

Erste Schritte der Radioastronomie an der Sternwarte in DD-Gönnsdorf

Hartmut Büttig DL1VDL
OV-Abend S06 , 17.11.2021



Typischer Anfang, wenn man nicht Nein sagt.

- 2019 Anruf in der Forschungstechnik im HZDR:
- Die Sternwarte bekam eine Yagi und einen Vorverstärker für 1420 MHz geschenkt. Kann jemand was damit machen und sich bei uns mit Radioastronomie beschäftigen ?
- Anruf bei mir: Du bist Rentner und HF- Mann, kannst du dir das mal anschauen?
- Ok, ich schau mir das mal an....

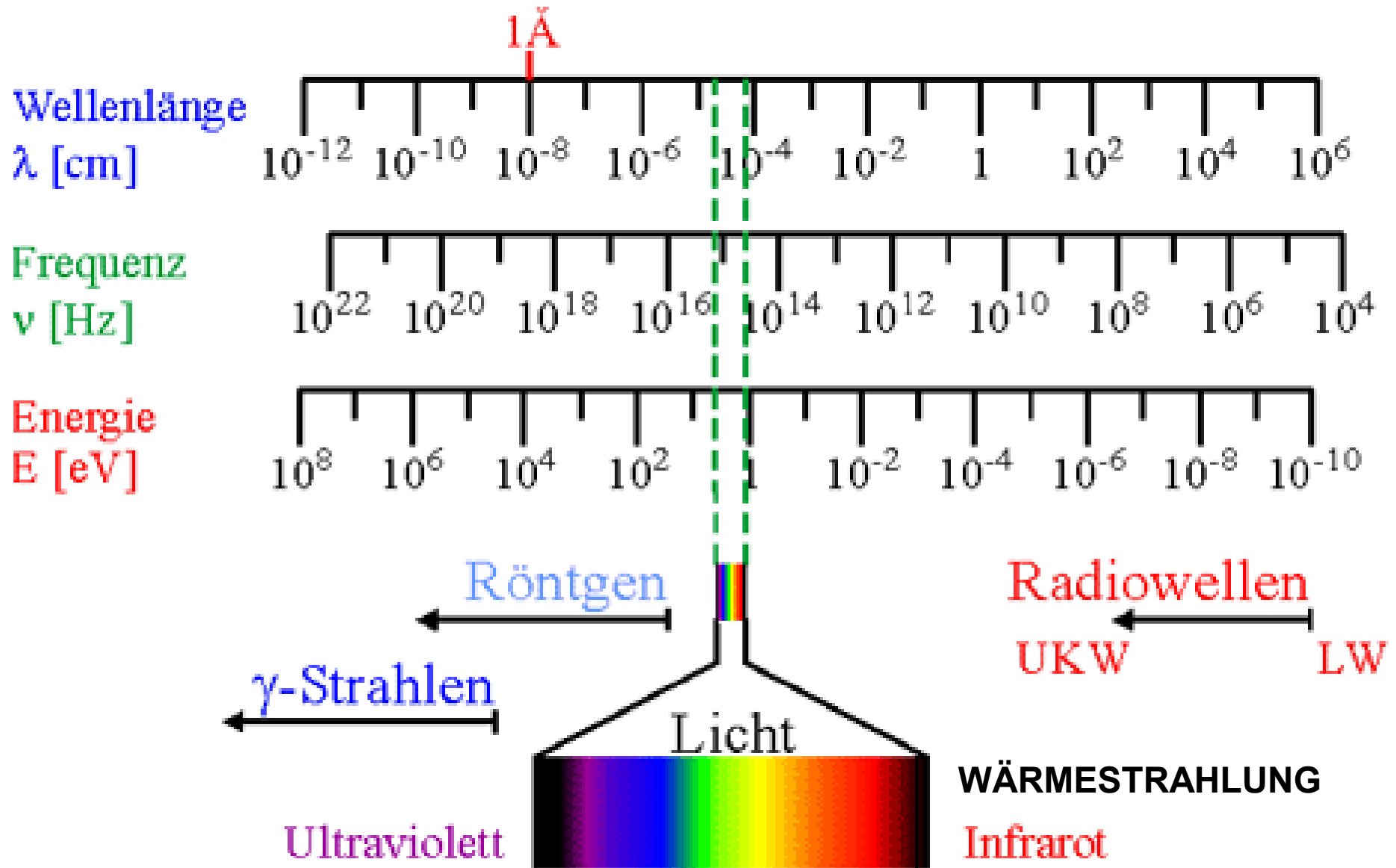
Kurzer astronomischer Rückblick

- https://de.wikipedia.org/wiki/Zeittafel_Astronomie
- Schon in den ersten Hochkulturen wurde Astronomie betrieben,
- ab 3000 v. Chr. Sternkonstellationen auf Tontafeln gemeißelt,
- 3. Jh. v. Chr.: Aristarch von Samos misst die Größe und den Abstand des Mondes und der Sonne. Er zeigt als erster einen mathematischen Nachweis für die Existenz eines **heliozentrischen Weltbildes**.
- 829: Einrichtung einer Sternwarte in Bagdad

- um 150: Claudius Ptolemäus: geozentrisches Weltbild (von der Kirche gewollter Rückschritt).
- 1543: Nicolaus Copernicus greift die Idee des heliozentrischen Weltbildes wieder auf.
- 1584: Giordano Bruno: Fixsterne sind Zentren von anderen Planetensystemen.
- 1609: erster dokumentierter astronomischer Einsatz eines Fernrohrs durch Galileo Galilei.
- 1616: Jesuitenpater Nicolaus Zucchius baut das erste Spiegelteleskop.

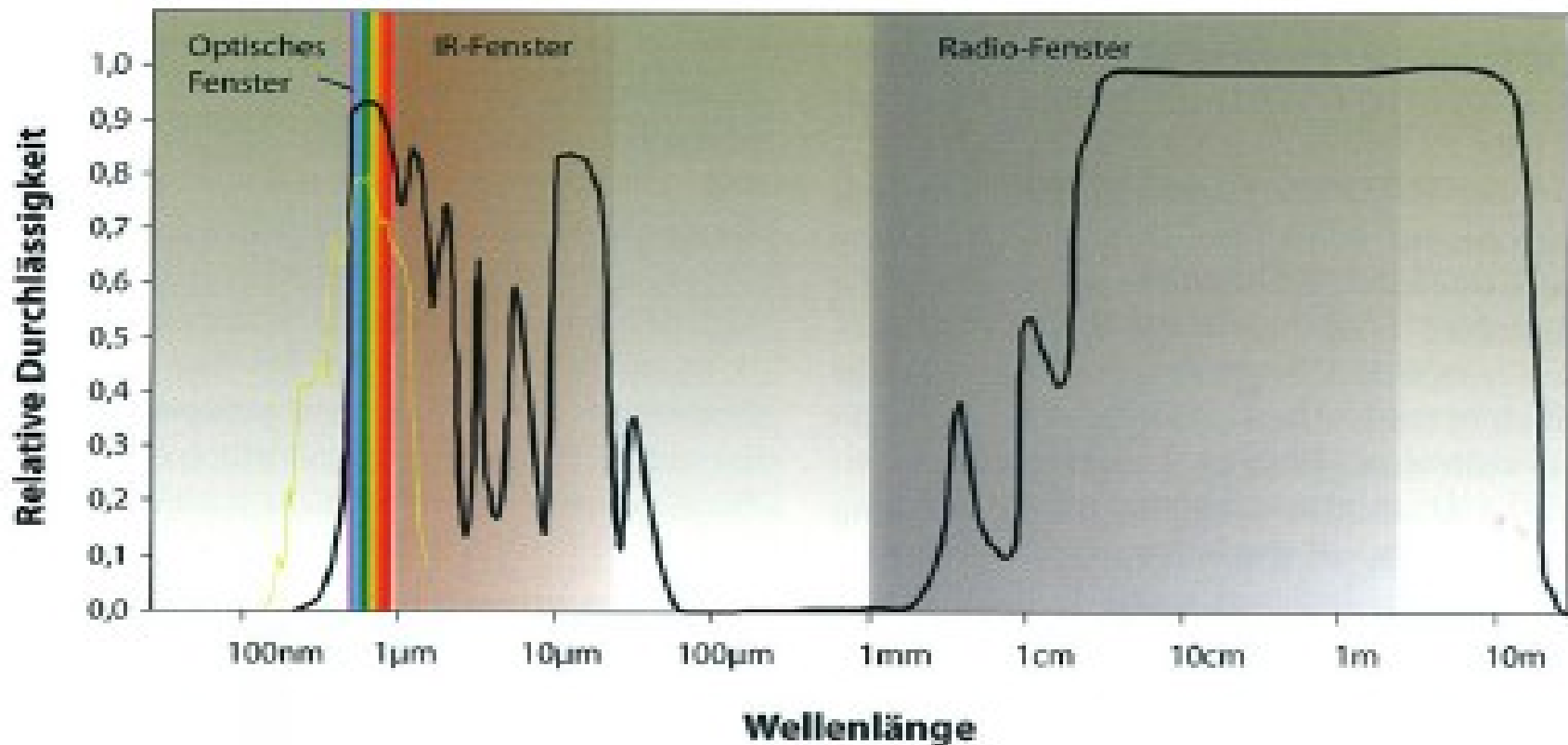
- 1633: René Descartes behauptet, dass alles, selbst die Entstehung des Universums, durch die Gesetze der Physik beschreibbar ist.
- 1859: Robert Wilhelm Bunsen und Gustav Kirchhof entwickeln die Spektralanalyse. Damit Chemische Elemente detektierbar.
- **Fazit: Bis heute ist die Beobachtung des Universums im sichtbaren Spektrum ein Grundbaustein der Astronomie geblieben!**

