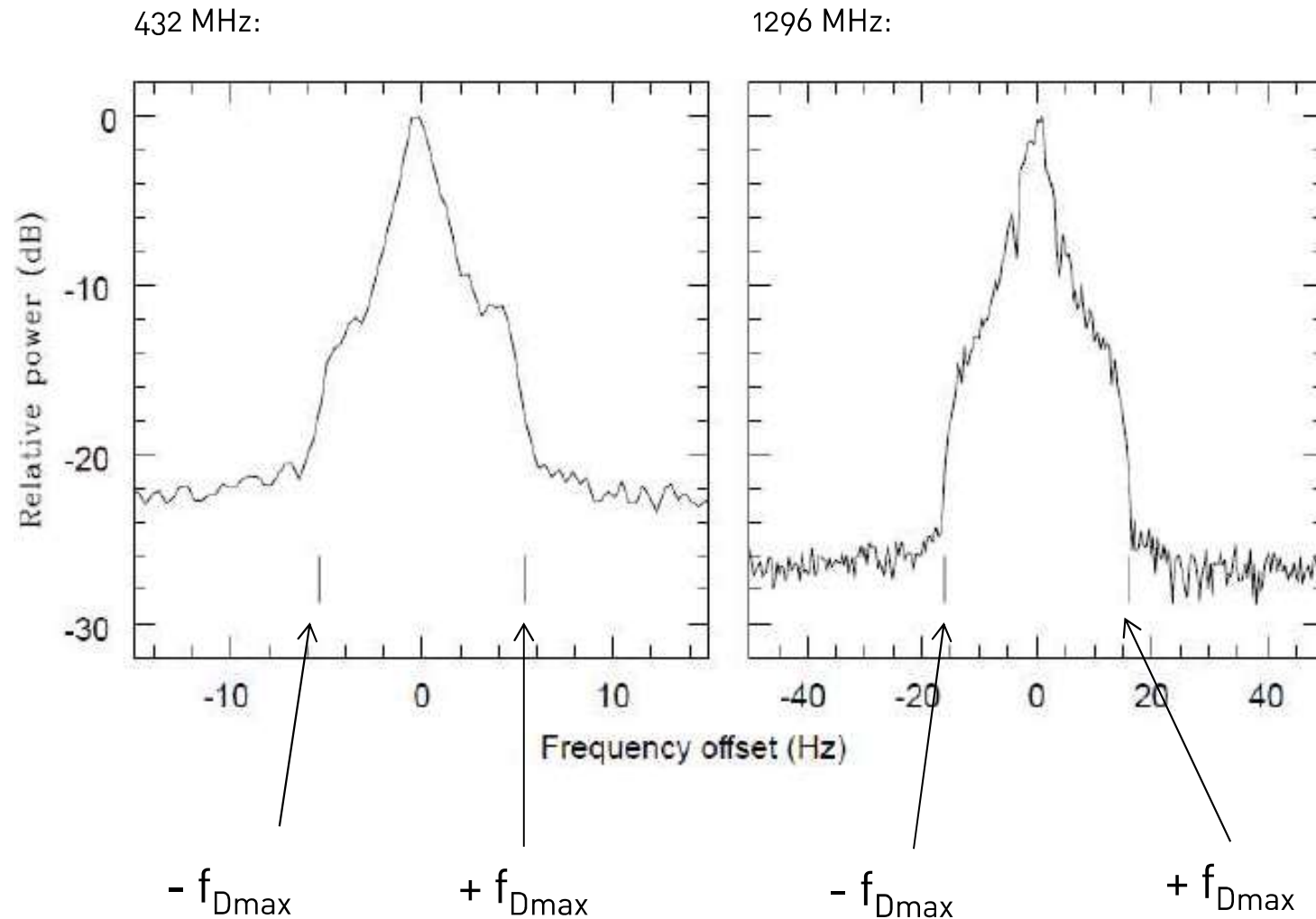
praktische Auswirkung bei EME:

- CW klingt umso „rauher“, je höher die Trägerfrequenz (bzw. tiefe Fading-“Löcher“, d.h. einzelne Punkte bzw. sogar ganze Zeichen gehen verloren)
- Bei digitalen Übertragungsverfahren, z.B. Mehrträgerverfahren: f-Abstand der Unterträger muss ausreichend groß gewählt werden (vgl. JT65A/B/C)



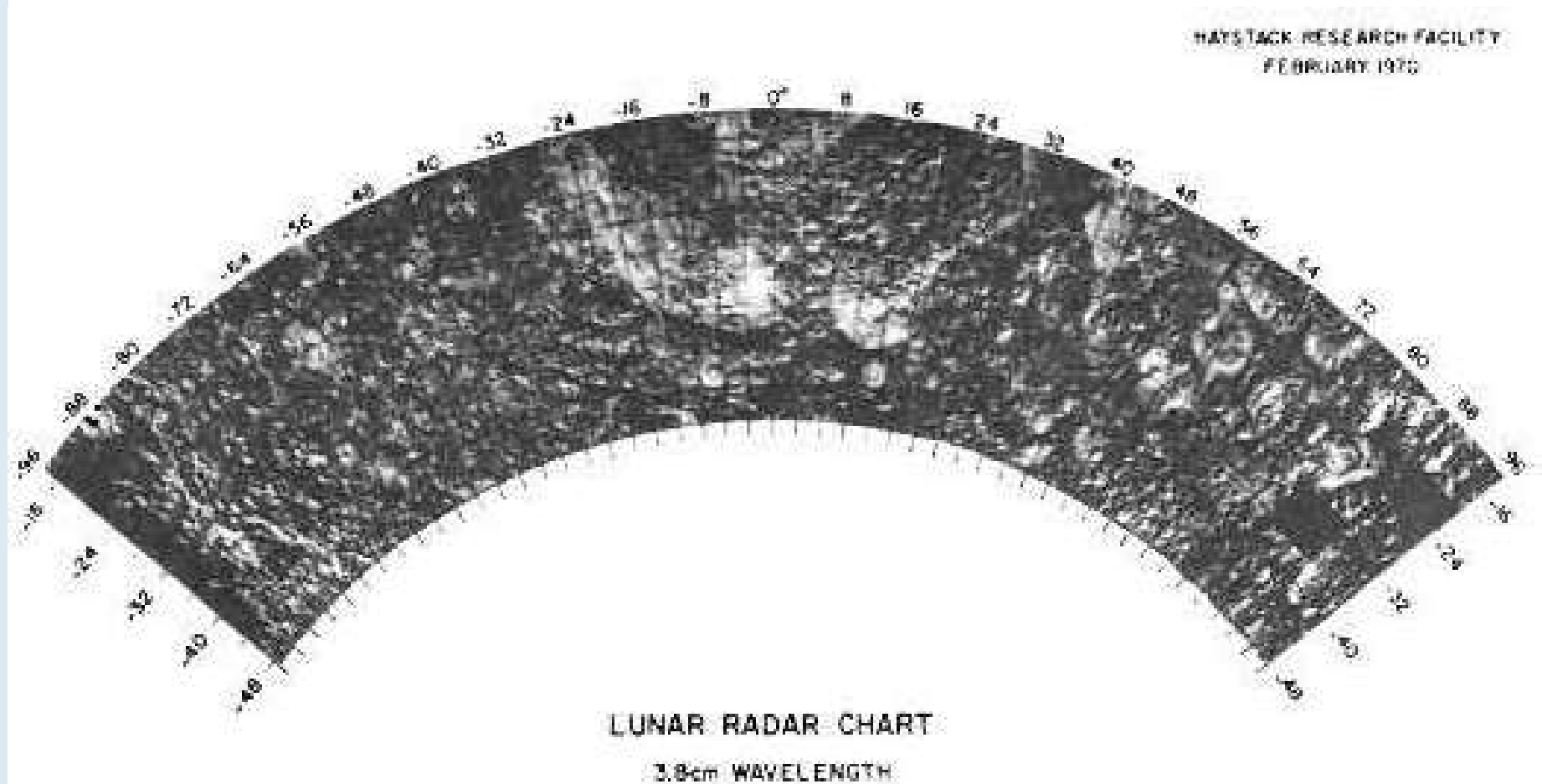
EME = earth moon earth

(Amateur-)Messungen zum „Dopplerspread“



EME = earth moon earth

(professionelle) Messungen + Signalverarbeitung → Radar-“Bild“ der Mondoberfläche



