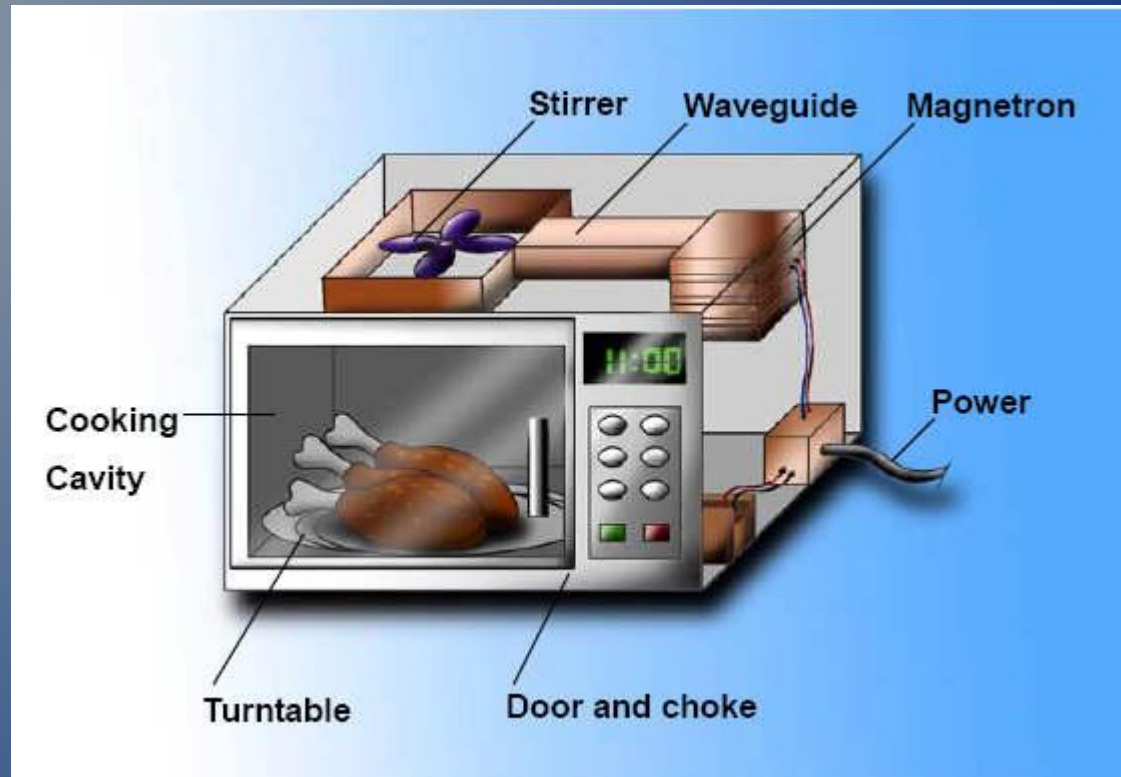


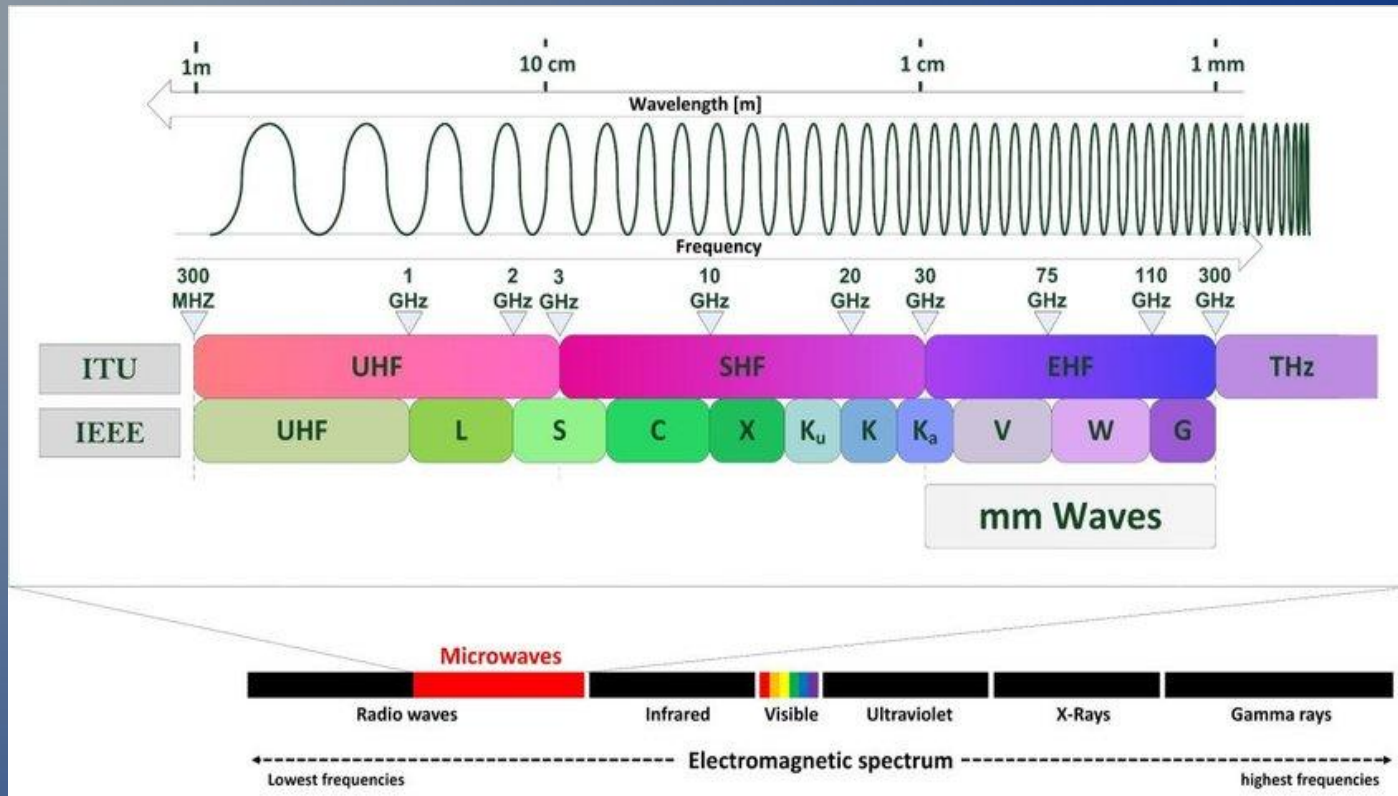
Livet over 70

Vi taler om mikrobølge



Søger man på nettet, får man salgstilbud på mikrobølgeovne.
Som billedet.

Hvad er mikrobølge?



Ingen entydig definition af mikrobølge.

- så man kan vælge >1000 MHz (World above 1000 MHz)
- eller ITU's SHF og EHF bånd (3-30 GHz, 30-300 GHz)
- eller >10 GHz (radiobølger og -teknik opføre sig anderledes)

Amatørbånd på mikrobølge

De "lave" mikrobølgebånd

23 cm 1240 - 1300 MHz

13 cm 2400 - 2450 MHz

9 cm 3400 - 3410 MHz

6 cm 5650 - 5850 MHz

3 cm 10 – 10,5 GHz

- i alt 320 MHz til rådighed

De "høje" mikrobølgebånd

24 – 24,25 GHz

47 – 47.2 GHz

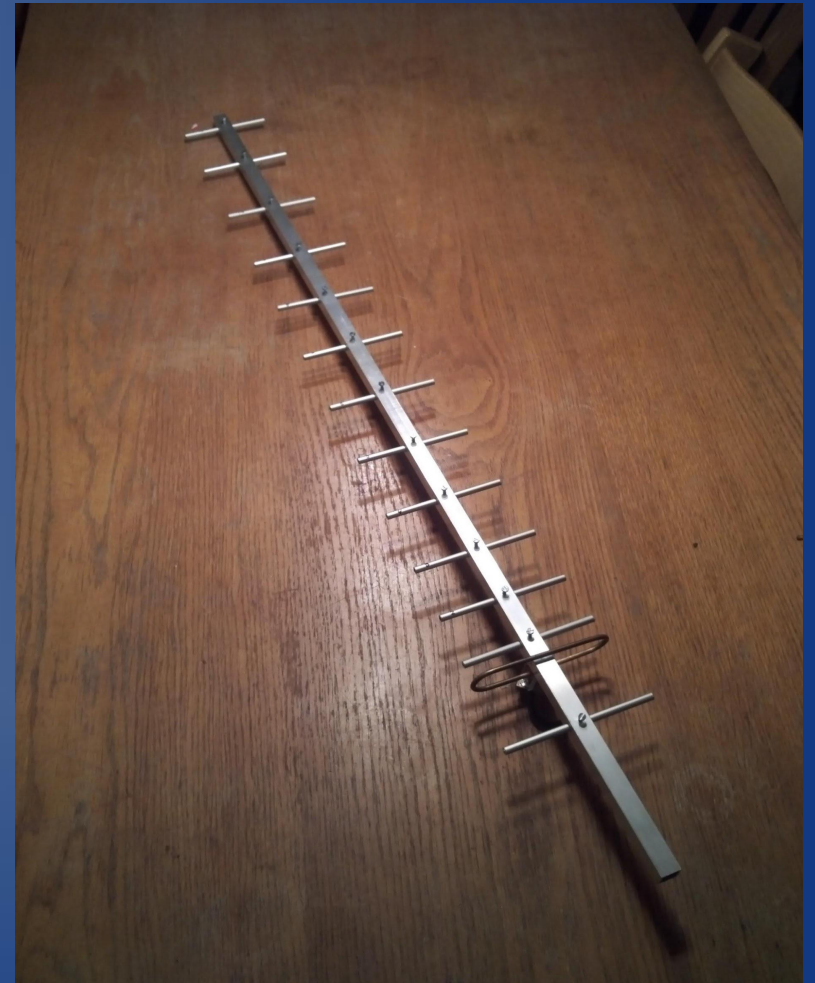
76 – 81,5 GHz

122,25 – 123 GHz - bølgelængde 2,4 mm!

- i alt 7,2 GHz til rådighed



QRV på mikrobølge?