Astronomie im sichtbaren Bereich



Energie $E =$ Frequenz mal Konstante (Plancksches Wirkungsquantum)
 Lichtgeschwindigkeit $c =$ Wellenlänge mal Frequenz $c: 300000\text{km/s}$

- Jeder Bereich des elektromagnetischen Spektrums bietet eine andere Perspektive auf die physikalischen Zusammenhänge des beobachteten Phänomens



Durchlässigkeit der Erdatmosphäre für elektromagnetische Strahlung

Geburtsstunde der Radioastronomie

- Die ersten Radiowellen aus dem Kosmos wurden zu Beginn der 30er Jahre von dem Physiker Karl Guthe Jansky entdeckt.
- Er sollte herausfinden, warum transatlantische Funkverbindungen so oft durch Zisch- und Knackgeräusche gestört wurden.
- Er konnte schon bald Gewitteraktivitäten als Ursache für das Knacken ausmachen.
- Er hörte darüber hinaus ein schwaches, stetiges Rauschen, das offenbar aus der Richtung der Milchstraße zu kommen schien.



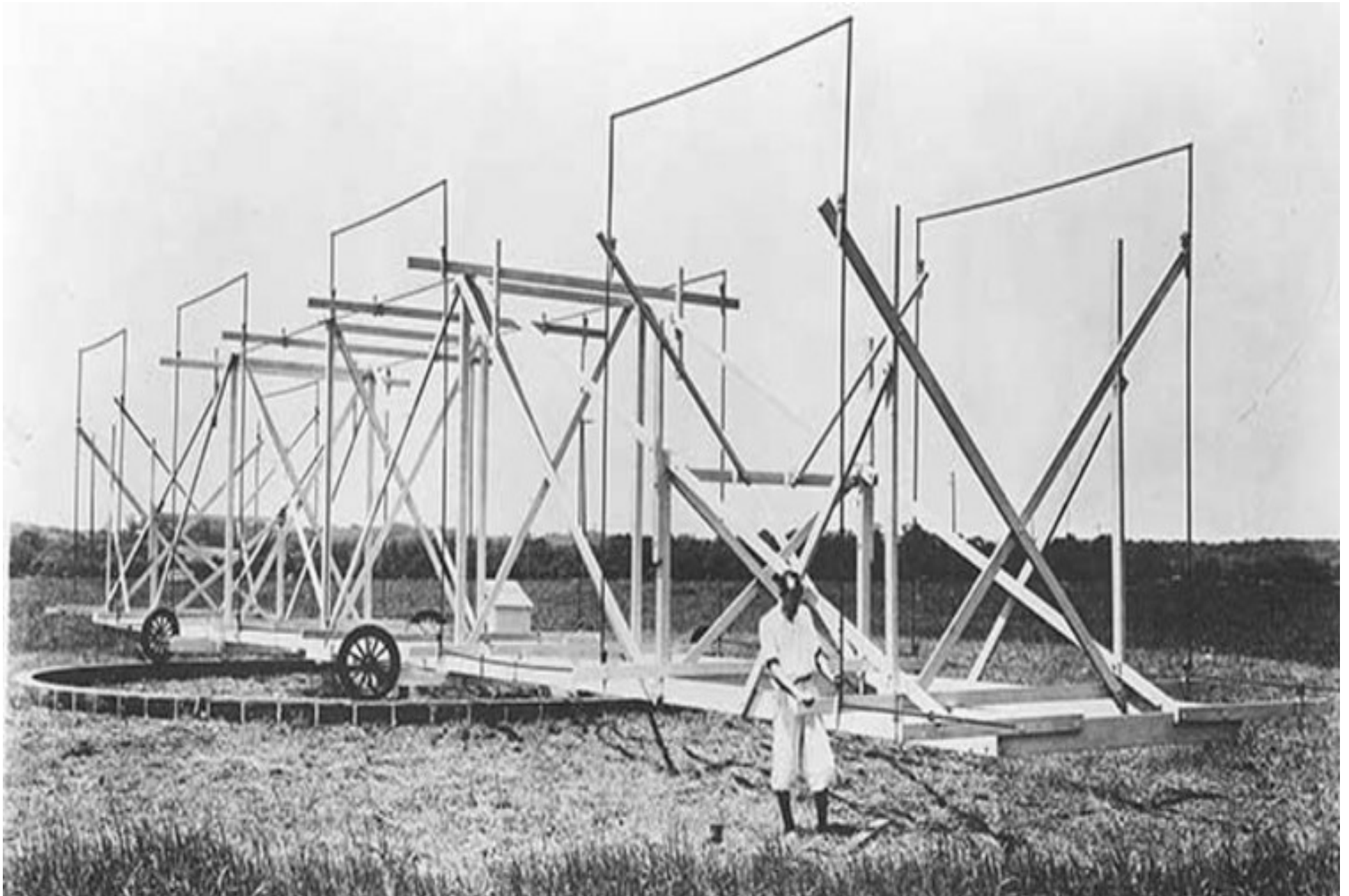
$$\begin{aligned} 1 \text{ Jy} &= 10^{-26} \frac{\text{W}}{\text{Hz} \cdot \text{m}^2} \\ &= 10^{-26} \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{Hz} \cdot \text{m}^2} \\ &= 10^{-23} \frac{\text{erg}}{\text{s} \cdot \text{Hz} \cdot \text{cm}^2} \end{aligned}$$

1 Jy (Jansky) = Flussdichte = Stärke einer Radioquelle

Karl Guthe Jansky (* 22. Oktober 1905 in Norman, Oklahoma; † 14. Februar 1950 in Red Bank, New Jersey) war ein US-amerikanischer Physiker und Radioingenieur.

Er wurde zum Begründer der Radioastronomie, als er 1932 feststellte, dass die Milchstraße Radiostrahlung emittiert

www.deutschlandfunk.de/pionier-der-radioastronomie-karl-jansky-und-das.732.de.html?dram:article_id=486169



1932: Janskys drehbare Richtantenne



1937: Erstes Radioteleskop, gebaut von Grote Reber, W9GFN

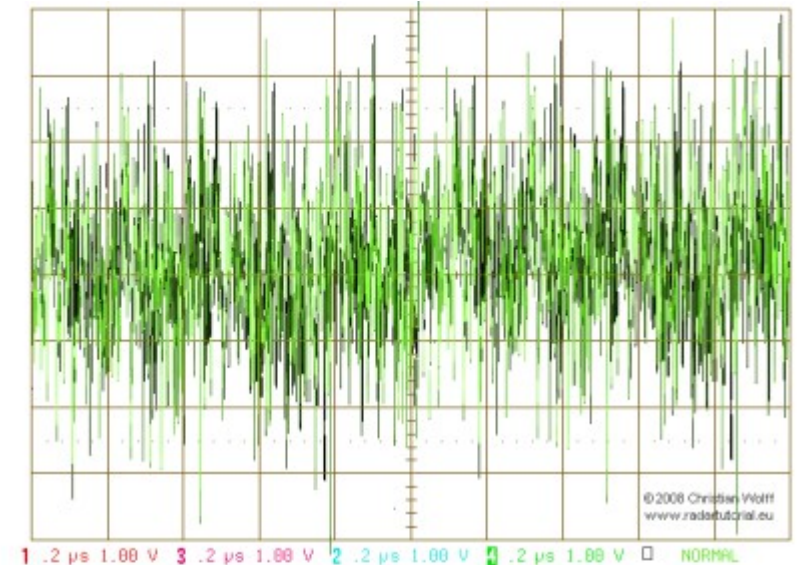
- Janskys Entdeckung blieb von den Astronomen zunächst unbeachtet.
- Wegen 2. Weltkrieg verharrte die Radioastronomie bis 1946 gewissermaßen in «Wartestellung», ehe Physiker und Astronomen sich für diese «neumodische, drahtlose Astronomie» zu interessieren begannen
- Eine der ersten Nachkriegsentdeckungen war dass bestimmte Regionen mehr Radiostrahlung aussandten als ihre Umgebung; sie wurden zunächst als Radioquellen bezeichnet.
- Jedes größere Radioteleskop und jeder empfindlichere Verstärker enthüllte neue Radioquellen, und heute kennen wir etliche Zehntausend von ihnen

Radioastronomie mit Amateurmitteln

- **Radiofenster: Wellenlänge 3cm bis 10m**
- Einige der kosmischen Radioquellen haben Leistungen von bis zu 10^{48} Watt
- Vergleich: die gesamte Strahlungsleistung der Sonne liegt bei $3,845 \times 10^{26}$ Watt
- Uns erreicht davon nur ein winzig kleiner Bruchteil mit einer Größenordnung um die 10^{-26} W/qm/Hz. Grund: Entfernung
- **Empfindliche und stabil arbeitende Empfänger**

Rauschen

- ❖ Rauschen (englisch: Noise) ist der Spielverderber in der Empfangstechnik.
- ❖ Rauschen stört, da es schwache Nutzsignale überlagert.
- ❖ Rauschen begrenzt die Fähigkeit eines Empfängers, schwache Signale aufzunehmen.