EME = earth moon earth

Räumliche Depolarisation

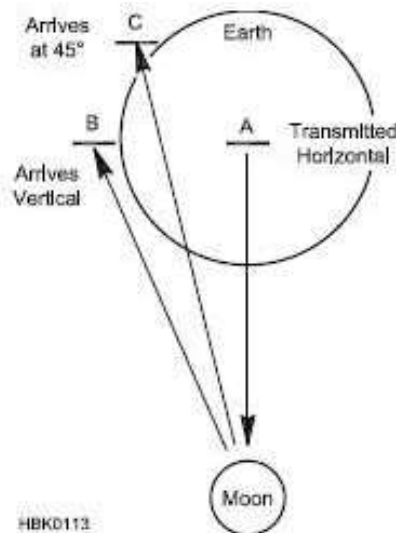
+

Faraday-Effekt = Drehung der Polarisationssebene beim Durchgang der Welle durch Ionosphäre mit äußerem (Erd-)Magnetfeld
quasi-longitudinaler Fall (nahe der Erdpole):

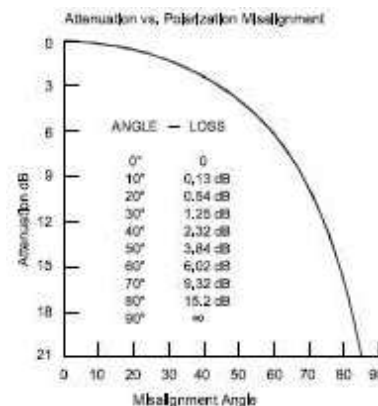
$$\theta_L = \frac{q^3 \lambda^2}{8\pi^2 c^3 \epsilon_0 m^2} \int_0^x NB \cos \phi dx \propto \frac{1}{f^2}$$

quasi-transversaler Fall (nahe des Äquators):

$$\theta_r = \frac{q^4 \lambda^3}{32\pi^3 c^4 \epsilon_0 m^3} \int_0^x NB^2 \sin^2 \phi dx \propto \frac{1}{f^3}$$

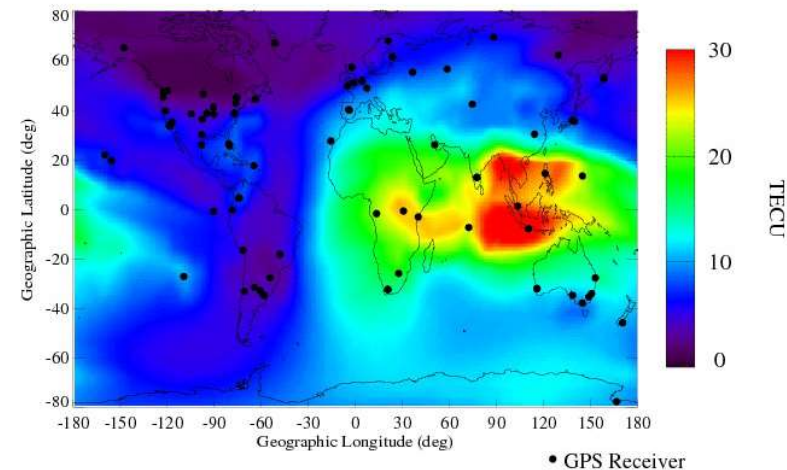


HBKD113



02/12/07
09:00 UT

Ionospheric TEC Map



Mon Feb 12 01:01:08 2007

Keine verlässliche Vorhersage der Polarisationssebene am Empfänger (Zusatzdämpfung!) möglich:

- Bei $f \leq 432$ MHz: tiefe Fadingeinbrüche bei linearer Polarisation
- Bei $f \geq 1296$ MHz ... (10 GHz): zirkulare Polarisation (meist Reflektorantenne, Aufwand für zirkular pol. Feed relativ gering)

EME = earth moon earth

- Mondbake ON0EME in Belgien bei 1296 MHz:
Sendeleistung ca. 400 Watt,
Antennendurchmesser 3m



ON 0 EME EME BEACON 1296.000 MHz	
Status Control	
Main parameters	
Beacon operational	●
Moon above horizon	●
Allowed TX (10deg)	●
PTT (TX)	●
Azimuth Antenna	256.3 °
Elevation Antenna	22.2 °
Azimuth Moon	256.6 °
Elevation Moon	22.0 °

<http://www.on0eme.org>

Mit 3 m Empfangsantenne,
Argentinien:



E\
nikum\Receiving C

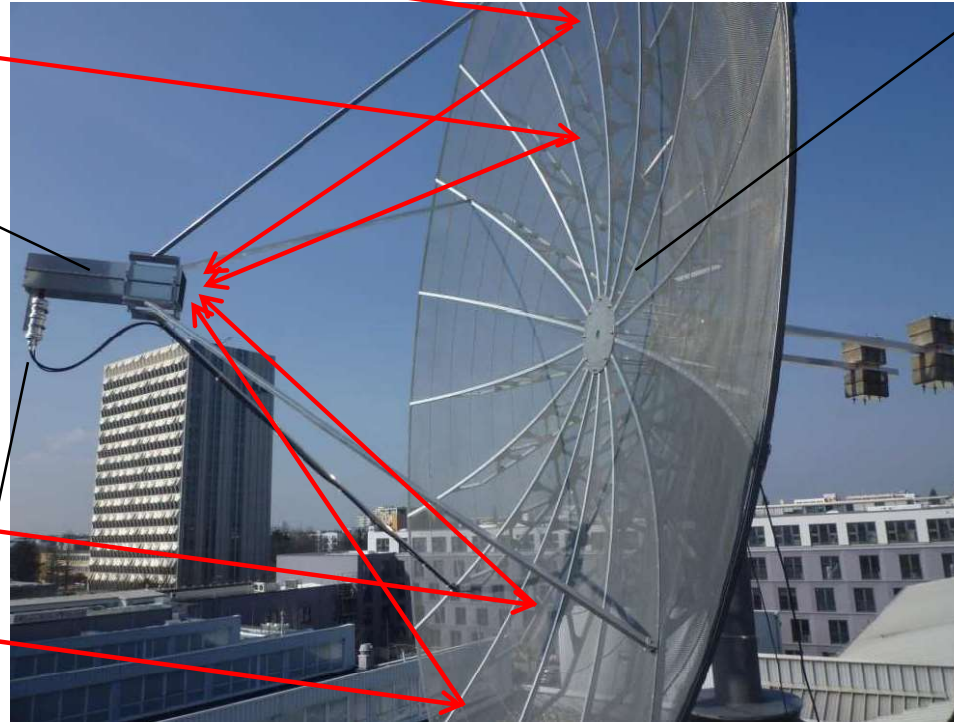
Mit 10 m Empfangsantenne,
Tschechien:



ON0EME.mp4

Antenne & Empfangsanlage h_da

Feed: L-Band nach
OK1DFC



Reflektor:

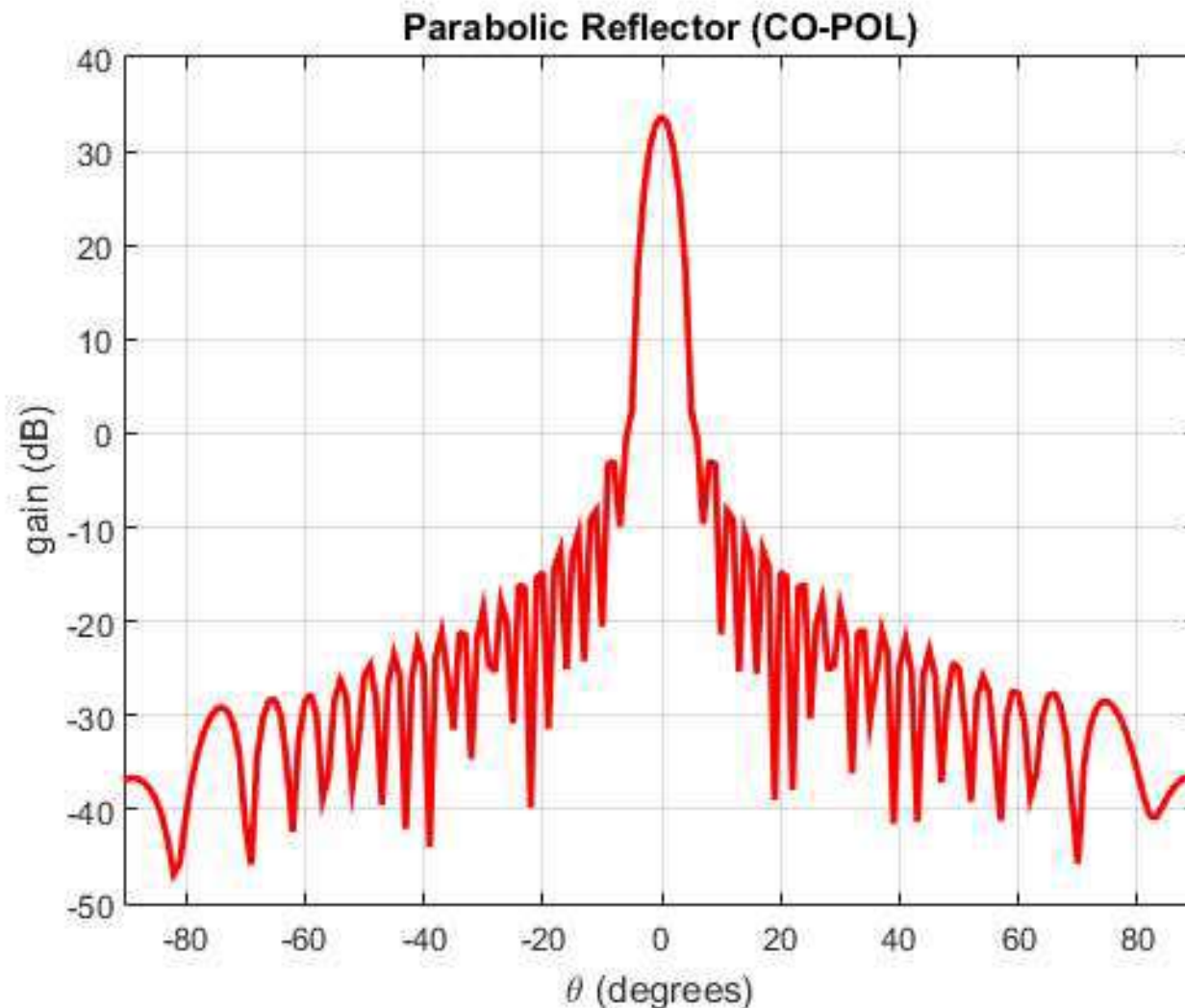
Durchmesser
 $D = 4,5\text{m}$
 $f/D = 0,45$
wegen Gewicht
und Windlast:
Maschendraht-
bespannung,
Oberflächen-
genauigkeit
ca. 4mm rms

LNA – low noise amplifier: Verstärkung
des Signals bevor es durch Kabeldämpfung
noch weiter abgeschwächt wird

Antenne & Empfangsanlage h_da

Richtdiagramm / Gewinn (Simulation!): bei 1,3 GHz

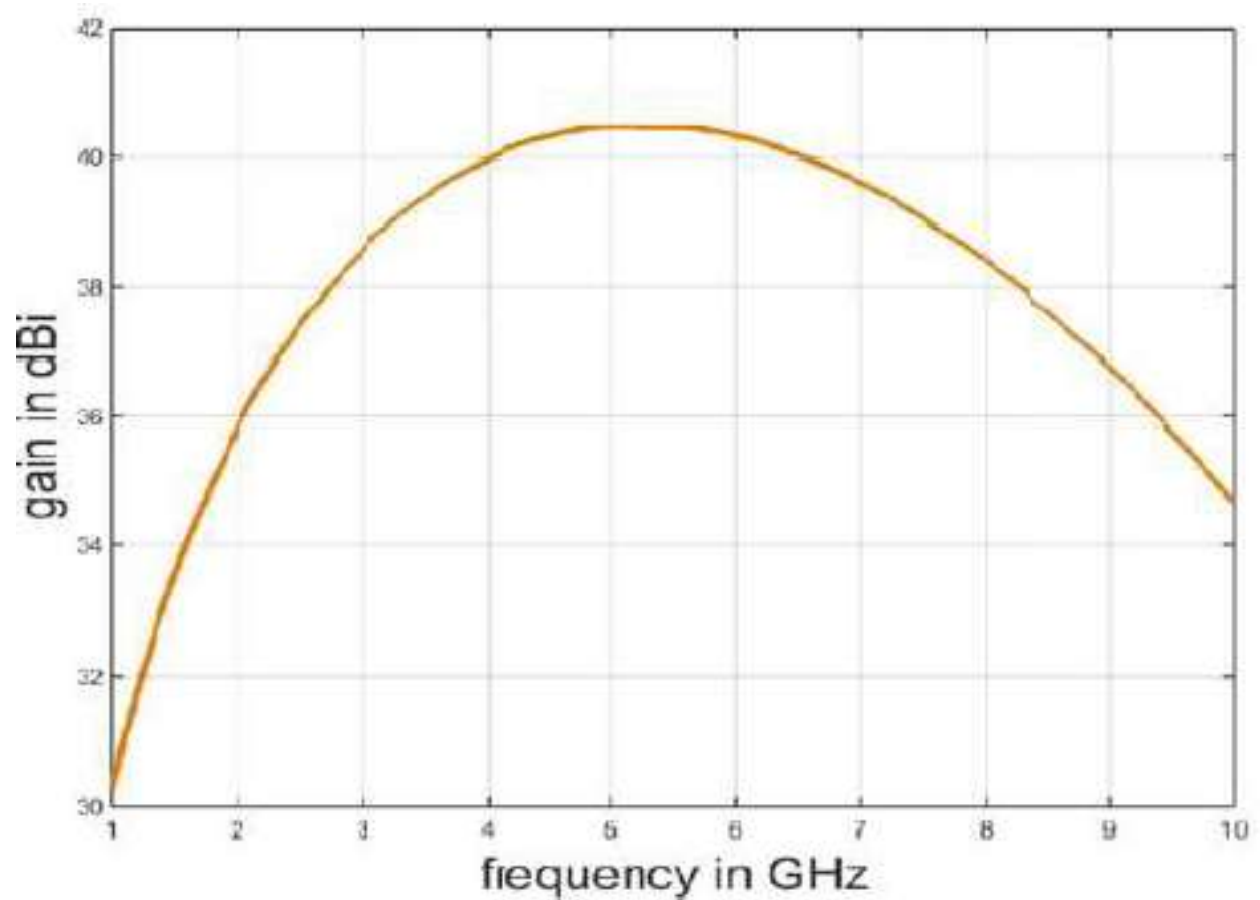
- Halbwertsbreite (-3dB) ca. 3°
- Nebenzipfelunterdrückung >30dB (erste Abschätzung!)