IC-9700 kører 1296 MHz (og 144, 432 MHz)
- og en hjemmelavet antenne

Udstyr til 1296 MHz



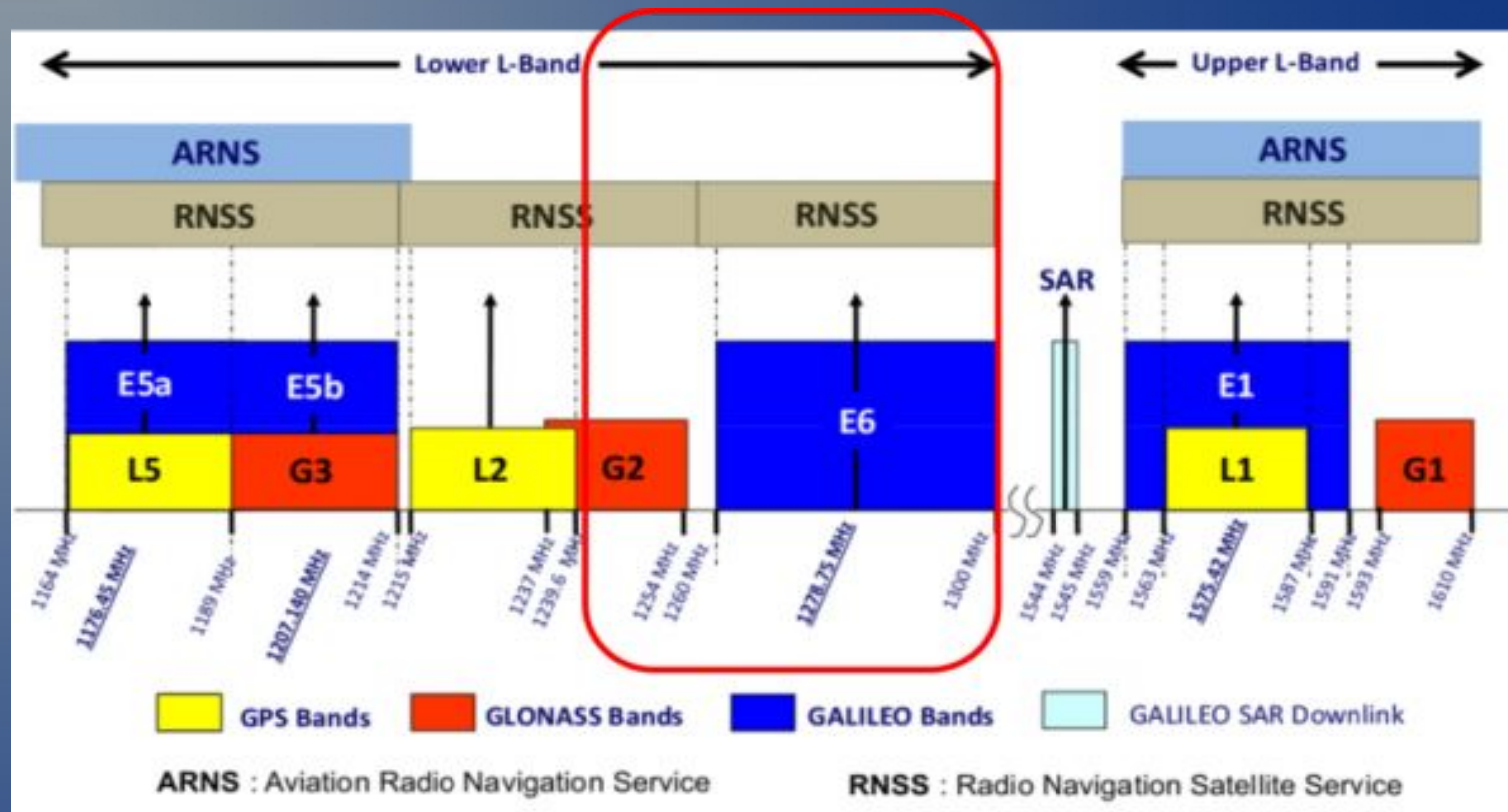
DB6NT 23 cm transverter. Omsætter 144 MHz <> 1296 MHz
- kan stadig købes som kit fra Eisch-Kafka i Tyskland. 199 Euro

SG Lab 144 - 1296 MHz transverter



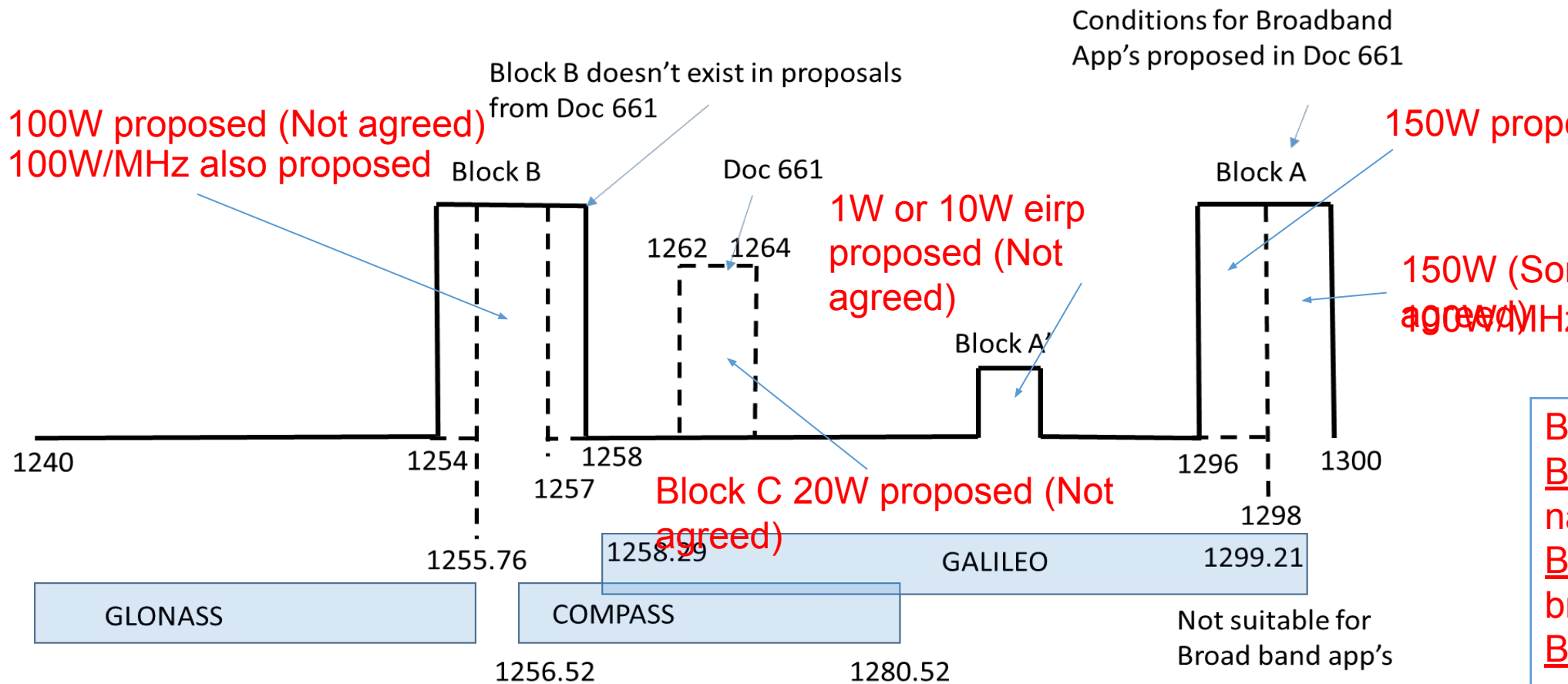
Færdigsamlet 23 cm transverter. Omsætter 144 MHz \leftrightarrow 1296 MHz
- pris 156,- Euro (2021)

Trussel for 1296 MHz amatørband?



Der europæiske Galileo system bruger frekvenser i 23 cm båndet.
- forstyrrelser er teoretisk muligt, men i Danmark har man valgt at fortsætte uændret.

Draft Recommendation ITU-R M.[AS.GUIDAN



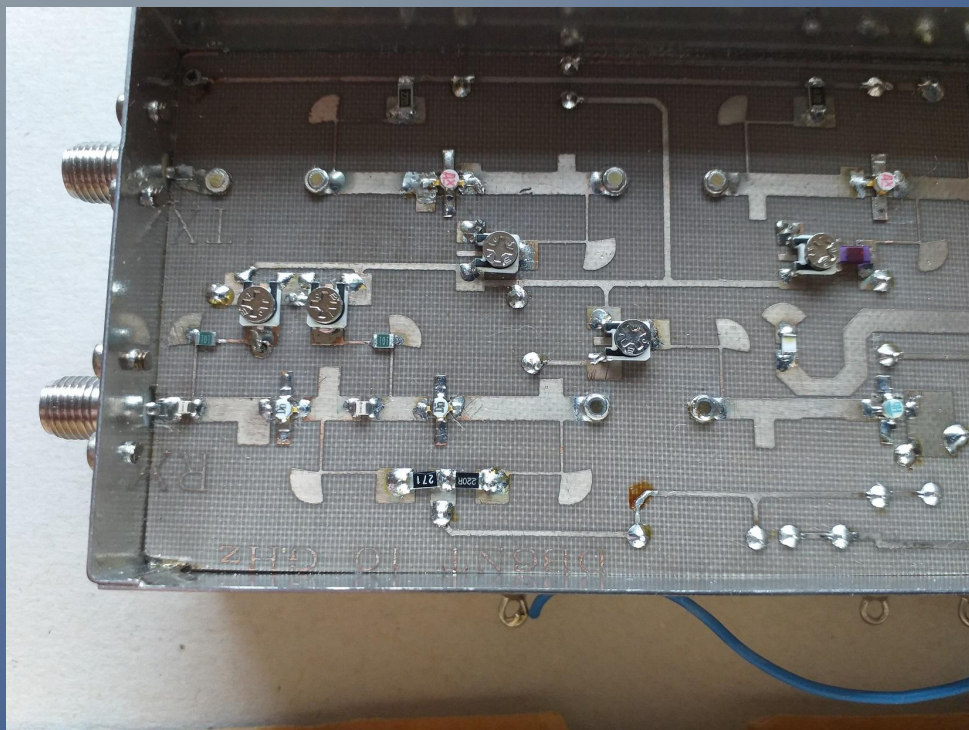
B
B
n
B
b
B
u

13 cm – under pres



Oprindelig 2300 – 2450 MHz (brugt 2320 - 2322 MHz)
Reduceret i DK til 2400 – 2450 MHz
Uplink til QO-100 2400-2410 MHz. Narrowband og DATV
- enkelte terrestiske OZ-OZ QSO på 2400,200 MHz
Deler frekvens med 2,4 GHz WiFi

3 cm – næste bånd efter 23 cm



Mine første forsøg ca. 1980.

2 stk. Gunn oscillator bygget i bølgeleder.
Gunn diode er både sender og modtager

I 1991 beskrev DB6NT transverter i DUBUS. 200 mW output

QO-100



QO-100 har givet et kæmpe boost til amatør mikrobølge teknik

Det er en "repeater" - javel – men med alle slags tekniske udfordringer og alle former for eksperimenter med modulation etc.