Rauschen ist ein statistisch auftretendes, zufälliges, meist unerwünschtes Signal mit großer Bandbreite

Atmosphärisches Rauschen

Das atmosphärische Rauschen stammt hauptsächlich von Blitzen, die sich gerade irgendwo auf der Welt entladen. Blitzentladungen erzeugen energiereiche Hochfrequenz-Impulse, die sich durch Reflexion an der Ionosphäre über die ganze Erde verbreiten.

Kosmisches Rauschen

Das kosmische oder galaktische Rauschen hat seine Ursache hauptsächlich in der Sonnenaktivität und von den Fixsternen des Milchstraßensystems. Hintergrundrauschen kommt auch von der Bewegung von heißen Gasmolekülen im Weltraum und von der Entstehung unseres Universums.

Die Boltzmann Konstante spielt eine große Rolle für die Berechnung der Energie des thermischen Rauschens:

$$\text{Boltzmann-Konstante } k = 1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}$$

Der absolute Nullpunkt ist bei $0 \text{ K} = -273,15^\circ \text{ C}$; $0^\circ \text{ C} = + 273,15 \text{ K}$

Als Referenztemperatur für Rauschbetrachtungen hat man zur Vereinfachung eine Umgebungstemperatur $T_0 = 290 \text{ K}$ festgelegt, entsprechend $16,85^\circ \text{ C}$.

Da elektrisches Rauschen sich aus zufälligen Anteilen aller Frequenzen zusammensetzt, wird eine Rauschleistung üblicherweise bezogen auf eine Bandbreite angegeben. In der Regel auf 1 Hz .

Die thermische Rauschleistung begrenzt die Empfängerempfindlichkeit

Die thermische Rauschleistung eines Widerstands bei Referenztemperatur 290K ($\sim 17^\circ\text{C}$) bei Leistungsanpassung ist:

$$P = k * T_0 * B$$

Dabei sind

P = Rauschleistung in Watt

k = Boltzmann-Konstante $k = 1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}$

T_0 = Referenztemperatur 290 K

B = Mess-Bandbreite in Hertz

Da die Ergebnisse sehr klein sind, benutzt man das logarithmische Verhältnismaß dB und gibt die Rauschleistung als Verhältnis bezogen auf 1mW an (dBm)

$$P_{[\text{dBm}]} = 10 * \log P + 30$$

Wegen des Leistungsbezugs Milliwatt anstatt Watt müssen wir noch den Faktor 1000 = 30dB berücksichtigen

Jeder Widerstand erzeugt bei "Raumtemperatur" eine Rauschleistung je Hz Bandbreite von:

$$P_{[\text{dbm}]} = 10 * \log (1,38 * 10^{-23} \text{ J/K} * 290 \text{ K} * 1\text{Hz}) + 30 \text{ dB} = -174 \text{ dBm}$$

❖ Ein idealer Empfänger erzeugt bei $\sim 17^\circ\text{C}$ (290K) am Dummyload durch Wärme eine Eigenrauschleistung von $-174 \text{ dBm} / \text{Hz}$.

❖ Bei Bandbreiten (B) größer als ein Hz gelangt mehr Rauschleistung in den Empfänger. Je größer die Bandbreite, desto höher ist proportional die absolute Rauschleistung.

Bei $B = 2,4 \text{ kHz}$ also das 2400fache. In dB ausgedrückt: $10 \log 2400 = 34\text{dB}$.
Das thermische Rauschen bei $B=2,4 \text{ kHz}$ ist also: $-174\text{dBm} + 34 \text{ dB} = -140\text{dBm}$

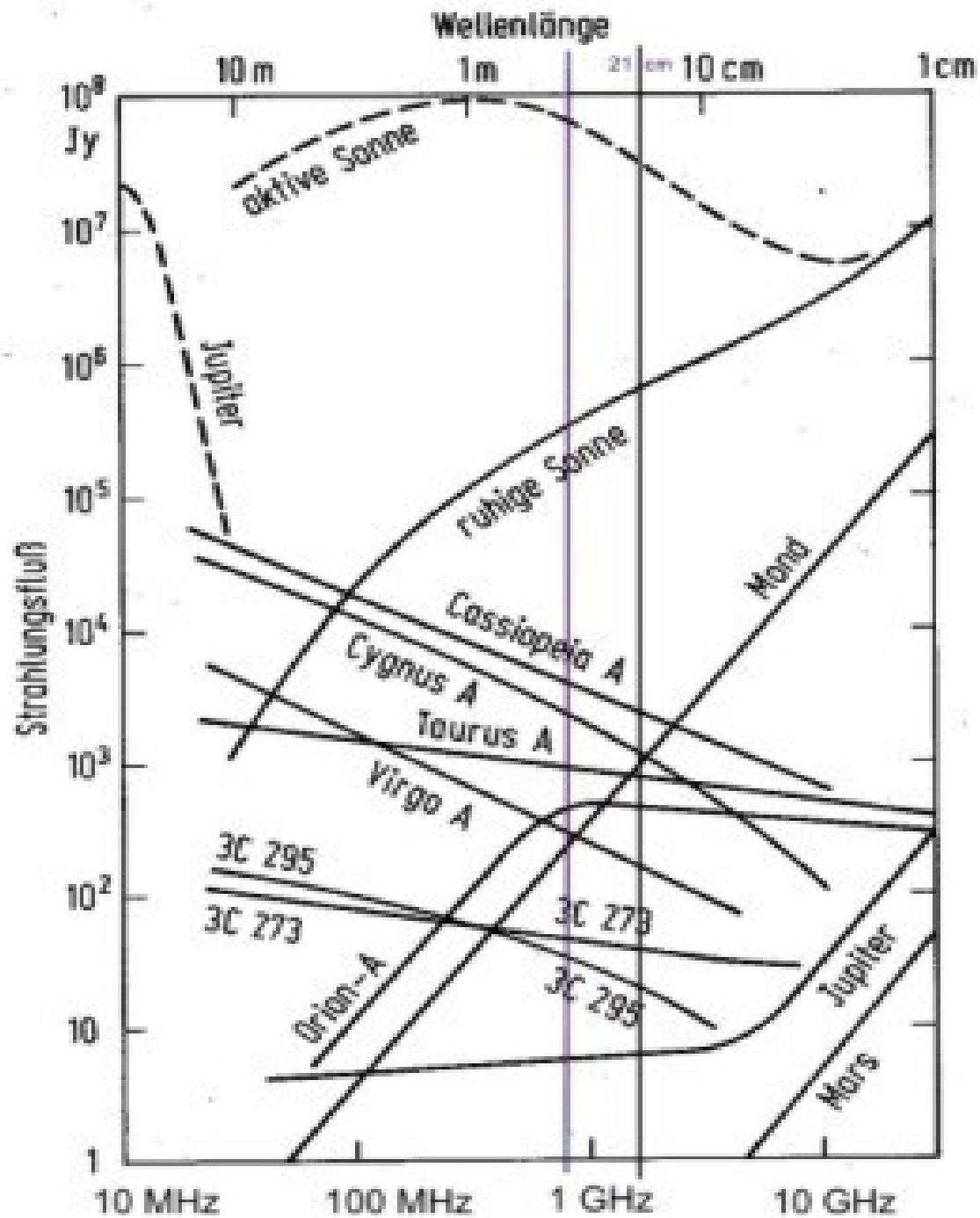
thermisches Grundrauschen	10 log Bandbreite	Bandbreite	Betriebsart
-174 dBm	0	1 Hz	Referenzbandbreite
-148 dBm	26	400Hz	CW
-140 dBm	34	2,4 kHz	SSB
-123 dBm	41	12,5 kHz	FM

Quellen kosmischer Radiostrahlung

- **Rauschen** (stochastisch), besteht aus:
- **Thermisches Rauschen** (breitbandig, Ursache Temperaturstrahlung von Himmelskörpern)
- **Synchrotronstrahlung**, schmalbandiger, polarisiert, tritt dann auf, wenn sich ein heißes Plasma in einem Magnetfeld bewegt.
- Beispiele für kosmische „Synchrotronquellen“ sind Pulsare, Radiogalaxien und Quasare.
- **Rauschen ist elektromagnetische Strahlung!**