Antenne & Empfangsanlage h_da

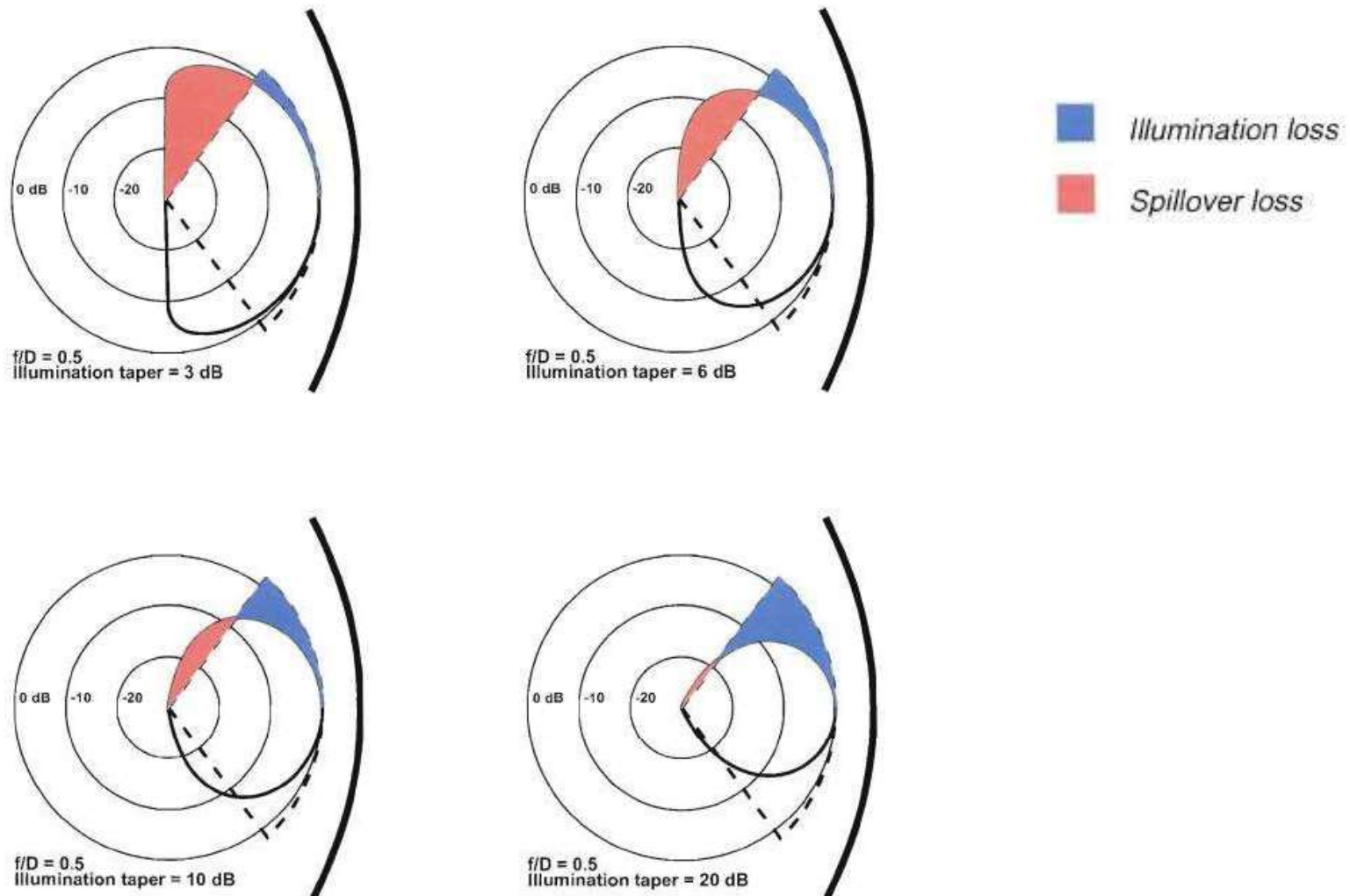
Gewinn: ab ca. 5 GHz Abknicken der Gewinnkurve aufgrund der immer stärker ins Gewicht fallenden Oberflächenungenauigkeit (ca. $\varepsilon = 4$ mm rms gemessen!)

$$G(\varepsilon, \lambda) = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A \cdot e^{-\left(\frac{4\pi\varepsilon}{\lambda}\right)^2}$$



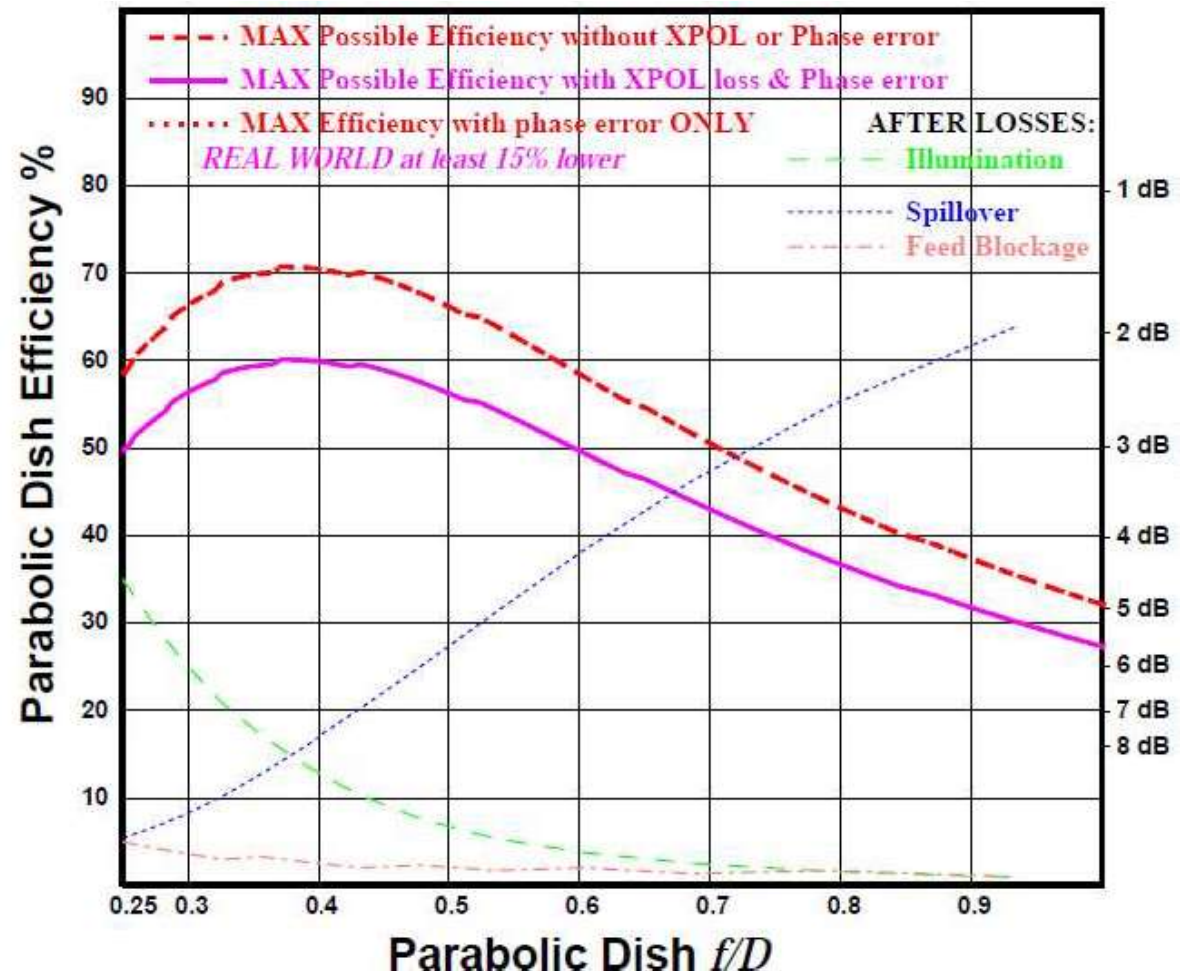
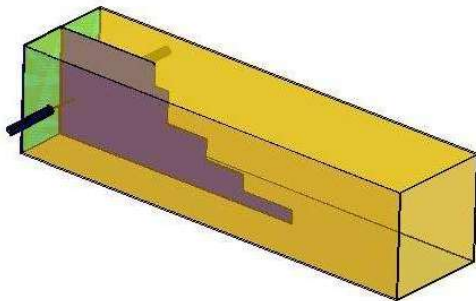
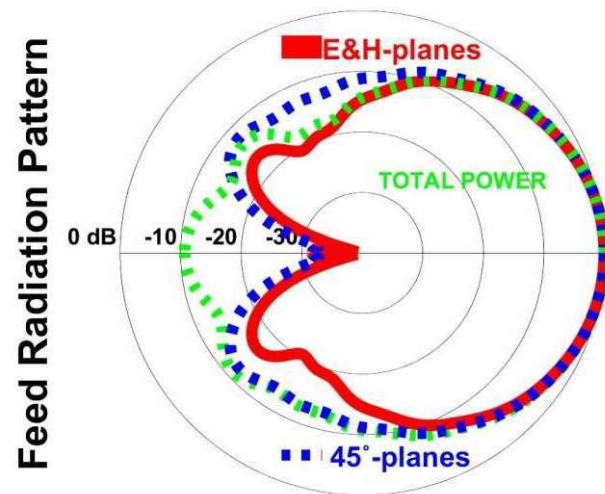
Antenne & Empfangsanlage h_da