Uplink 13 cm/2400 MHz, downlink 3 cm/10490 MHz.
CW/SSB/Digi/DATV

DATV via QO-100

The screenshot displays the MiniTioune software interface for receiving and analyzing DVB-S2 signals. The main window shows a video stream of a girl with a puppet, with the call sign 'OZ2OE' overlaid at the bottom. The interface is divided into several functional panels:

- Left Panel (Parameters):** Shows current settings for SR (00333 kS), Freq (10495762 kHz), and Offset (-09749997). It includes a list of SR options (SR1500 to SR27500) and a selected 'Oscar 100' profile. DVB mode is set to DVB-S2, and various modulation and scan options are visible.
- Right Panel (PIDs):** Lists active PIDs: 00256 (Video) and 00257 (Audio). It shows the decoder used (LAV Audio Decoder and Microsoft DTV-DVD) and the program name 'OZ2OE' from provider 'Portstown 4'.
- Bottom Left (Status Gauges):** Four circular gauges monitor Carrier Lock, SR Lock, RF Power (-79dBm), and C/N MER (4.2dB). A constellation diagram is also present.
- Bottom Center (Error Metrics):** Displays BCH errors (0), LDPC error rate (28%), and FEC (1/2 QPSK_L35). A large 'D3' indicator is shown, along with TS error rate (0) and bytes received (404 kb/s).
- Bottom Right (Controls):** Includes buttons for Beep, Dsave, UDP, Record, Expert, Web, and Quit.

The Windows taskbar at the bottom shows the system time as 16:40 on 15-04-2023, with a temperature of 13°C and network status 'DAN'.

- prøvebillede fra OZ2OE

Ny station til mikrobølge



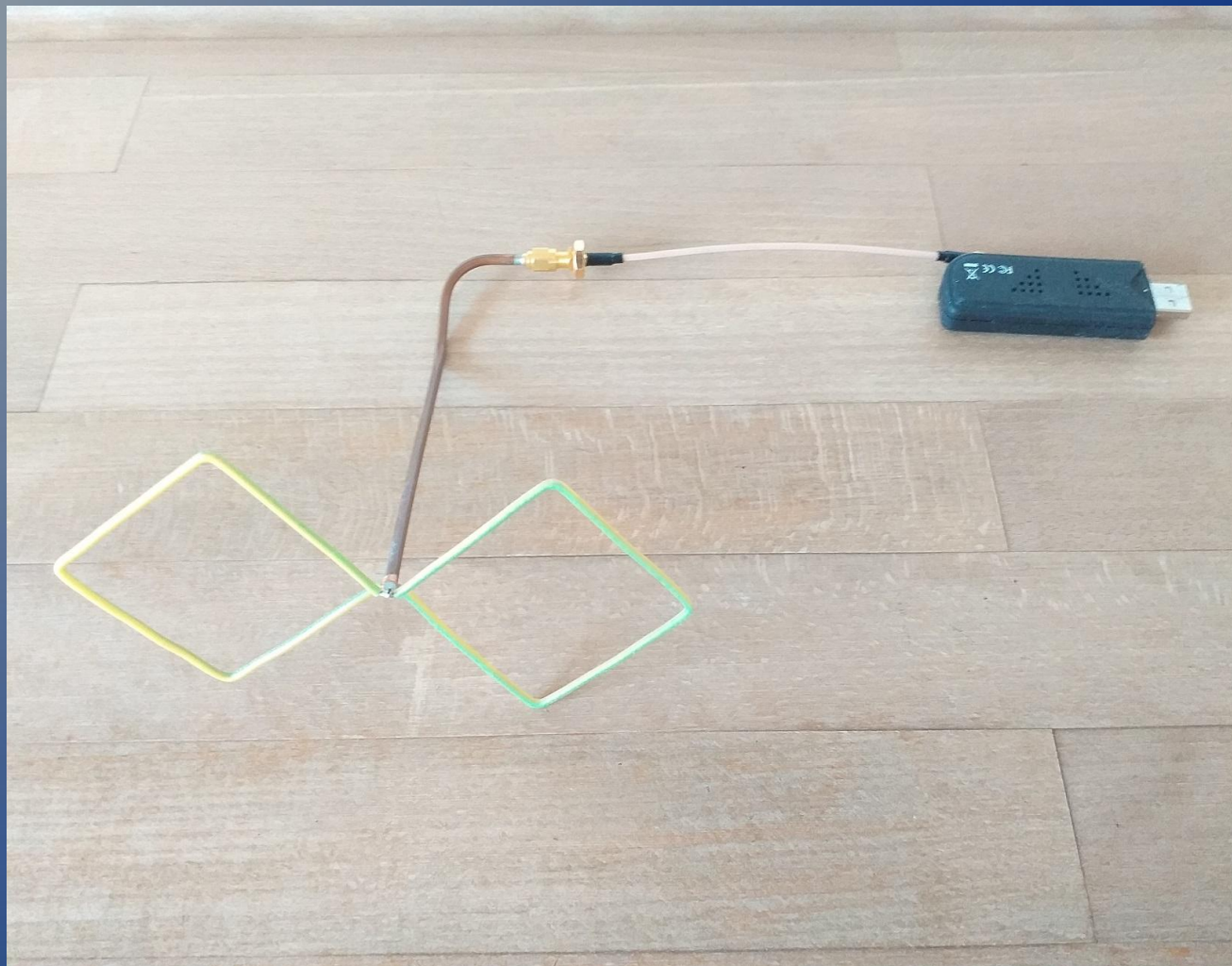
ICOM IC-905: 144, 432, 1296, 2400 og 5760 – 10 GHz som option

IC-905



Alle coaxforbindelser sidder på mastboks
Mellem betjenings enhed og mastboks ét multikabel med data+DC
– til 10 GHz én mastboks mere (som option)

Low cost 23 cm RX



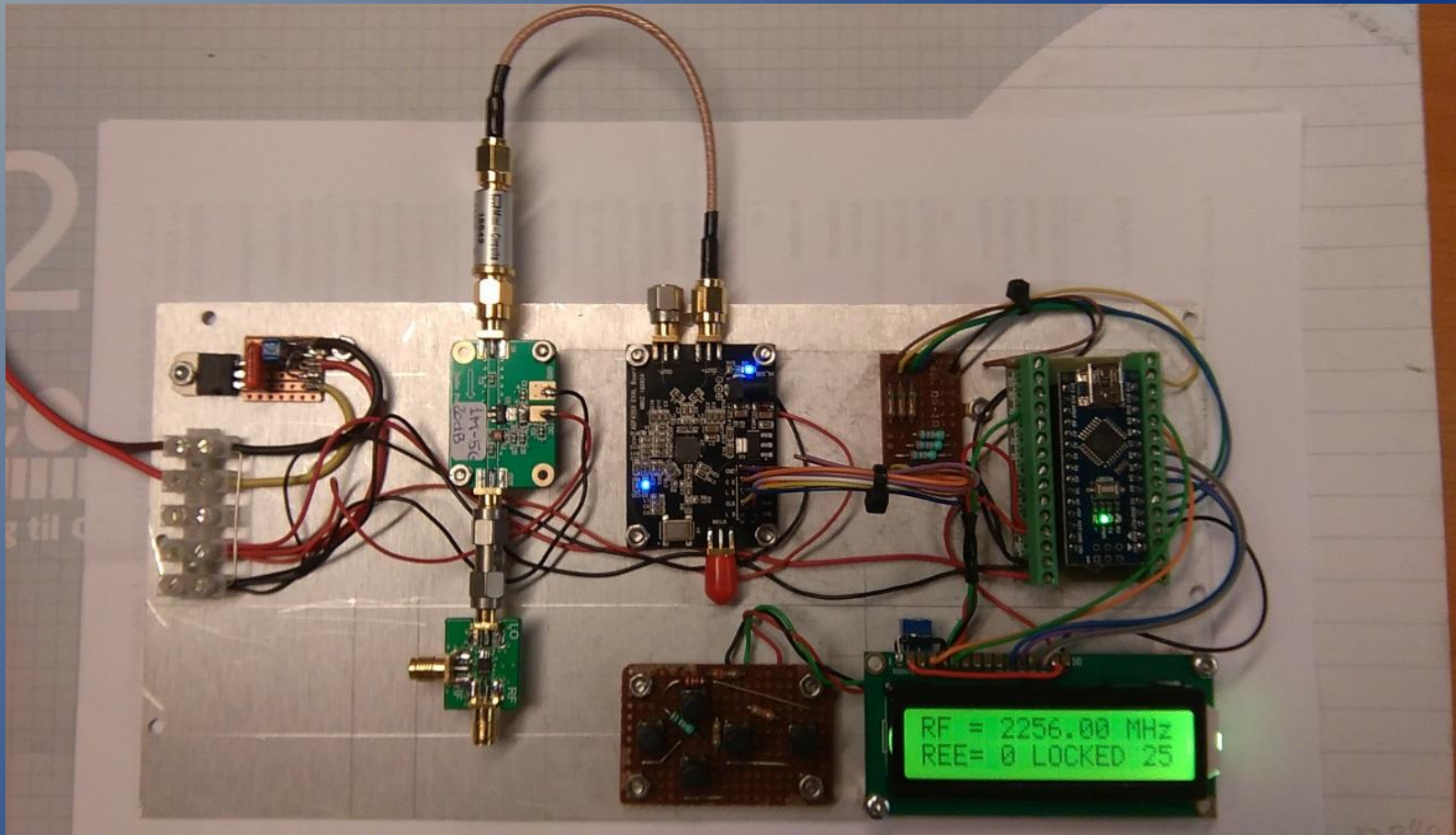
PC med TV-dongle og antenne "foldet" af ledning