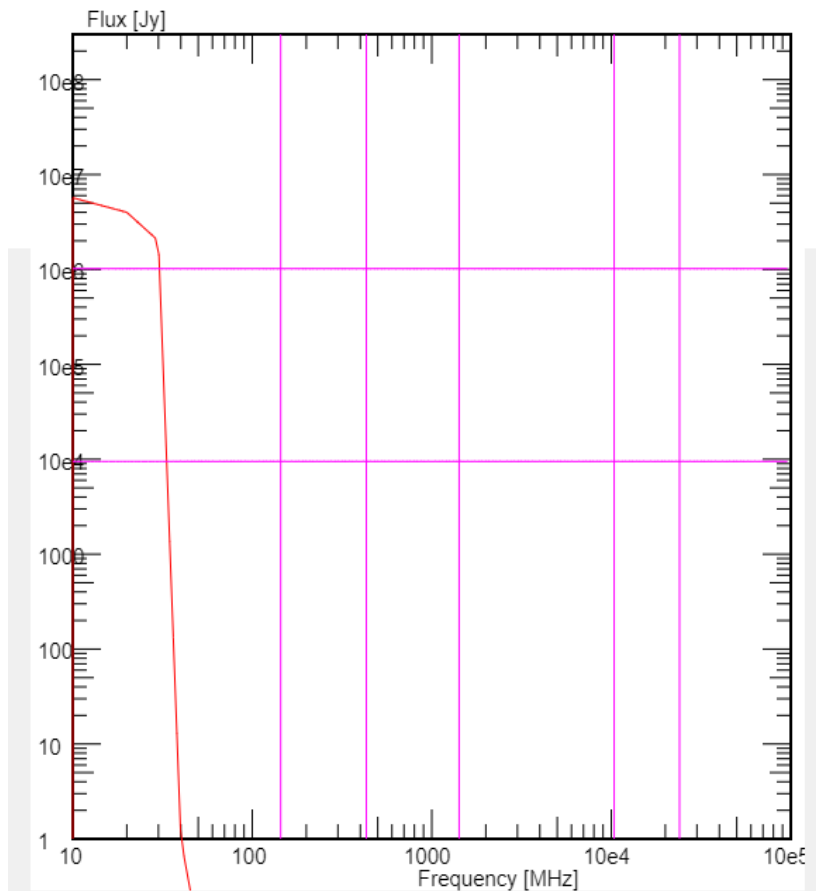
Wasserstoff

- Von 1000 Atomen im Universum sind 900 Wasserstoffatome, weitere 99 Atome sind Heliumatome. Nur ein Atom von 1000 ist also nicht Wasserstoff oder Helium.
- Das Liniensignal des Wasserstoffs liegt bei 1.420,405 MHz. Der Wasserstoff hat in den kalten interstellaren Wolken eine Temperatur um 100 Kelvin (50.000 Jansky oder 5 SFU)
- $1 \text{ SFU} = 10^4 \text{ Jy} = 10^{-22} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ Hz})$
- Mit Antennen, die einen geringen Öffnungswinkel haben, kann man bei 1420 MHz kartografieren !



Fluxabschätzung bei verschiedenen Frequenzen für kosmische Objekte

<https://portia.astrophysik.uni-kiel.de/~koeppen/JS/KrausPlot.html>



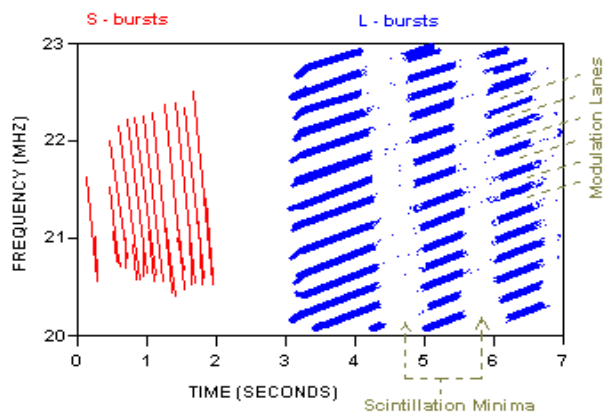
Beispiel Jupiter



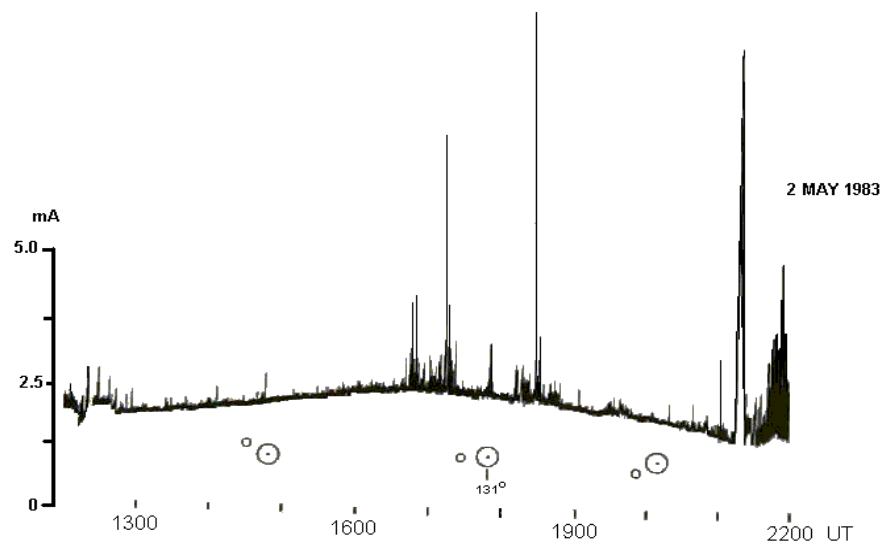
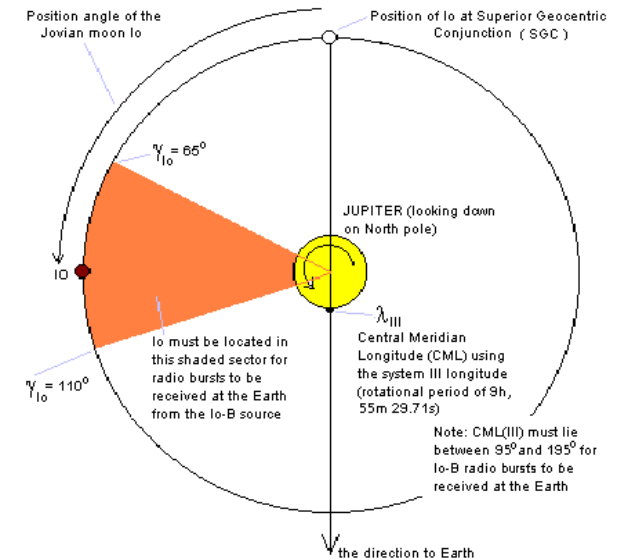
Jupiter auf Kurzwelle

www.mehner.info/amateurfunk-und-astronomie/

www.spaceacademy.net.au/spacelab/projects/jovrad/jovrad.htm

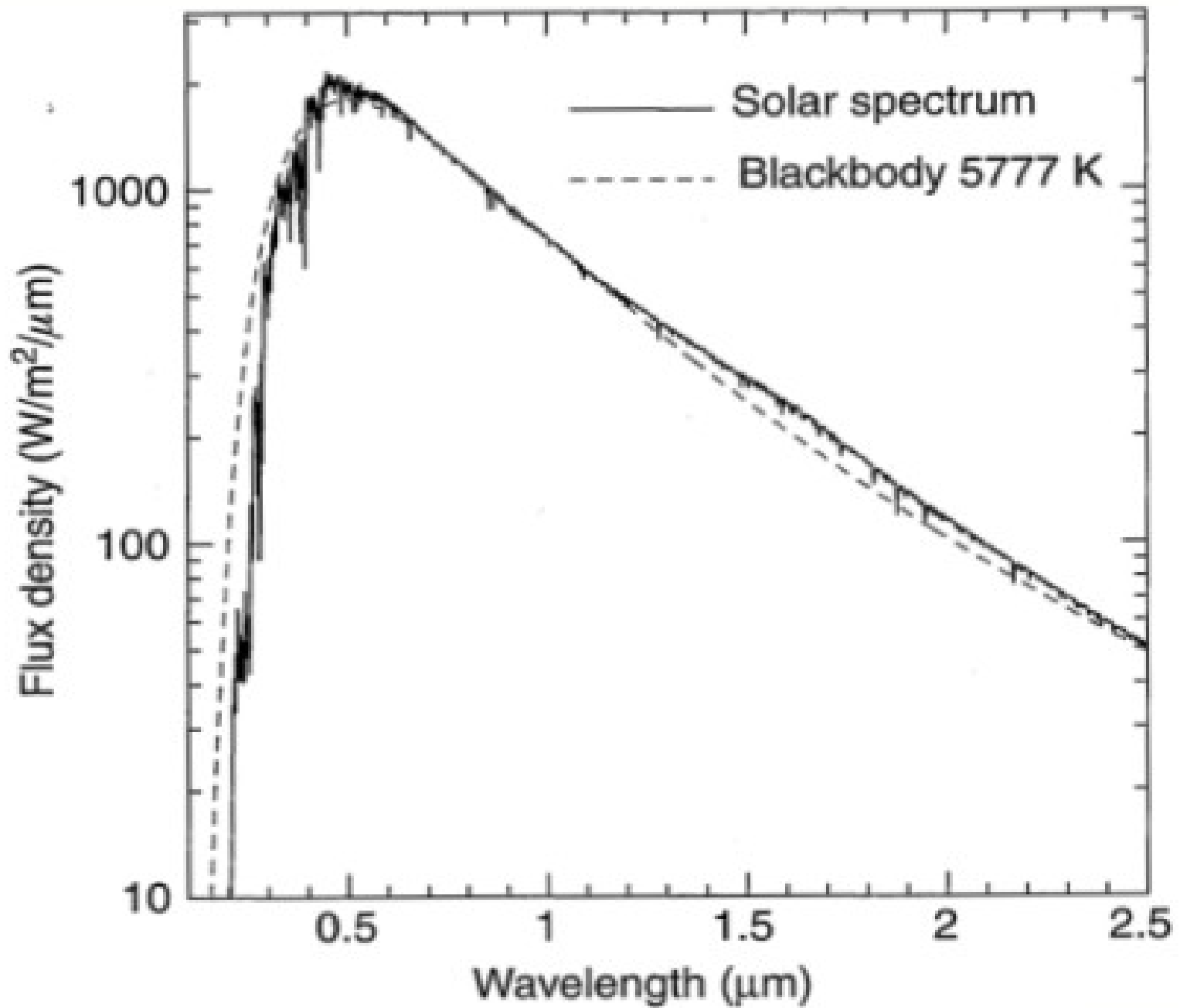


Frequenz: 20....22 MHz
AM



Radiostrahlung der Sonne

- Thermisches Sonnenrauschen kann man mit einer Satellitenschüssel und LNC empfangen.
- Thermisches Rauschen geht über den ganzen Frequenzbereich von 10 KHz bis 300 GHz und darüber.
- Nach dem Planckschen Strahlungsgesetz wird von jedem Körper der Temperatur T [K], der sich im thermodynamischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung befindet, Strahlung über das komplette elektromagnetische Spektrum sowohl emittiert als auch absorbiert.