Grundsätzlicher Kompromiss: „under-illumination“ – „spillover“



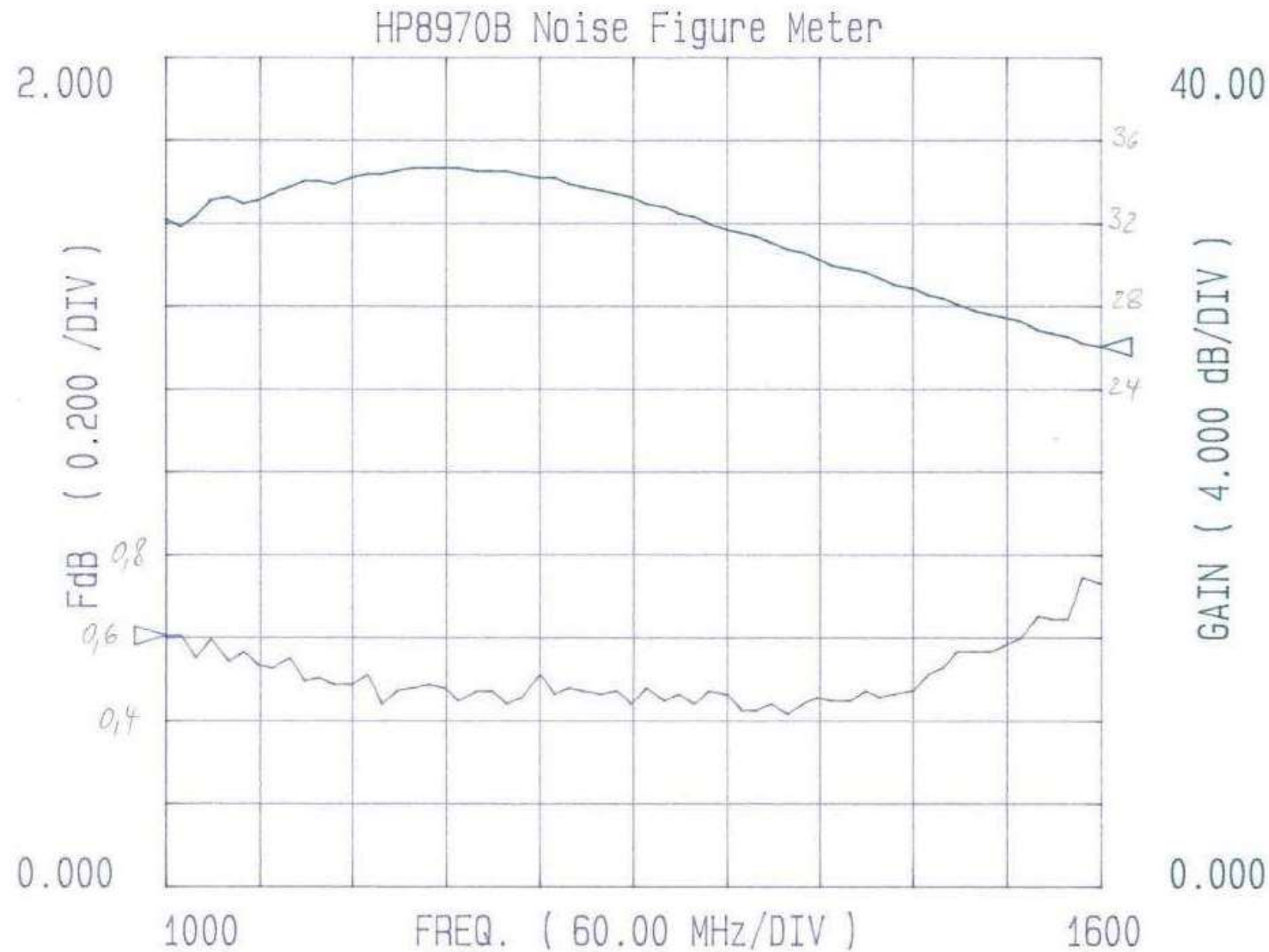
Antenne & Empfangsanlage h_da

Feed in Kombination mit Reflektor (hier: $D=10\lambda$) – unterschiedliches f/D



Antenne & Empfangsanlage h_da

LNA:



Antenne & Empfangsanlage h_da

Linkbudget, z.B. mit VK3UM EME-calculator:

The screenshot displays the VK3UM EME Performance Calculator Ver 11.11 interface. The main window is divided into several sections for calculating the link budget for Earth-Moon-Earth (EME) communication.

Two Station EME / Rx Performance / Source Pos. / Planets / Sky Map / Home Data

Tx A (Home Station)

- Frequency: 1296 MHz
- Path Loss: 270.55 dB
- Rx BW: 10 K
- Diam: 0.58 mm
- Mesh: 3.00 mm
- Spacing H-V: 3.00 mm
- Sys Sensitivity: -151.8 dBm
- Echo SN: 0.56 dB
- Effective ground: 233 K
- Loss: 0.003 dB
- Mesh: Gnd to Cold Sky
- 4.62 dB
- 10.7cm: 7.58 K, 35.39 K
- 112: 0.10 dB, 0.50 dB, 30.0 dB, 2.0 dB, 5.0 dB, 41.46 K, 0.09 K, 15.35 dB
- LNA Loss: LNA NF: LNA Gain: Coax Loss: Rx NF: Spillover: Feedthrough derived from Mesh size: Sun Y: Moon Y:
- 150 Watts: 21.76 dBW: 0.3 dB: 140 Watts: 21.46 dBW: 350.921 W EIRP
- RxTK 44.16 K = 0.62 dB (Receiver Noise Temperature)
- TSys 95.71 K = 1.24 dB (System Noise Temperature)
- Ground Temperature: 290 K 17 °C

Dx Station as received at Home Station -11.58 dB

Home Station as received at Dx Station 2.67 dB

Tx B (Dx Station)

- Frequency: 1296 MHz
- Path Loss: 270.55 dB
- Rx BW: 120 Hz
- Diam: 2.92 mm
- Mesh: 10.00 mm
- Spacing H-V: 10.00 mm
- Sys Sensitivity: -159.0 dBm
- Echo SN: -9.47 dB
- Effective ground: 236 K
- Loss: 0.013 dB
- Mesh: Gnd to Cold Sky
- 4.62 dB
- 10.7cm: 7.32 K, 24.34 K
- 112: 0.10 dB, 0.35 dB, 33.0 dB, 2.0 dB, 1.0 dB, 34.10 K, 0.42 K, 11.41 dB
- LNA Loss: LNA NF: LNA Gain: Coax Loss: Rx NF: Spillover: Feedthrough derived from Mesh size: Sun Y: Moon Y:
- 30 Watts: 14.77 dBW: 0.3 dB: 28 Watts: 14.47 dBW: 21.440 W EIRP
- RxTK 31.81 K = 0.45 dB (Receiver Noise Temperature)
- TSys 76.33 K = 1.01 dB (System Noise Temperature)
- Ground Temperature: 290 K 17 °C

Operating Frequency

- 50 MHz, 144 MHz, 222 MHz, 432 MHz, 900 MHz, 1296 MHz, 2304 MHz, 3456 MHz, 5760 MHz, 10.368 GHz, 24.048 GHz, 47.088 GHz, 70 MHz, 406 MHz, 2295 MHz

Yagi Array

- Single Yagi Gain in dBd: 16.00 dBd
- Number of Yagis: 1
- G/T: 0.00
- E: 26.04 °
- Beam Width: 26.04 °
- Array Type and Gain: User Defined
- 16.00 dBd, 18.15 dBd

Parabolic Reflector

- Focal length: 2.03 m
- Diameter: 4.50 m
- Size: Metric
- f/D: 0.45
- Efficiency: 67.2%
- Beam Width: 3.60 °
- Gain: 2507
- Dish Gain: 31.84 dBd, 33.99 dBd
- 19.5 Lambda

Home Station ... Y Factor Calc

- Noise Source (Hot): Sagittarius A, Cassiopeia A, Cygnus A, Centaurus A, Taurus A, Virgo A, Termination
- Noise Source (Cold): Aquarius or Leo, Tsky (variable)
- Noise [hot] Flux: 1718 Jy
- Quiet [cold] Sky: 10 K
- System TK: 95.71 K
- Point Source Y Factor: 0.29 dB
- YU1AW Aperture Source calculations. These are only valid for 144 and 432 MHz. Point Sources should be used for 1296 MHz and above.