Low cost 10 GHz RX



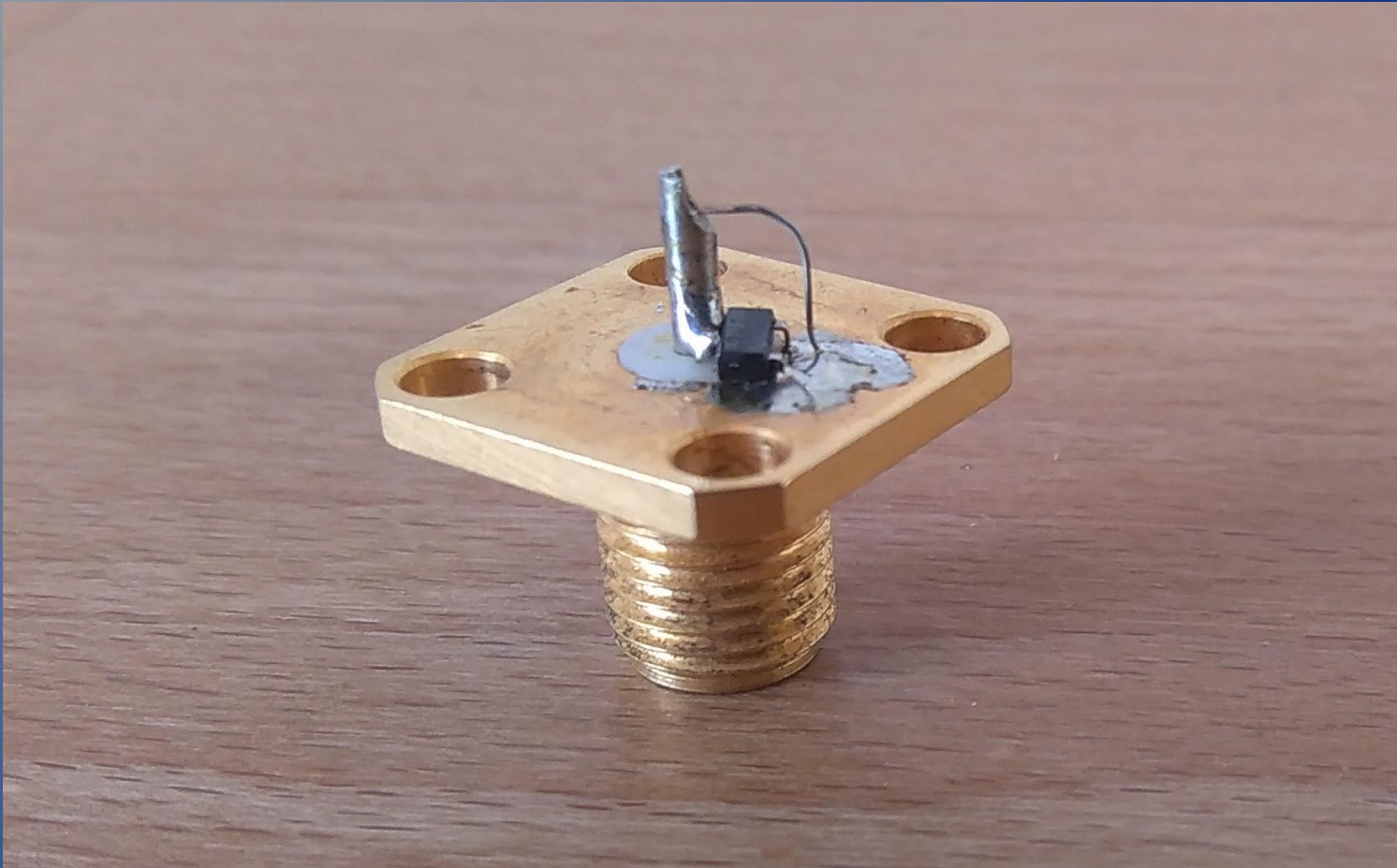
PC med TV-dongle og standard LNB (IF bliver 618 MHz)
NB - LNB skal fødes med 13 -17 V igennem coaxkabel

Up/down converter



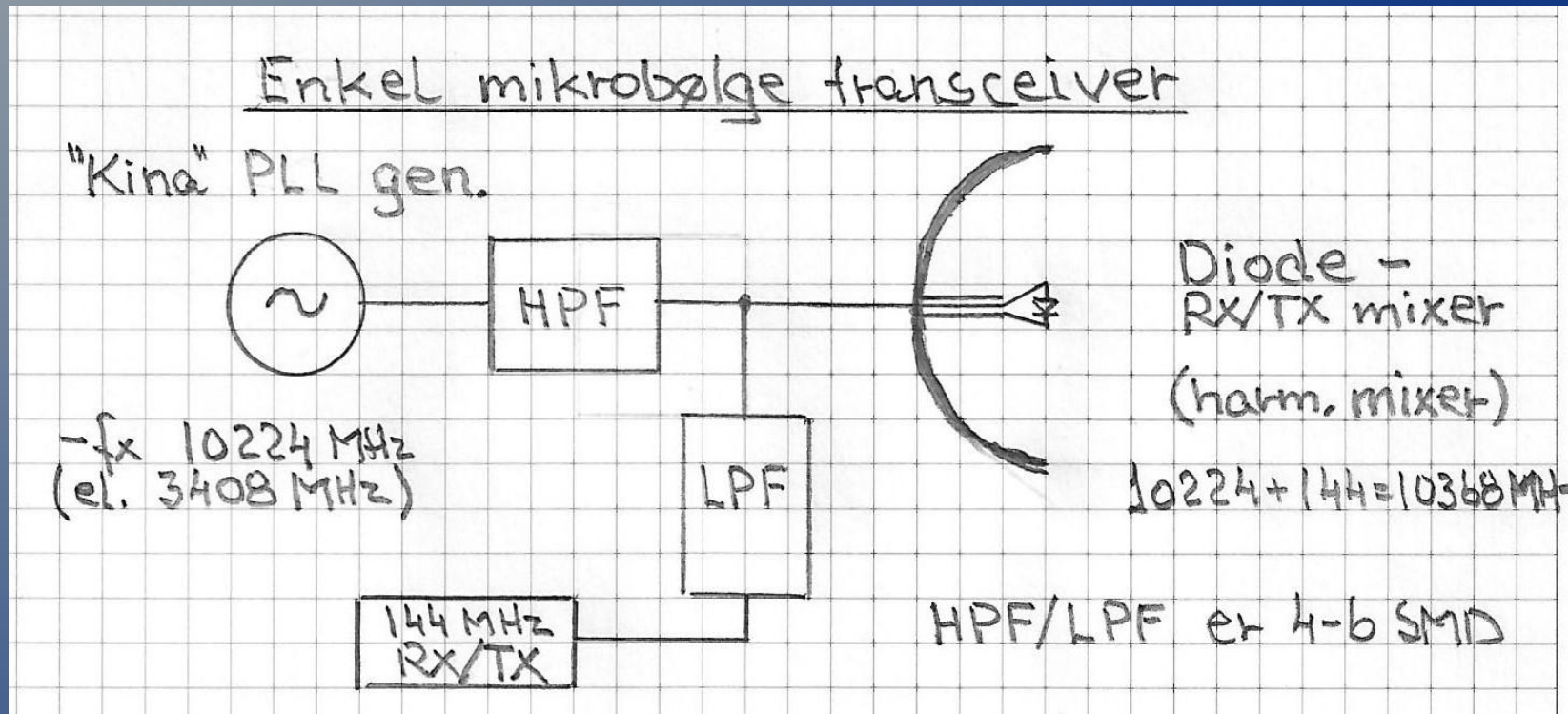
- PLL board med ADF4351 (137 – 4400 MHz) og Arduino.
- LO og IF vælges til det ønskede mikrobølge bånd. Output ca. 1 mW, men ingen filtrering af spejl

Multiplier



- Man kan danne endnu højere harmoniske med en mikrobølge diode – f.eks. $3 \times 3456 \text{ MHz} = 10368 \text{ MHz}$
- - og dioden kan samtidig både mixe og danne harmoniske - f.eks. $3 \times 3408 \text{ MHz} + 144 \text{ MHz} = 10368 \text{ MHz}$.

Enkel 10 GHz transverter



PLL generator og mikrobølgediode som mixer (evt. harm. mixer)
Output vil være $< 1 \text{ mW}$ og modtager NF ca. 10 – 13 dB.

Antenner, jo større jo bedre



Jodrell Bank – Bygget i 1957, 76 meter i diameter
- har i øvrigt et interessant besøgscenter!

Antenner – 23 cm til 3 cm

23 cm 2x35 elm yagi

13 cm ø80 parabol

9 cm ø 50 cm

6 cm ø70

3 cm ø50 parabol

(- og en 20 elm 432 MHz)

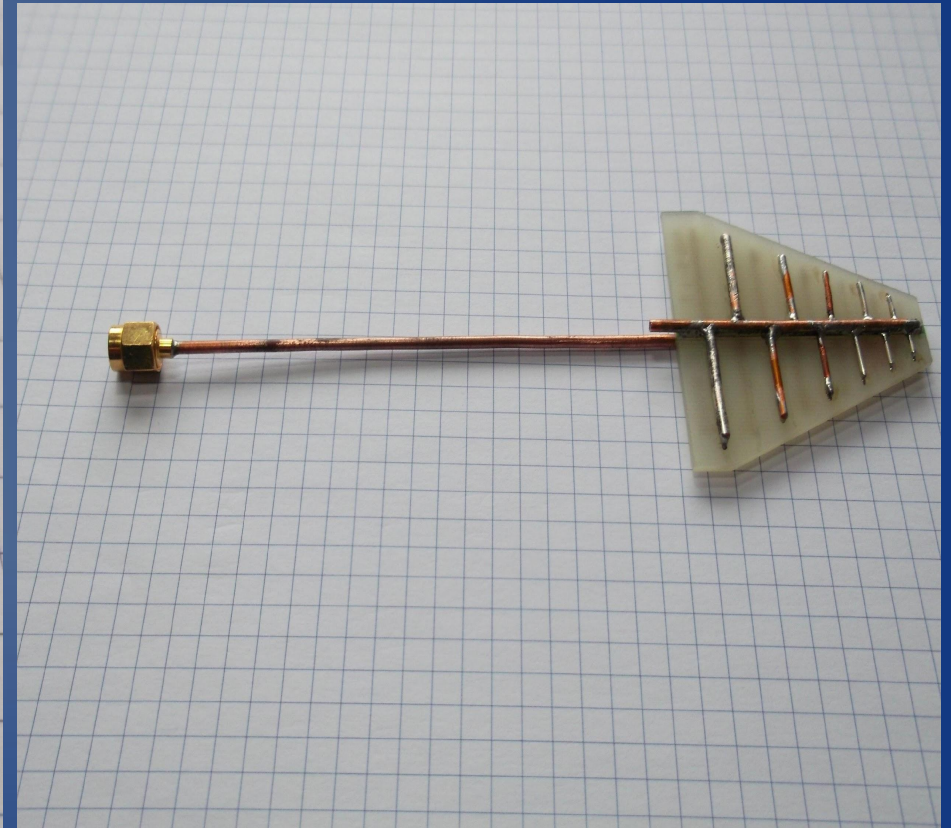
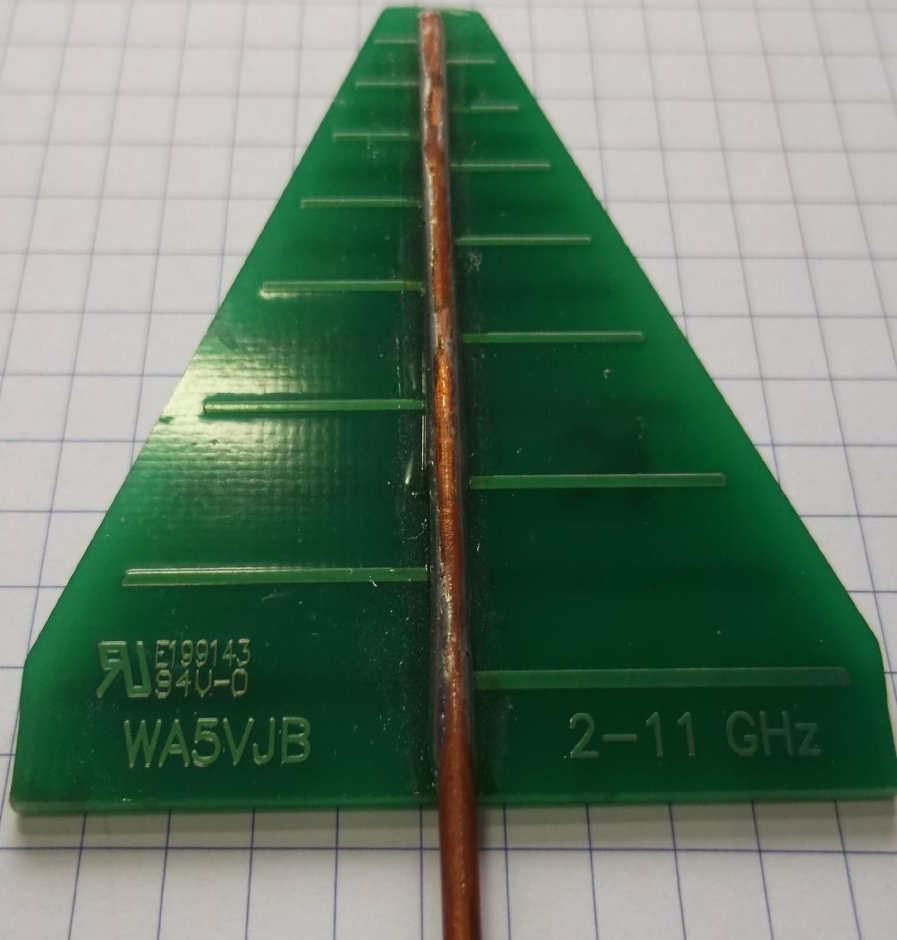
Parabol:

-større diameter = større gain
(dobbel dia. giver + 6 dB)

-højere frekvens = højere gain
(dobbel frekv. giver + 6 dB)

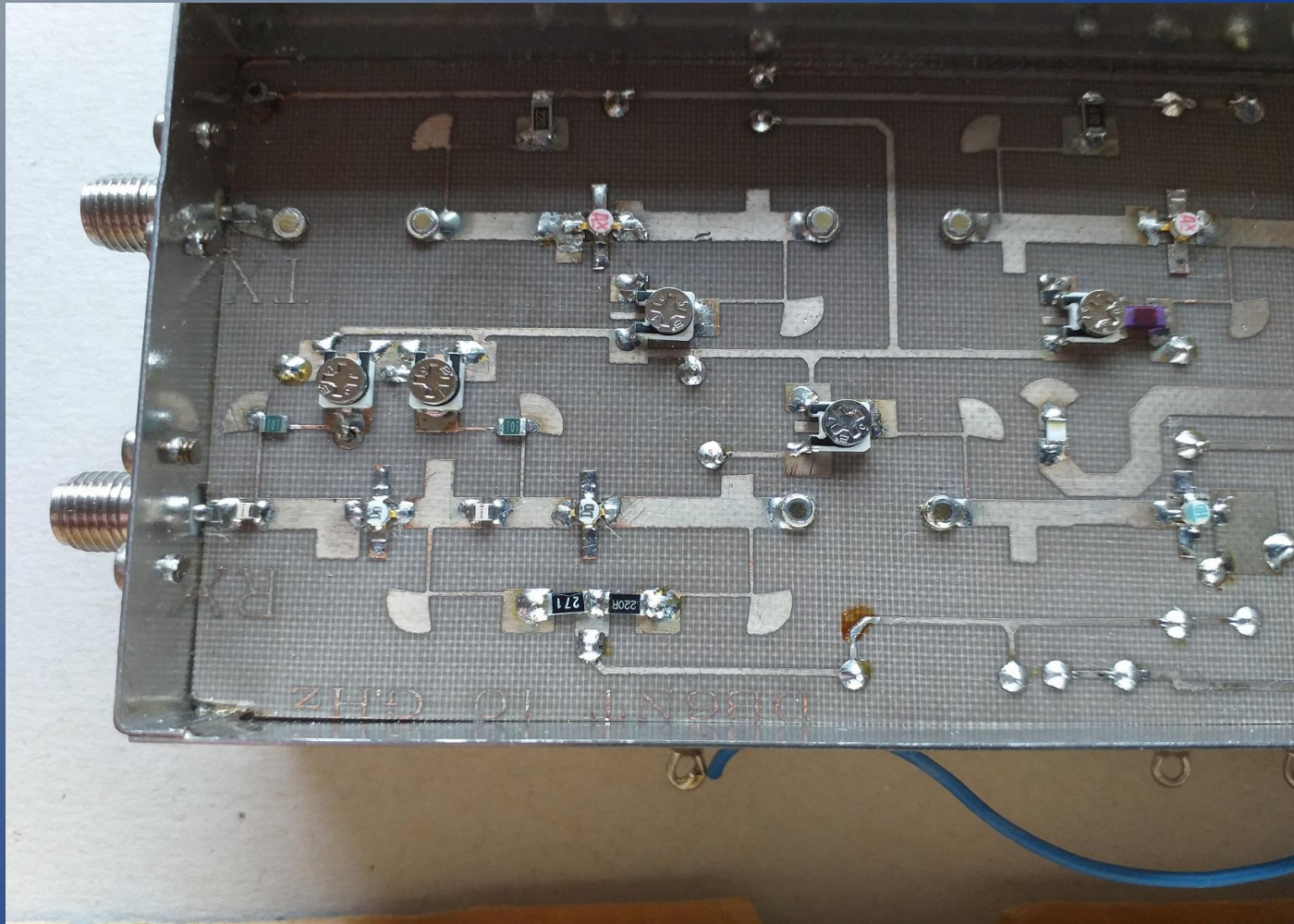


Logperiodisk fødeantenne



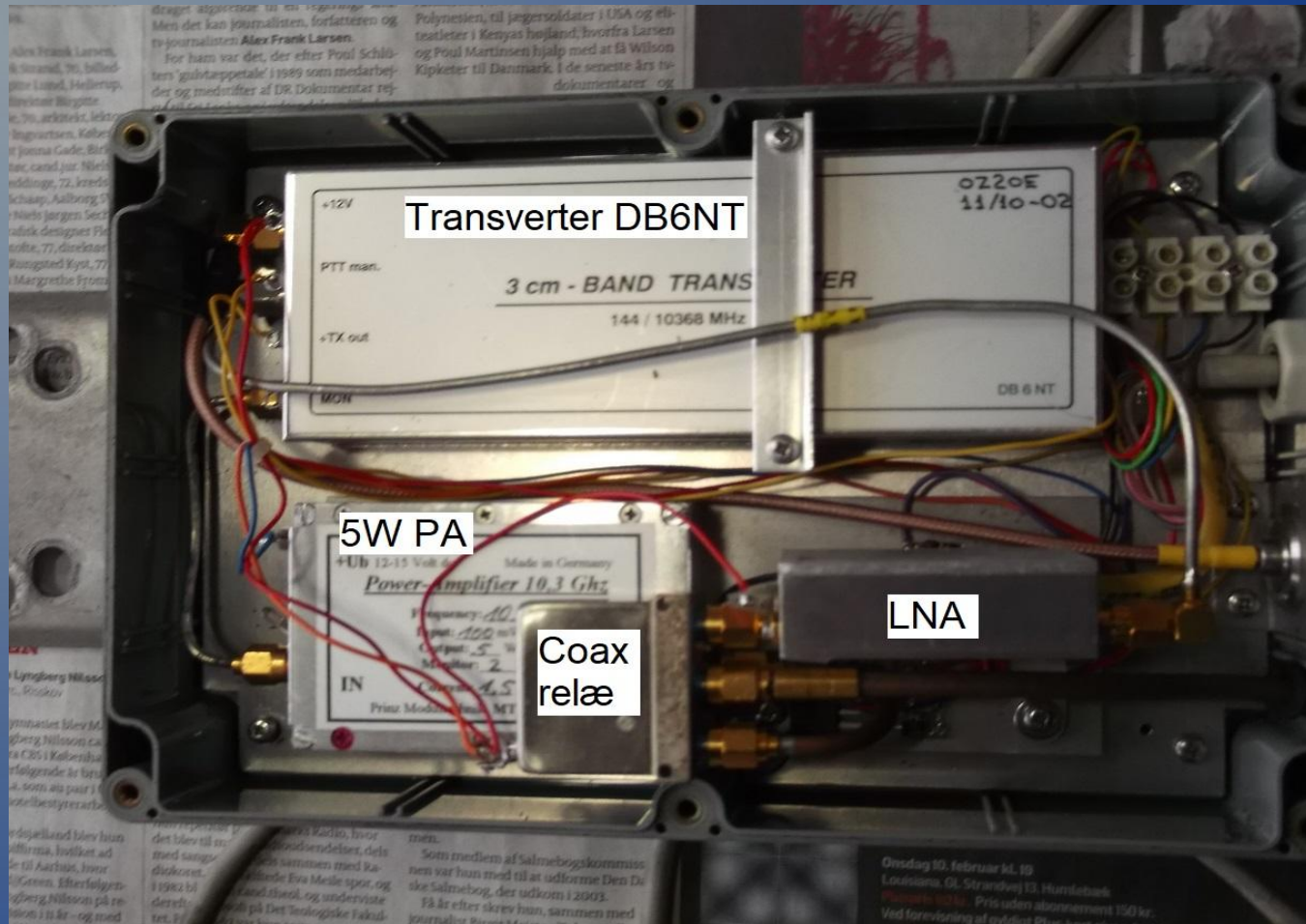
Gør parabolen til en flerbåndsantenne
– problem med høj effekt løses med tykkere elementer

Printbaner = komponenter



DB6NT 10 GHz transverter. Printbaner – mikrostrip – udgør det meste af kredsløbet (bortset fra DC bias).