- Das Spektrum der Sonne kann annähernd als das eines Schwarzen Strahlers mit einer äquivalenten Oberflächentemperatur von $T_{\text{SUN}} = 5777 \text{ K}$ beschrieben werden.
- bei der Wasserstofflinie 1420 MHz beträgt die Strahlungsflussdichte der Sonne:
- $S_{\text{SUN}} = 2,08 \text{ SFU}$
- $= 2,08 \cdot 10^4 \text{ Jy} = 2,08 \cdot 10^{-22} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ Hz})$

Erste Experimente in Gönnsdorf

- Messung des Sonnenrauschens bei 11 GHz
(mit TV-LNB breitbandig, gutes SNR)
- Messung des Sonnenrauschens bei 1420 MHz
(mit Vorverstärker, Interdigitalfilter und SDR)
- Innerhalb des Radiofensters der Atmosphäre sind alle lokal störarmen Frequenzen geeignet.

Ursprung der solaren Radiostrahlung

Ursprung:	Wellenlänge	Frequenz
untere Chromosphäre	1,9 - 3.4 cm	15,4 - 8,8 GHz
mittlere Chromosphäre	6 - 11 cm	5 - 2,8 GHz
obere Chromosphäre	22 - 73 cm	1,4 - 0,4 GHz
untere Korona	120 cm	245 MHz
obere Korona	400 - 1200 cm	75 - 25 MHz

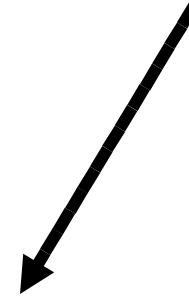
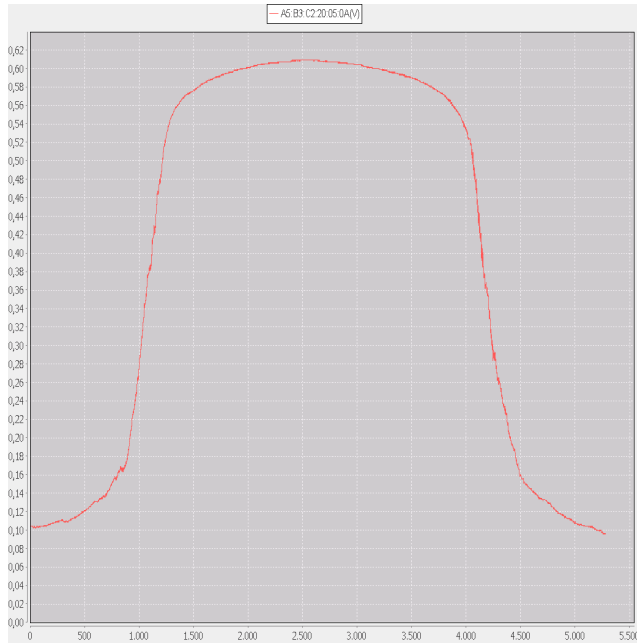
SAT-Antenne
Mit TV-LNB



18V (Akku oder Steckernetzteil)



Rauschpegelanzeige
(Digitalvoltmeter OW18B)



Bluetooth-Verbindung
(drahtlos)

Y Achse: Gleichspannung (Rauschpegel der Sonne)

X-Achse: Zeit t

Software: Multimeter BLE Signalrecorder zum OW18B

Messung bei 11 GHz

Hier 18V von Batterie einspeisen

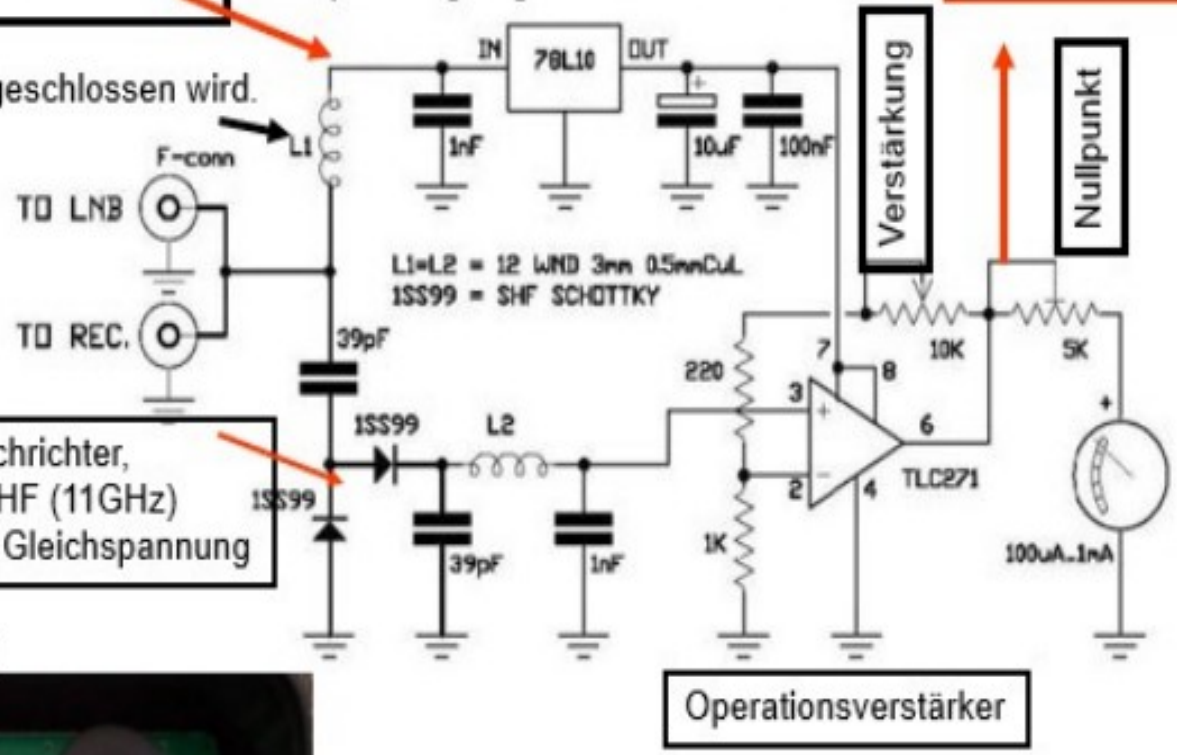
Spannungsregler von 18V auf 10V

Hier Signal für DVM auskoppeln

L1:Drossel, damit HF nicht kurz geschlossen wird.

Bei TV-Betrieb werden SAT-Finder und LNB aus dem TV-Gerät (REC) mit Spannung versorgt.

Gleichrichter, aus HF (11GHz) wird Gleichspannung



Operationsverstärker

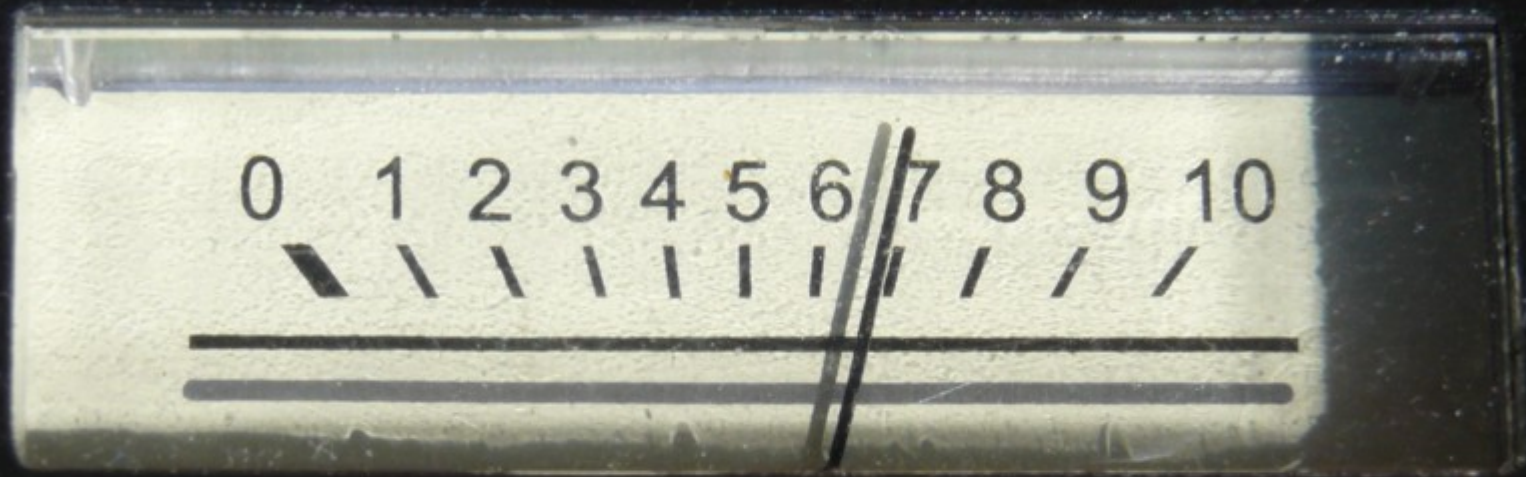


Vom LNB am Parabolspiegel (Eingang)