Yagi Array

- Single Yagi Gain in dBd: 12.00 dBd
- Number of Yagis: 1
- G/T: 0.00
- E: 41.27 °
- Beam Width: 41.27 °
- Array Type and Gain: User Defined
- 12.00 dBd, 14.15 dBd

Parabolic Reflector

- Focal length: 1.07 m
- Diameter: 2.49 m
- Size: Metric
- f/D: 0.43
- Efficiency: 67.2%
- Beam Width: 6.50 °
- Gain: 766
- Dish Gain: 26.69 dBd, 28.84 dBd
- 10.8 Lambda

Effective Aperture

- TxA: 10.67 M²
- TxB: 3.26 M²

Beam Width Ratio

- 0.15, 0.08

Set Current Moon

- Update Moon

Moon Data

- Phase: 0.84
- Illum: 22.2 %
- 4th Quarter
- P Angle: 302 °
- Moon Temp: 225 K
- Frequency adjusted sfu: 1296 MHz

Moon Radar Equ.

- 52.60 dB

Moon return Loss

- 270.55 dB

Current Moon Distance

- 370.488 kms

Moon Flux 10^-22

- Sy = 0.08

Moon Angular Diam

- 0.538" 32' 15.2"

Moon Declination

- Dec. 12.04 °

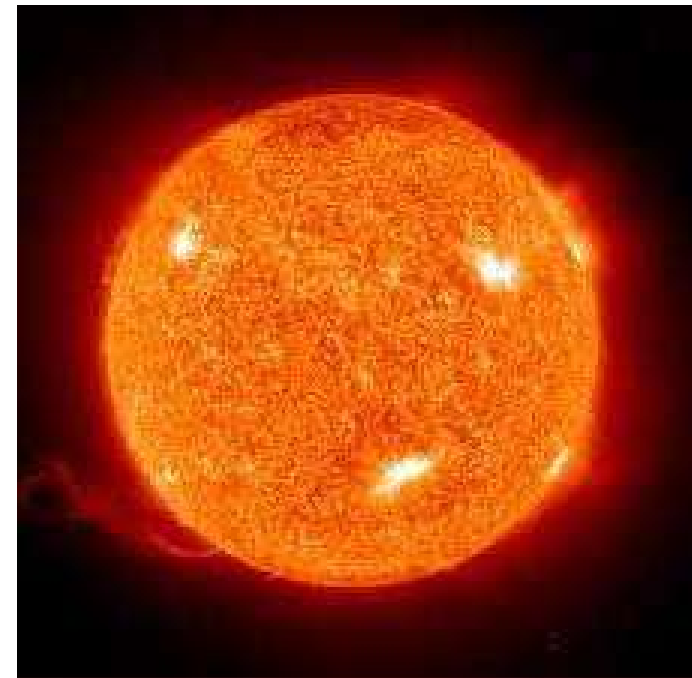
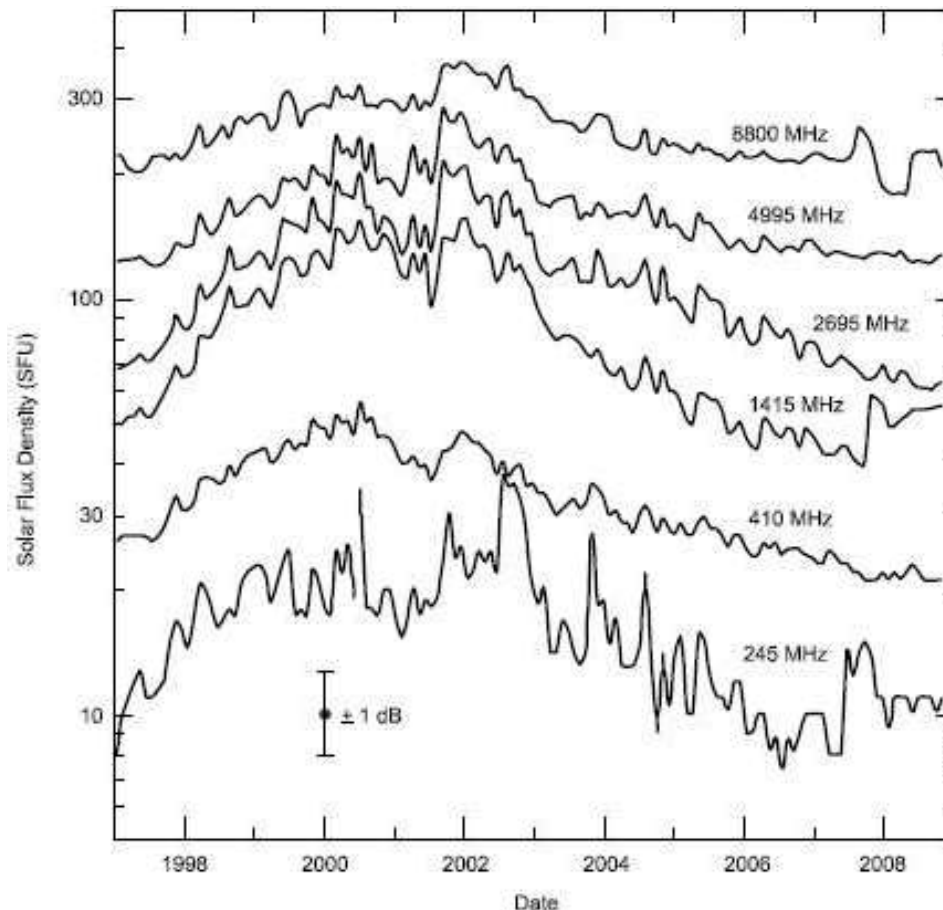
Engineering Panel

VK3UM Ver 11.11

Antenne & Empfangsanlage h_da

Leistungsfähigkeit Gesamtsystem?

- G bzw. T_s sind für sich alleine schwierig zu messen – aber: „G/ T_s “ mittels „heiß-kalt“ Methode (bzw. Y-Faktor-Methode)
- dazu Sonne als punktförmige, breitbandige Rauschquelle („heiß“) am Himmel
- Problem: Strahlungsintensität der Sonne unterliegt großen Schwankungen (Frequenz, Sonnenaktivität, Jahres-/Tageszeit,...) !