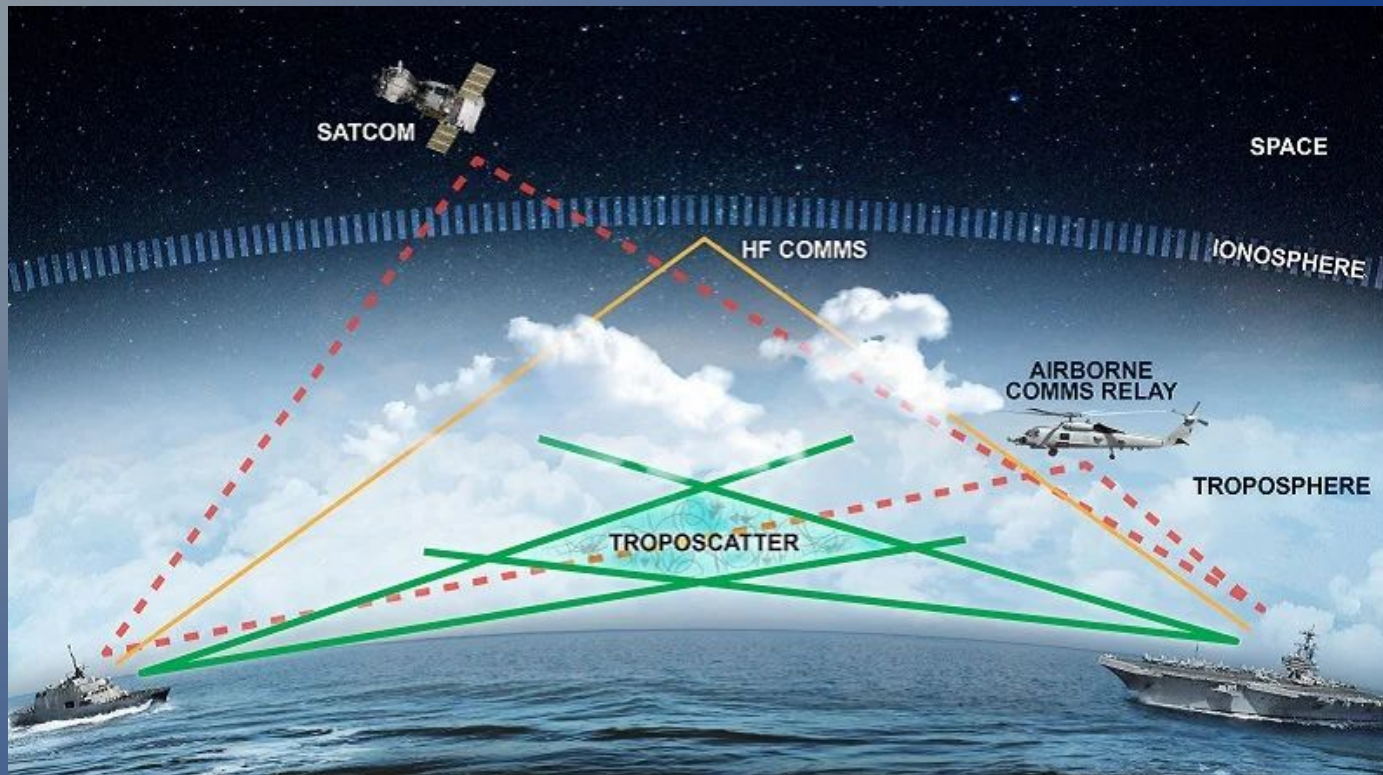
Typ. 10 GHz transverter



Mastmonteret.

DB6NT transverter (200 mW og 2 dB NF), med 5W PA og LNA (15 dB gain og 1 dB NF) samt coaxrelæ.

Udbredelse



Op til 10 GHz:

Fritrum – max ca. 70 km i Danmark

Troposcatter 100 – 300 km

”Gode forhold” 1000 km eller mere

Flyreflektion – 600 km eller mere

Regnscatter – bedst på 10 GHz

Over 10 GHz:

Fritrum

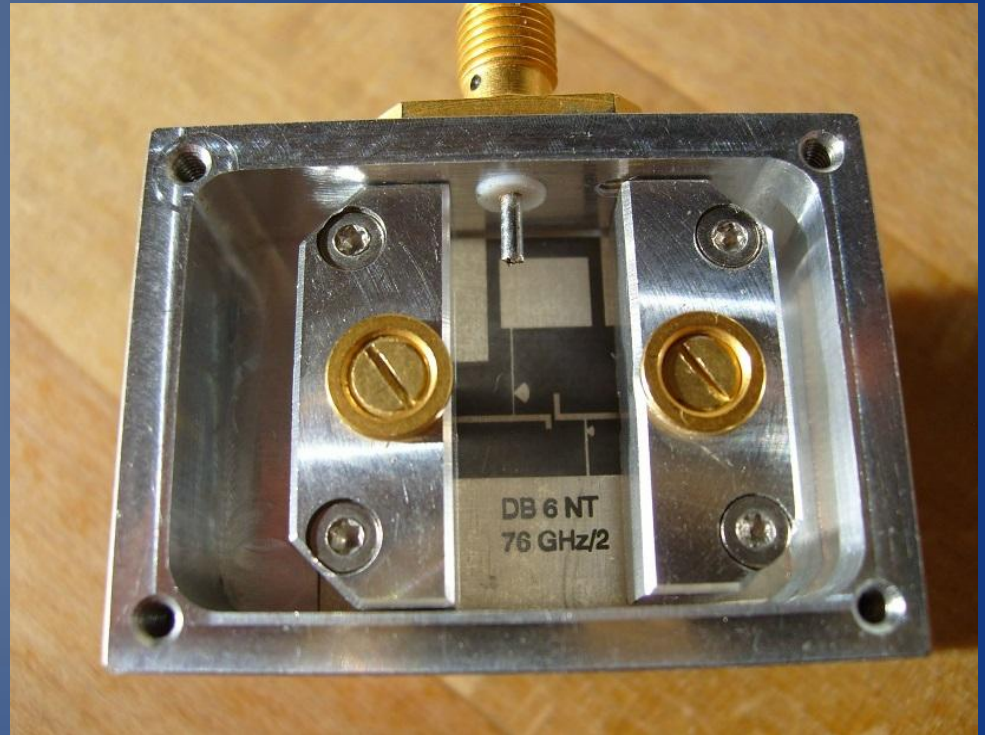
Begrænset troposcatter

Ja – men absorption

Ja – men meget kortvarigt

Ja – men absorption

Hvorfor > 10 GHz?



Teknisk interessant:

- enkelt at bygge til amatørbrug (husk der er forskel på ordene "enkelt", "simpelt" og "nemt")
- antenner har HØJT gain!
- alt er "komponenter" - alt er "felter"
- atmosfæren er ikke længere "gennemsigtig"
- alt reflekterer/absorberer

Signalstyrke

Når et signal udbreder sig i det frie rum, kan dæmpning imellem to antenner (isotrop) udregnes efter formlen:

$$L \text{ [dB]} = 32,5 + 20\log D \text{ [km]} + 20\log F \text{ [MHz]}$$

- hvor D er distance i km og F er frekvens i MHz

Eks. 1 km på 144 MHz giver:

$$L=32,5+20\log 1+20\log 144 \gg L=75,7 \text{ dB}$$

- eller 10 km på mikrobølge 47088 MHz:

$$L=32,5+20\log 10+20\log 47088 \gg L=146 \text{ dB}$$

MEN – med fx. 35 dB gain på både RX og TX ant.
bliver resulterende dæmpning $146-2 \times 35=76 \text{ dB}$!

Fritrum udbredelse



TX 10 mW – Ø60 cm parabol - afstand 100 km

Bånd:	Ant. Gain	Stræknings- dæmpning	RX signal
1296 MHz	15,2 dBi	134,7 dB	-94,3 dBm (S9)
5760 MHz	28,2 dBi	147,7 dB	-81,3 dBm
10368 MHz	33,3 dBi	152,8 dB	-76,2 dBm
24048 MHz	40,6 dBi	160,1 dB	-68,9 dBm
47088 MHz	46,4 dBi	165,9 dB	-63,1 dBm

Udbredelse - lyd eksempler



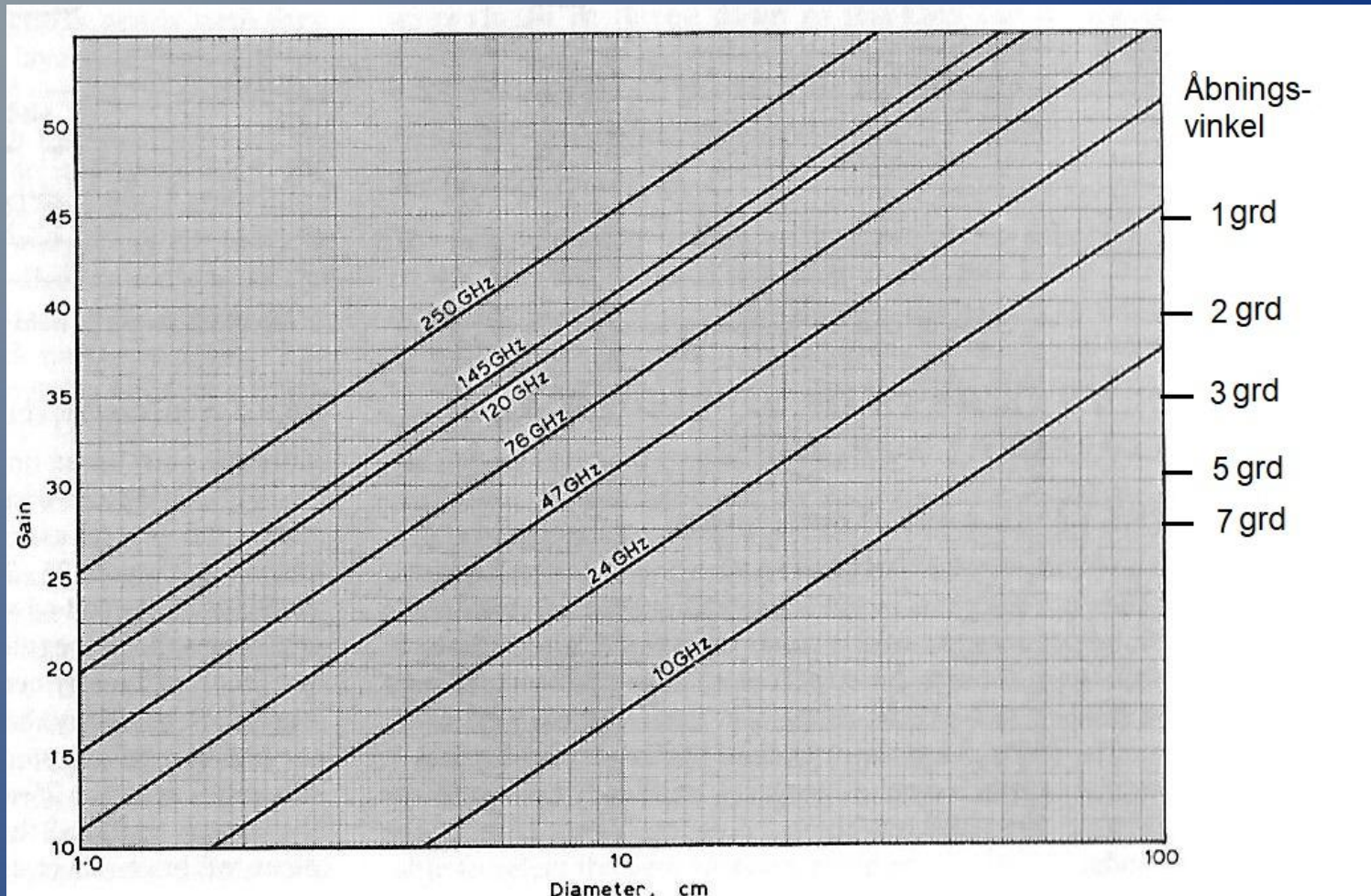
Eksempler:

10 GHz torposcatter – spredning af frekvens/tone

FM er godt til 10 GHz regnscatter – ved kraftige signaler

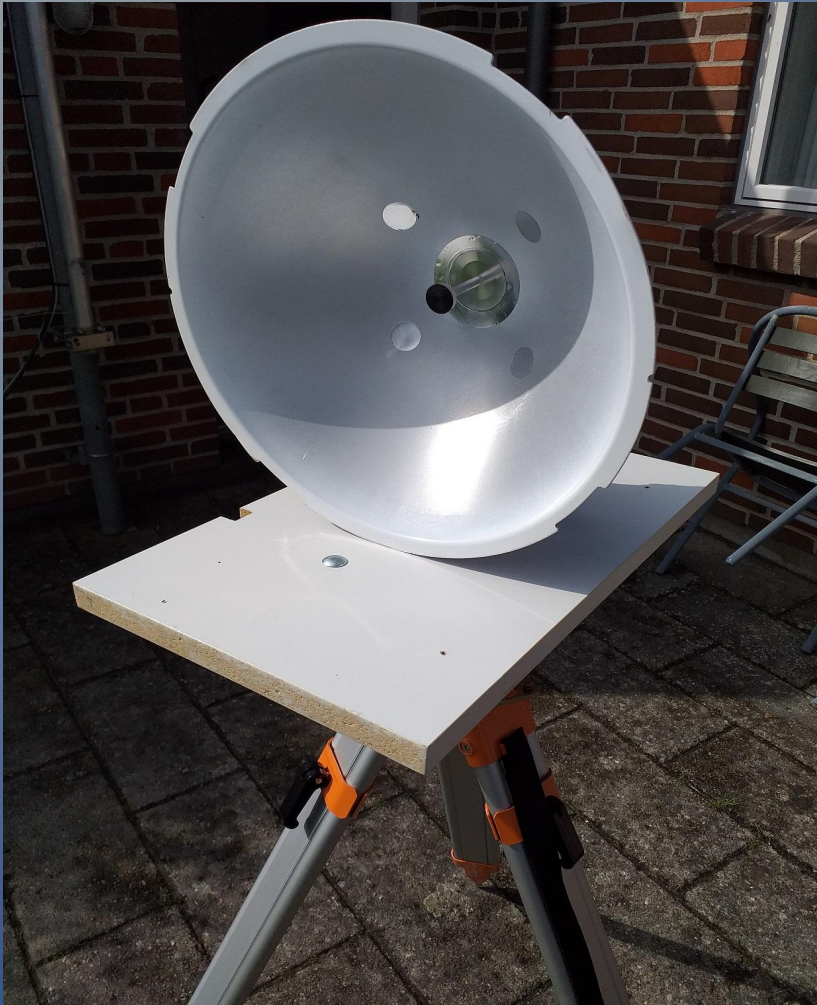
47 GHz 22 km optisk sigt.

De "høje" mikrobølgebånd – Antennegain!



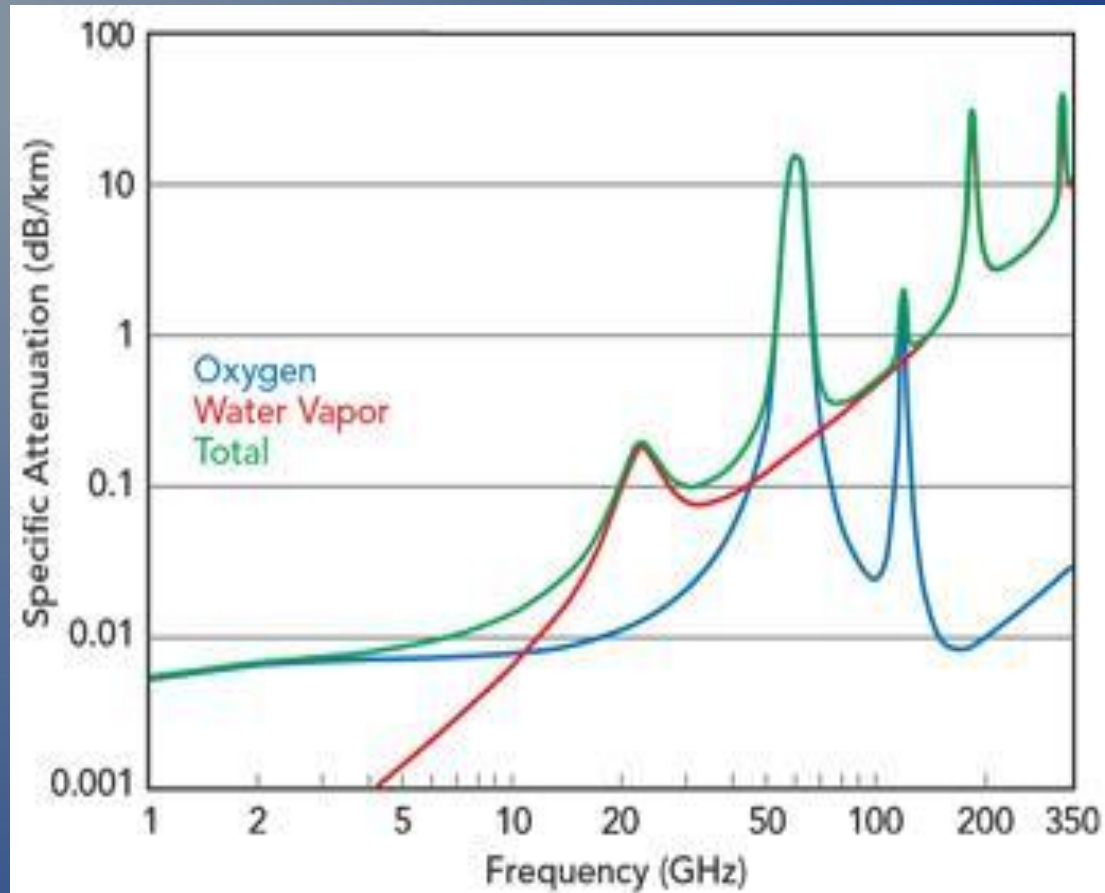
Det er let nok at få stort antennegain
– problemet ligger i den lille åbningsvinkel

Praktiske antenner



Parabol (\varnothing 35 cm) fra 38 GHz radiolink
Linseantenne (\varnothing 25 cm) fra 24 GHz link

Udbredelse i atmosfæren



Vanddamp H₂O dæmper mikrobølge – resonans omkring 23-24 GHz
Iltmolekyler – O₂ – har resonans ved 60 og 120 GHz