SAT-Finder und Modifizierung





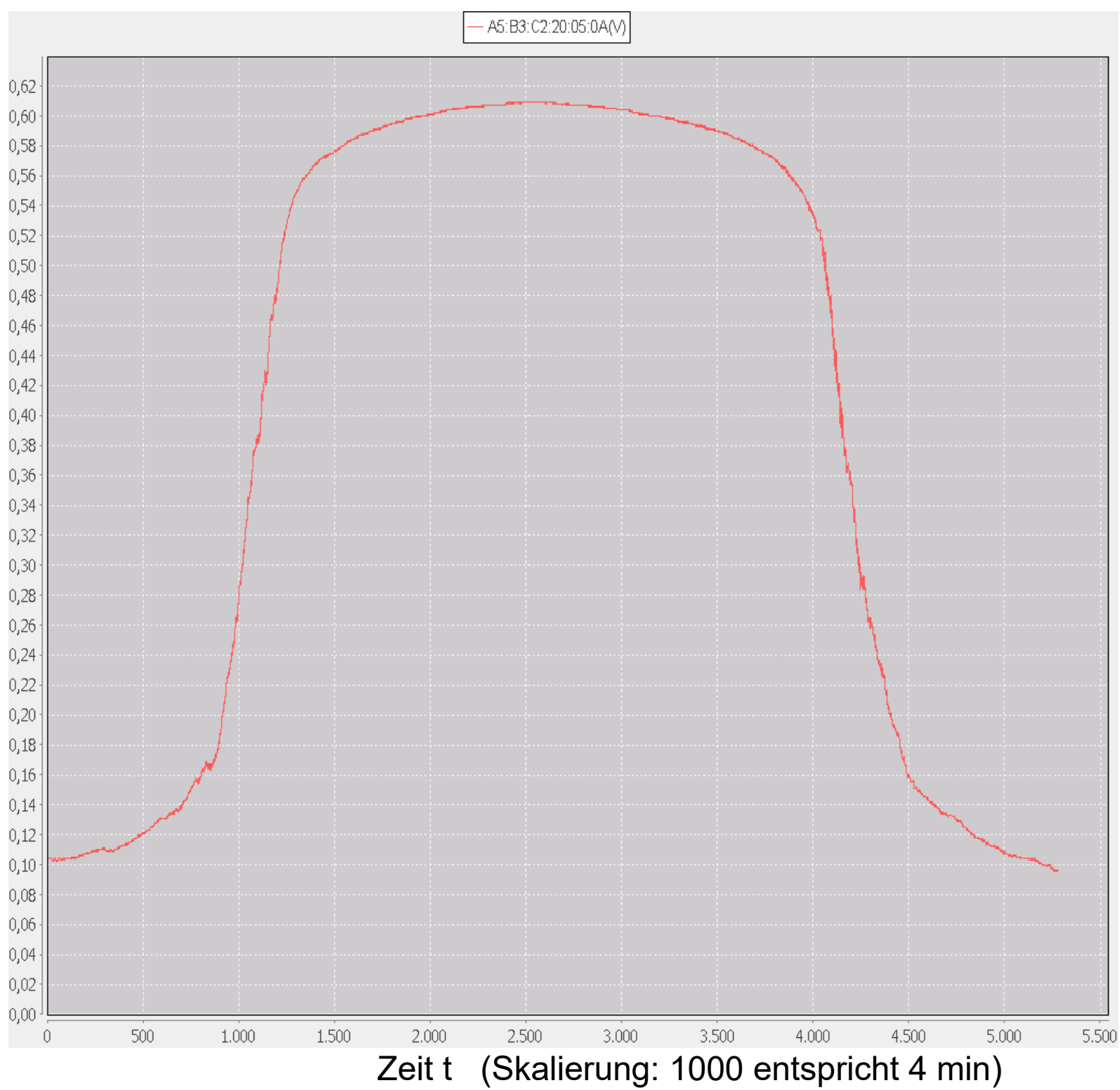


**SATELLITE
FINDER**

dB

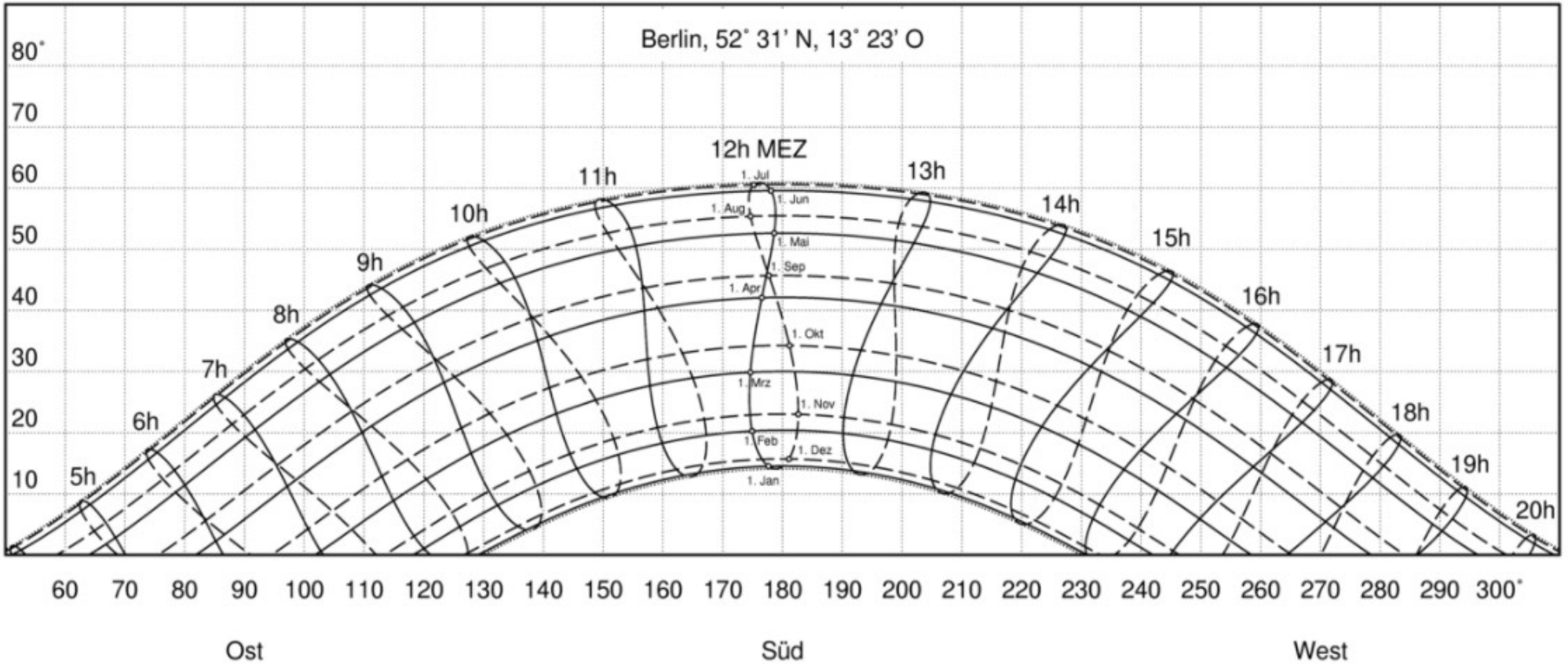


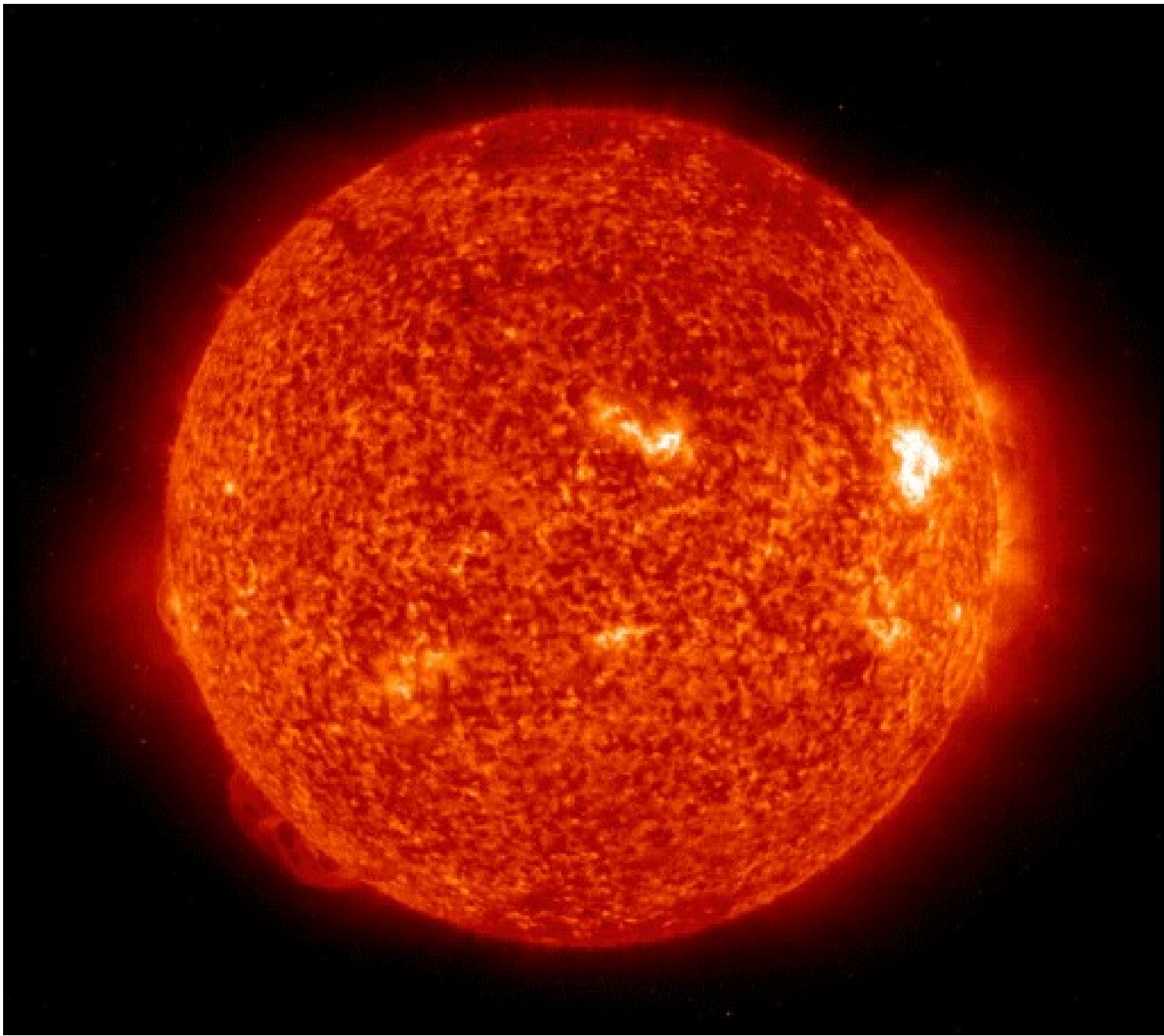
Gleichspannung in V (proportional zum Rauschsignal)



Sonnenstandsdiagramm

Berlin, 52° 31' N, 13° 23' O





K-Born 2012

DL1VDL

Zusammensetzung der Strahlung

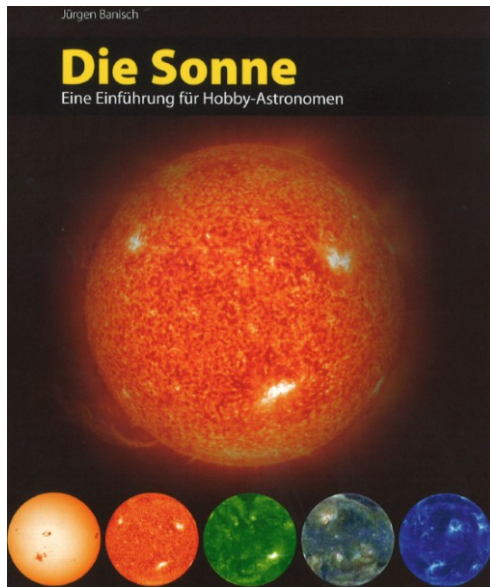