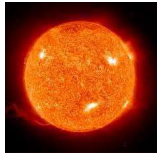
$$1SFU = 1 \cdot 10^{-22} \frac{W}{m^2 \cdot Hz} = 1 \cdot 10^4 Jy$$

Einheit: Jy = „Jansky“

Antenne & Empfangsanlage h_da

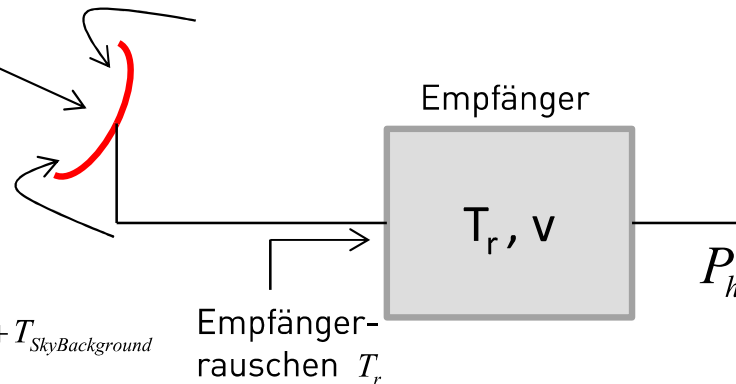
Y-Faktor-Messung

1. Messung → Antenne Richtung Sonne („hot“)

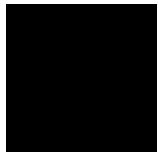


Äußeres
Rauschen:

$$T_{ah} = T_{Sun} + T_{SideLobes} + T_{SkyBackground} \\ \approx T_{Sun}$$

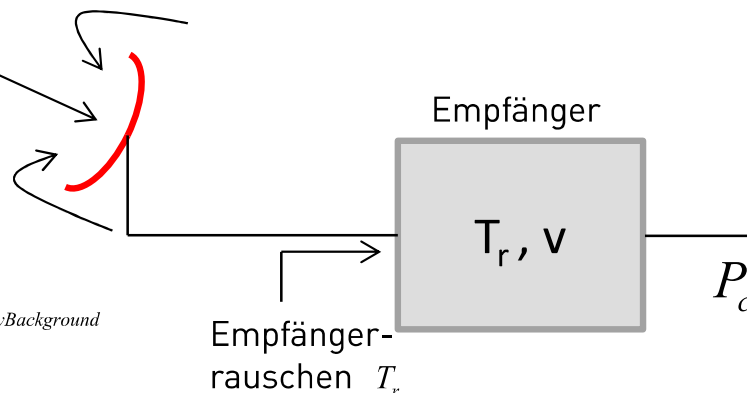


2. Messung → Antenne Richtung „kalter“ Himmel („cold“)



Äußeres
Rauschen:

$$T_{ac} = T_{SideLobes} + T_{SkyBackground} \\ \approx T_{SideLobes}$$



$$\rightarrow Y = \frac{P_h}{P_c} = \frac{kB(T_r + T_{ah}) \cdot v}{kB(T_r + T_{ac}) \cdot v} = \frac{T_S + T_{Sun}}{T_S} = 1 + \frac{T_{Sun}}{T_S}$$

„G/T_s“ als „figure of merit“:

Leistungsdichte „SFU“ bezogen auf Fläche 1 m² und Bandbreite 1 Hz, d.h. Strahlungsleistungsdichte S_{Sun} der Sonne innerhalb Bandbreite B

$$S_{Sun} = SFU \cdot 10^{-22} \cdot B$$

mit

$$T_{Sun}^* = \frac{P_h}{kB} = \frac{S_{Sun} \cdot A_w}{kB} = \frac{SFU \cdot 10^{-22} \cdot \lambda^2 \cdot G}{4\pi \cdot k}$$

und unter Berücksichtigung (Polarisation!) von

$$T_{Sun} = \frac{1}{2} \cdot T_{Sun}^*$$

folgt:

$$\frac{G}{T_S} = \frac{3,47(Y-1)}{SFU \cdot \lambda^2}$$

Antenne & Empfangsanlage h_da



PC:

- Steuerung SDR, Demodulation, Anzeige, Speicherung Messung
- Bahnberechnung, Steuerung Antenne



SDR – software defined radio (Airspy)
bzw. verschiedene Spektralanalysatoren



zur Antenne

Motorsteuerung:

- Azimut (Drehen)
- Elevation (Kippen)



zum Motor

Eindrücke vom Aufbau



Zusammenfassung, Ausblick

Was hat das mit dem E-technik Studium an einer Hochschule für angewandte Wissenschaften zu tun?

→ Parabolantenne stellt ein komplettes, exemplarisches, nachrichtentechnisches Empfangssystem mit vielen „Disziplinen“ dar:

- Antennentechnik
- Hochfrequenztechnik, Elektronik
- Signalverarbeitung und Ergebnisdarstellung
- Ausbreitung el.-magnet. Wellen
- Satellitenkommunikation (z.B. GPS)
- Himmelsmechanik/Bahnberechnung
- ...

konkrete nächste Schritte:

- Messung G/T_s des Empfangssystems
- RX-Aufzeichnung der Mondbake ON0EME
- RX-Aufzeichnungen zum ARRL EME competition contest im Herbst
- automatisches Tracking von Sonne bzw. Mond

Quellen

- [1] Taylor, J., K1JT: Space Communications, Chapter 30, ARRL Handbook, 2010.
- [2] Taylor, J., K1JT: Frequency-dependent characteristics of the EME path. EME conference, Dallas, 2010.
- [3] Fehrenbach, J., DJ7FJ: 10 GHz-EME – Grundlagen und Erkenntnisse. UKW-Berichte, 2/95, S.67-85.
- [4] Grassmann, V., DF5AI: Der Mond als passiver Reflektor, www.df5ai.net.
- [5] McArthur, D., VK3UM: EME calculator, www.vk3um.com.
- [6] Wade, P., W1GHZ: Analysis of the OK1DFC septum feed, www.w1ghz.com.
- [7] Talbot, A., G4JNT: Weak signal modes on the microwave bands, www.g4jnt.com.
- [8] Ruze, J.: Antenna tolerance theory – a review. Proc. of the IEEE 54(4), pp. 633-640, May 1966.
- [9] Balanis, C.A.: Antenna Theory. Third edition, Wiley, 2005.
- [10] Hagfors, T.; Campbell, D.B.: Mapping of Planetary Surfaces by Radar. Proc. IEEE 61, pp. 1219-1225, 1973.

Anhang

W FAST-Observatorium – Wik... x +

https://de.wikipedia.org/wiki/FAST-Observatorium

Suchen

Nicht angemeldet Diskussionsseite Beiträge Benutzerkonto erstellen Anmelden

Artikel Diskussion Lesen Bearbeiten Quelltext bearbeiten Versionsgeschichte Suchen

Koordinaten: 26° 39′ 9″ N, 106° 51′ 24″ O

FAST-Observatorium

Das **Five hundred meter Aperture Spherical Telescope** (kurz FAST) ist ein **Radioteleskop** mit über 500 Meter Durchmesser.

Es befindet sich seit 2011 im Pingtang-Kreis in der Provinz Guizhou im Südwesten von China im Bau und nutzt die Geländemulde der Dawodang Depression. Es soll 2016 fertiggestellt und das größte und genaueste Radioteleskop der Welt werden. Die Kosten sollen 1200 Millionen Yuan betragen (166 Mio. €). Das Gelände wurde unter 30 möglichen Standorten in einer natürlichen Karstdepression gewählt. Die Anlage ist baulich ähnlich dem Arecibo-Observatorium.^[1]

Die Anlage ist flexibel aufgebaut und kann die Form der Hauptantenne anpassen, dies ermöglicht Beobachtungen bis zu einer Neigung von bis zu 40° aus dem Zenit. Genutzt wird der Frequenzbereich von 0,3–3,0 GHz, das Teleskop soll eine Genauigkeit von vier Bogensekunden erreichen.^{[2][3]}

Ein etwa horizontal liegender Gitterrohrtrug von rund 500 m Durchmesser wird von etwa 70 senkrecht stehenden prismatischen Masten getragen, die je nach Geländeniveau unterschiedliche Höhen aufweisen. Dieser Ring hält ein unter der Schwerkraft durchhängendes Seilgitter, das in der Mitte aus regelmäßigen Dreiecken gebildet wird. Dieses Stahlseilgitter wird 4 450 steife Flächenelemente – reflective panels – tragen, die zusammen etwa einen Parabolspiegel formen. Diese dreieckigen Paneele bestehen aus einer tragenden Gitterrohrkonstruktion mit etwa 1,20 m Höhe und etwa 2 m Horizontalabstand der Knoten; obenauf liegt ein Rost mit Gitter von etwa 1 cm Rastermaß, viel kleiner als die typisch zu reflektierende Wellenlänge von 10 cm. An jedem Knoten des Seilnetzes greift etwa rechtwinklig ein Zugseil an, das durch Zug zu einem Anker am Boden die Geometrie der Reflektorschüssel moduliert. Indem die Position von Paneelen mit Laser millimetergenau bestimmt wird, kann die Form des Reflektors sehr genau und rasch optimiert werden, um **Abbildungsfehler** zu minimieren, während eine Radioquelle, die scheinbar über den Erdhimmel zieht, verfolgt wird. Die Empfangsantenne wird von Seilen getragen, die von den Spitzen von 6 rund um die Schüssel stehenden konischen Gitterrohrmasten ausgehen.

Um eine Arbeit des Teleskops frei von elektromagnetischen Störungen zu ermöglichen, sollen bis September 2016 9110 Einwohner aus vier Siedlungen in einem Umkreis von fünf Kilometern um das Teleskop umgesiedelt werden.^[4]

Weblinks

[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten]

- Webseite
- Five-Hundred Meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST) Cable-Suspended Robot Model and Comparison with the Arecibo Observatory

Einzelnachweise

[Bearbeiten | Quelltext bearbeiten]

- ↑ DailyMail: China is building the world's biggest radio telescope that's the equivalent of 30 football pitches so it can 'listen to the UNIVERSE' – Bildbericht von der Baustelle, 28./29. Juli 2015, abgerufen 2. Mai 2016 – (englisch) – gibt fälschlich den Durchmesser statt korrekt den Umfang mit "more than 1 mile" an.
- ↑ Rendong Nan et al.: The Five-Hundred-Meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST) Project. International Journal of Modern Physics D 20, 989 (2011), DOI 10.1142/S0218271811019335. (Arxiv-Preprint)
- ↑ Luftbild von FAST
- ↑ China to Relocate 9,110 for World's Largest Radio Telescope auf: China Radio International, 16. Februar 2016, abgerufen am 17. Februar 2016

Kategorien: Großteleskop (Radiobereich) | Bodengebundenes Observatorium

Diese Seite wurde zuletzt am 30. Juni 2016 um 19:43 Uhr geändert.

Abrufstatistik

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden. Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.

Datenschutz Über Wikipedia Haftungsausschluss Entwickler Stellungnahme zu Cookies Mobile Ansicht

DE 99% 14:40 06.07.2016

Anhang

SUN NOISE and Measur... x SWS - Learmonth Observat... x

www.sws.bom.gov.au/Solar/3/4/2

open glider

Australian Government
Bureau of Meteorology

Space Weather Services

Home | Space Weather | Satellite | Geophysical | Solar | HF Systems | Products and Services | Educational | World Data Centre

FORECAST SOL: Normal MAG: Normal TON: Moderate Looking for something? Site search

Home > Solar > Learmonth Observatory > Radio Flux > Quiet Solar

Wednesday, Jul 06 2016 10:16 UT

Solar

- Solar Conditions
 - Day-Night Location
 - Solar Region Data
 - Solar Activity Plot
 - Solar Wind Speed
 - Summary and Forecast
 - Monthly Sunspot Numbers
 - X-Ray Flux
 - X-Ray Flares
 - Proton Flux
 - Solar Flare Forecast
- Culgoora Observatory
 - Overview
 - Spectrographs
 - Last Type II Event
 - H-Alpha Image
 - Historical Data
 - White Light Image
- Learmonth Observatory**
 - Overview
 - Spectrographs
 - Images
 - Radio Flux
 - Historical Data
 - Movies of Solar Activity
 - Automated Radio Burst Identification System
- Online Tools
 - Solar Activity Rotation
 - Culgoora Type II Tool
 - Learmonth Type II Tool
- Related Sites
 - Solar Links
- Section Information
 - Solar Help Page
 - Latest News

Quiet Solar (IFLUX)
(last updated 06 Jul 2016 07:30 UT)

IFLUX : Background Solar Radio Flux

Station	Date	Time	Status	Freq	QS flux	Quality
Learmonth	06/07/16	04:23	final	245	10	? weath
				410	19	? weath
				610	14	? weath
				1415	52	good
				2695	104	?
				4995	143	good
Learmonth	06/07/16	04:06	correct	8800	245	good
				15400	499	good
				245	10	? weath
				410	19	? weath
				610	14	? weath
				1415	52	good
				2695	104	?
				4995	143	good
				8800	245	good
				15400	499	good

Interpolated value for 1300MHz: 45.6
Interpolated value for 1540MHz: 57.0
Interpolated value for 1707MHz: 63.6
Interpolated value for 2300MHz: 87.7
Interpolated value for 2401MHz: 91.8
Interpolated value for 2790MHz: 105.9
Interpolated value for 5625MHz: 160.1
Interpolated value for 6000MHz: 170.2
Interpolated value for 8000MHz: 223.8
Interpolated value for 8200MHz: 229.1
Interpolated value for 9410MHz: 266.8
Interpolated value for 10400MHz: 303.0

Top

About SWS | Feedback | Contact Us | Site Help | Site News | Careers | Site Map | Site search | Acknowledgments | Subscribe

Space Weather Services Review Report and Management Response
disclaimer privacy accessibility

© Copyright Commonwealth of Australia 2016, Bureau of Meteorology (ABN 92 637 533 532)

DE 99% 12:17 06.07.2016

Anhang

SPACE WEATHER PREDICTION CENTER
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION

Wednesday, July 06, 2016 10:22:14 UTC

HOME ABOUT SPACE WEATHER PRODUCTS AND DATA DASHBOARDS MEDIA AND RESOURCES SUBSCRIBE ANNUAL MEETING FEEDBACK

Home > Products and Data > Forecasts > Predicted Sunspot Number And Radio Flux

CURRENT SPACE WEATHER CONDITIONS on NOAA Scales

PREDICTED SUNSPOT NUMBER AND RADIO FLUX

:Predicted_Sunspot_Numbers_and_Radio_Flux: Predict.txt
:Created: 2016 Jul 04 0300 UTC
Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center (SWPC).
Please send comments and suggestions to swpc.webmaster@noaa.gov

Sunspot Number: S.I.D.C. Brussels International Sunspot Number.
10.7cm Radio Flux value: Penticton, B.C. Canada.
Predicted values are based on the consensus of the Solar Cycle 24 Prediction Panel.

See the README3 file for further information.

Missing or not applicable data: -1

Predicted Sunspot Number And Radio Flux Values
With Expected Ranges

-----Sunspot Number----- ----10.7 cm Radio Flux-----
YR MO PREDICTED HIGH LOW PREDICTED HIGH LOW
#-----
2016 01 33.7 34.7 32.7 100.3 101.3 99.3
2016 02 33.9 35.9 31.9 99.5 100.5 98.5
2016 03 33.6 36.6 30.6 98.7 100.7 96.7
2016 04 33.2 38.2 28.2 97.9 100.9 94.9
2016 05 33.1 38.1 28.1 96.7 100.7 92.7
2016 06 33.0 39.0 27.0 95.0 99.0 91.0
2016 07 33.0 40.0 26.0 93.5 98.5 88.5

Usage Impacts Details History Data

Multi-year forecast of the monthly sunspot number and the monthly F10.7. Predicted values are based on the consensus of the Solar Cycle 24 Prediction Panel.

HOME
ABOUT SPACE WEATHER
Impacts
Earth's Climate
Electric Power Transmission
GPS Systems
HF Radio Communications

Forecasts
27-Day Outlook of 10.7 cm Radio Flux and Geomagnetic Indices
3-Day Forecast
3-Day Geomagnetic Forecast
Forecast Discussion
Predicted Sunspot Numbers and Radio Flux
Report and Forecast of Solar and Geophysical Activity

Real Time Solar Wind
Satellite Environment
Solar Synoptic Map
Space Weather Overview
Station K and A Indices
Summaries
Solar & Geophysical Activity Summary