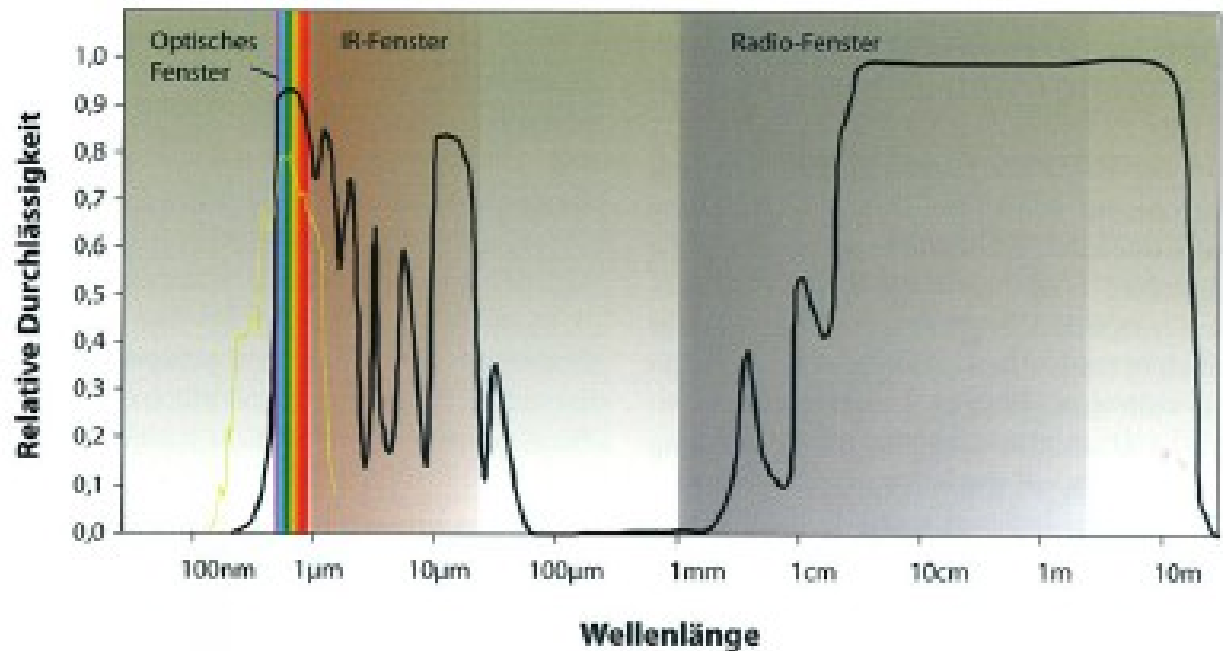
Art	Wellenlänge	Leistung
Radio	>1mm	10^{-14} W/m ²
IR	0.8 -1 μ m	604 W/m ²
Licht	0.3-0.8 μ m	738 W/m ²
UV	120-375 nm	16 W/m ²
XUV	1 -120 nm	6 W/m ²
XRAY	< 1nm	1×10^{-6} W/m ²

**Solarkonstante 1,37 kW/m²
@ 149,6 Mio km**

im Dezember: 1,42 kW/m²
147,1 Mio km

im Juli 1,33 kW/m²
bei aktiver Sonne: + 1 Promille

Durchlässigkeit der Erdatmosphäre:



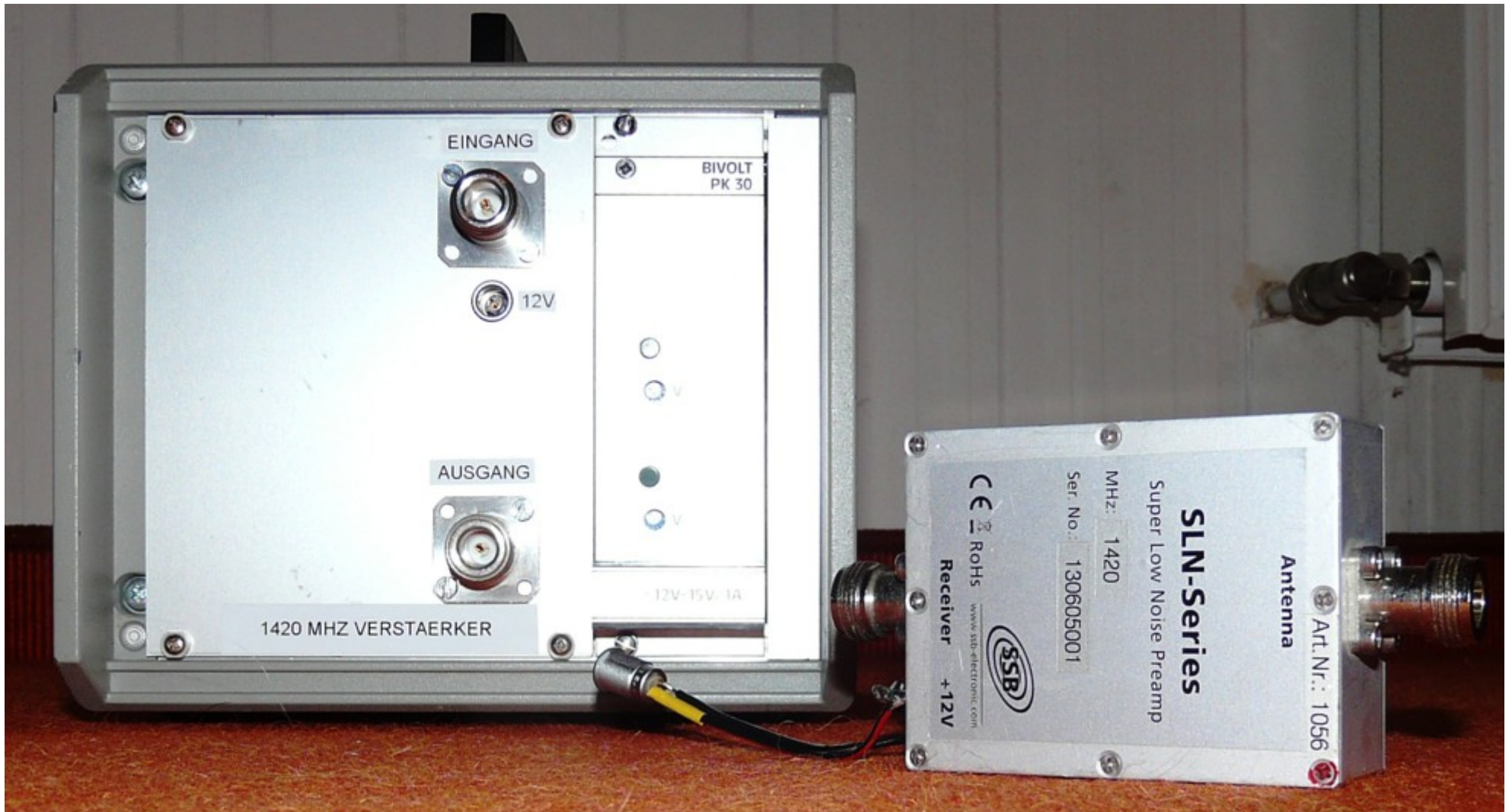
Jürgen Banisch
Die Sonne

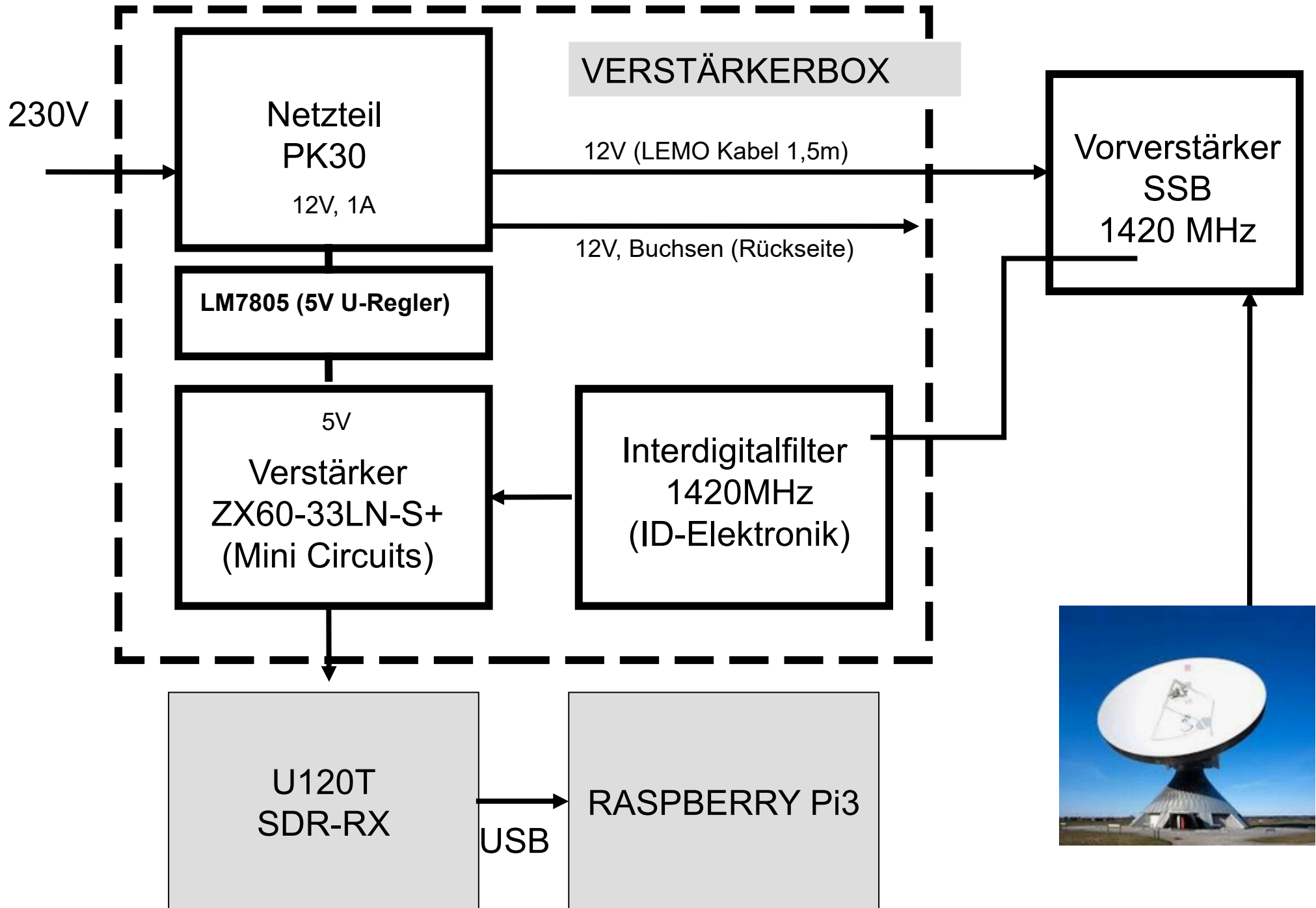
www.oculum.de

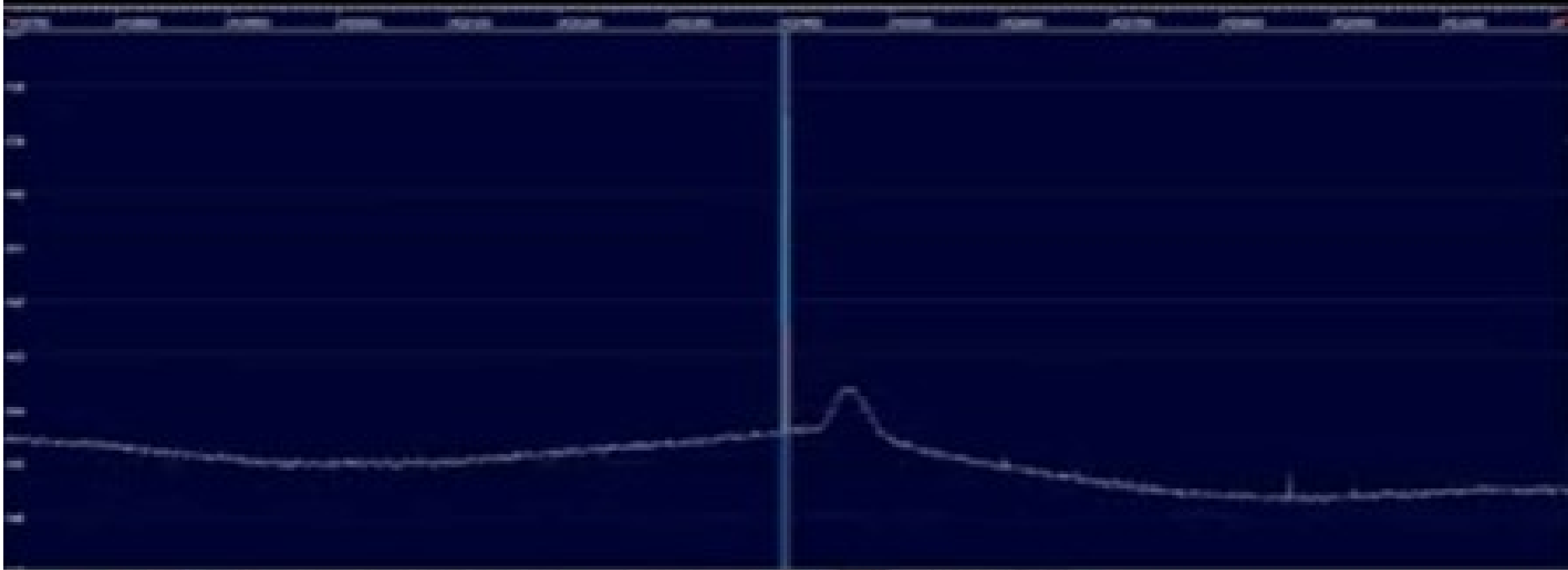
ISBN: 978-3-938469-24-8

Einfluss der Sonne auf die ERDE

Messung bei 1420 MHz







1420.405.000

1420.405.012

Bandwidth: 100 kHz

Resolution: 10 kHz

Span: 100 MHz

Reference: 29.05.2017 00:58:05

Unit: dBm

1420.405.012

Bandwidth: 100 kHz

Resolution: 10 kHz

Span: 100 MHz

Reference: 29.05.2017 00:58:05

Unit: dBm

A smaller version of the spectrum plot from the top section, showing the peak at 1420.405.012 MHz. The axes and controls are similar to the top plot.

Wie weiter?

- Komplettierung der 11GHz-Technik für Schülerexperiment.
- Übergabe mit Anleitung an Sternwarte
- Kalibrierung der 1420 MHz Anlage
- Mitstreiter suchen, die in Gönnsdorf Radioastronomie mit betreiben

Weiterführende Links:

- <http://www.dg2neu.de>, <https://www.lensch.at>,
- <http://www.oearv.at/amateur-radio-astronomie.html>,