Sommer og godt vejr



OZ9ZZ



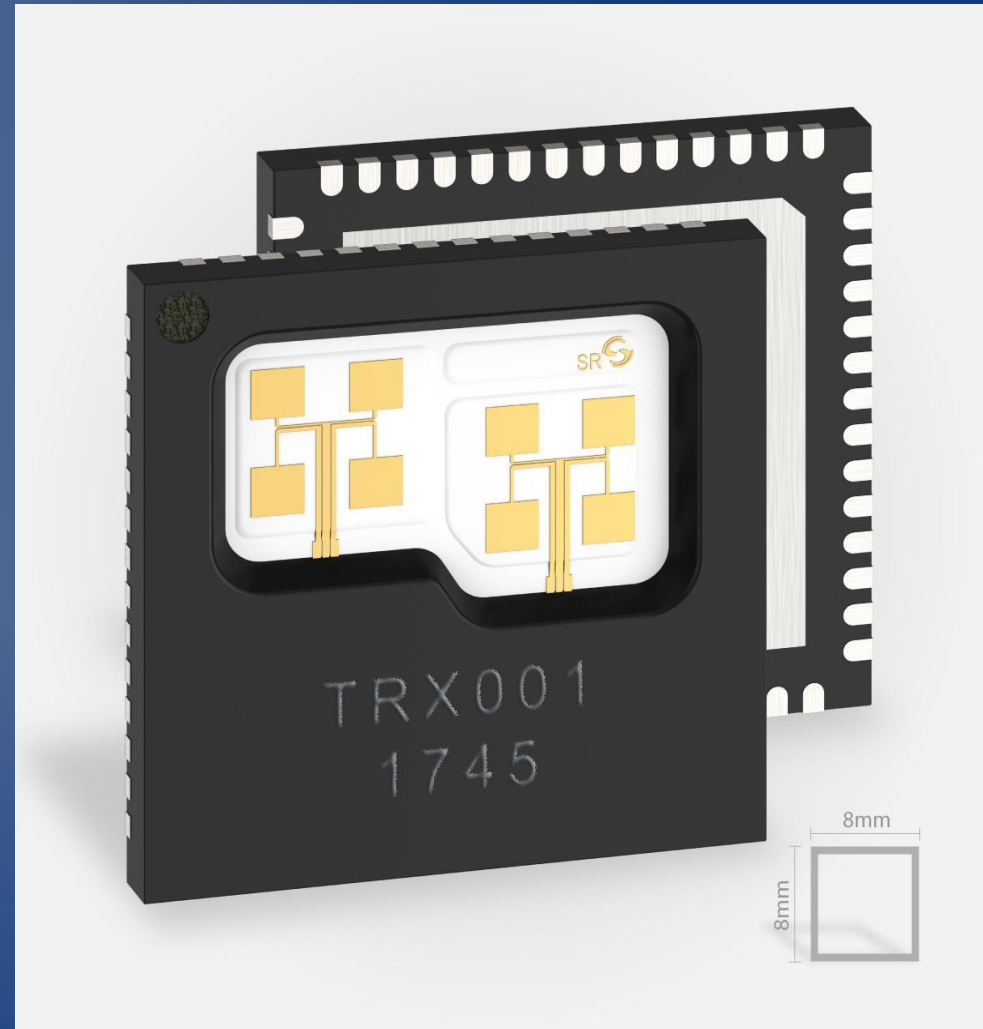
OZ2FF



- men forholdene er bedre om vinteren

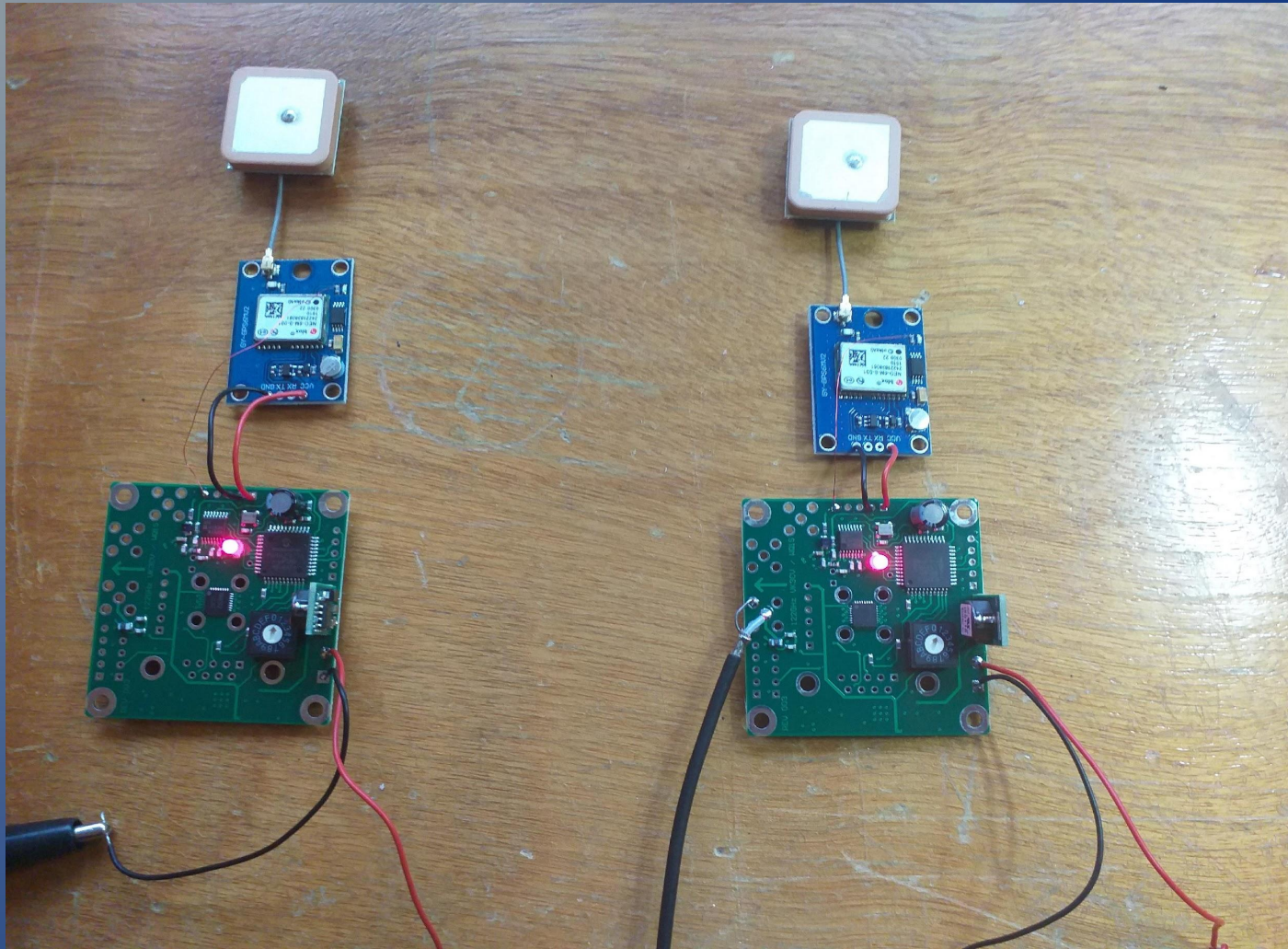


122 GHz – 2,4 mm båndet



Radarchip 122-123 GHz ISM band. Chip med indbygget antenne!
TX -3 dBm, NF 9dB (beregnet/simuleret)

Bygget 2 transceivere



VK3CV modul forsynes med et 1 pps signal fra GPS
Skal blot tilsluttes en 144 MHz RX og mikrofon/morsenøgle

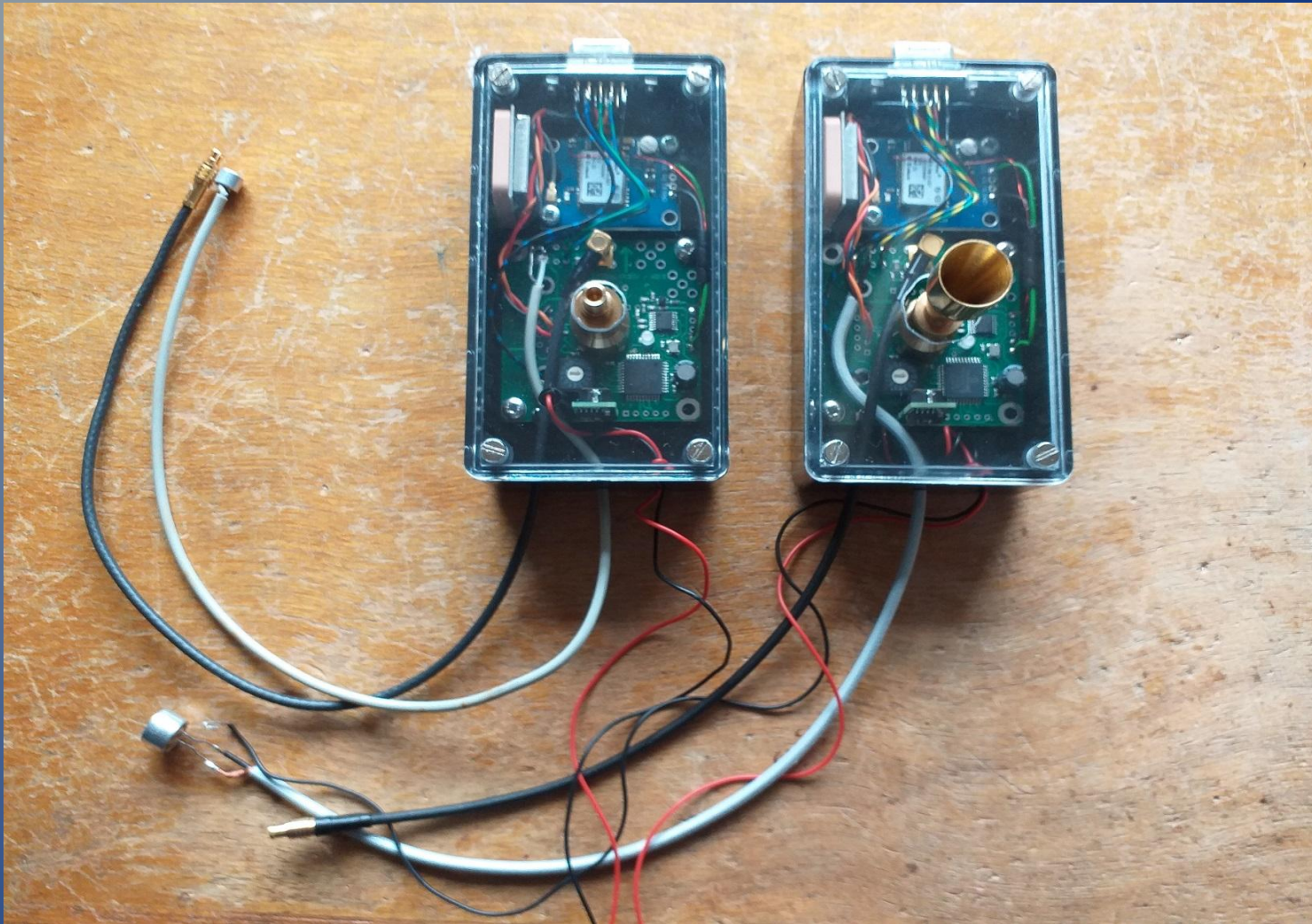
De første forsøg



Første OZ – OZ QSO 122 GHz

Uden antenne – bare chip til chip. 25 meter med FM.

122 GHz



122 GHz modul + GPS modtager + electret mikrofon

Feedhorn til højre har 20 dB gain (på 122 GHz)

Antenne gain og åbningsvinkel

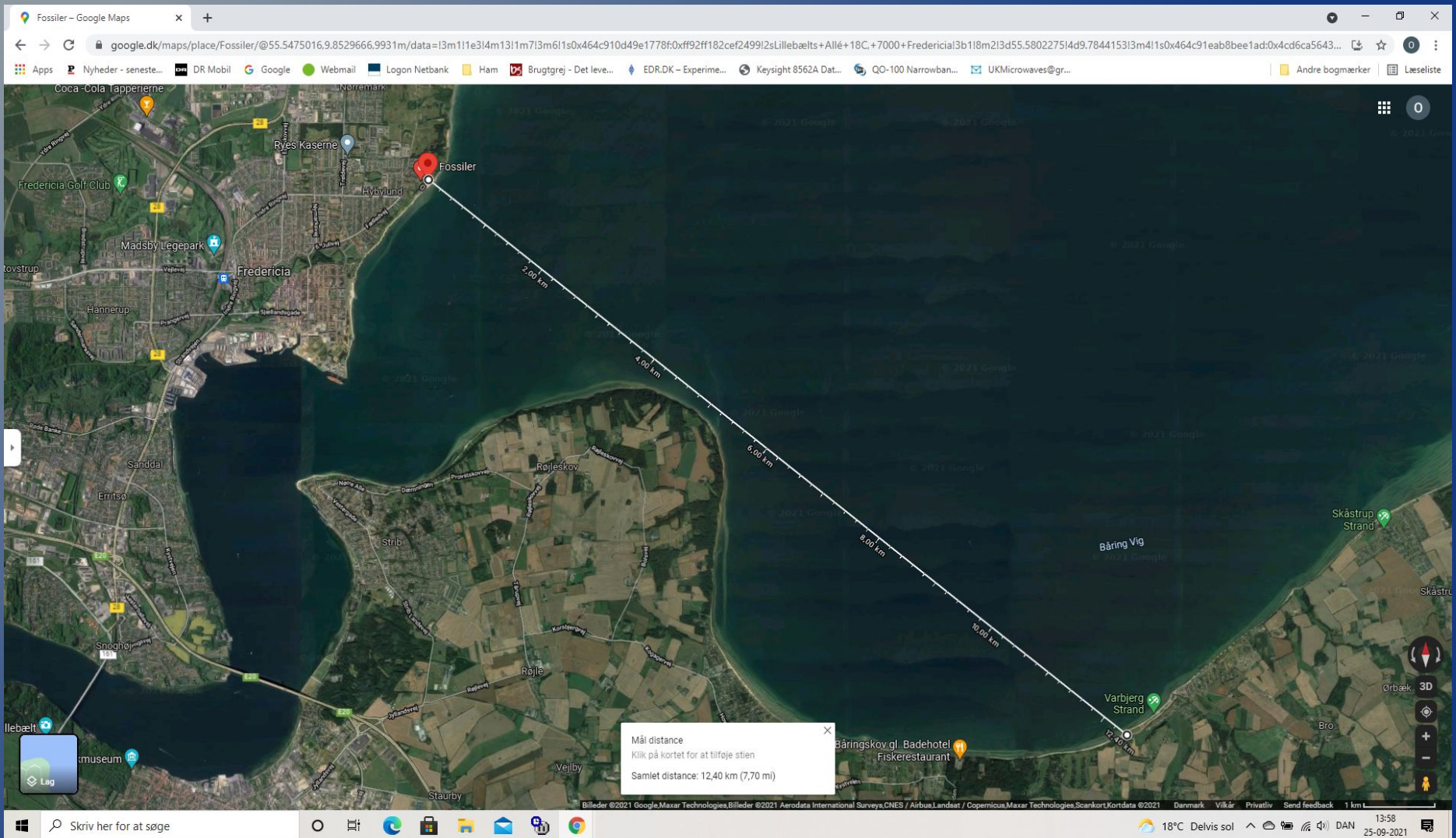


Antenner på 25 - 50 cm har en åbningsvinkel på $\sim 0,7 - 0,35$ grad
Og gain på 47 – 53 dB! - på 122 GHz
Kikkertsigte er et must



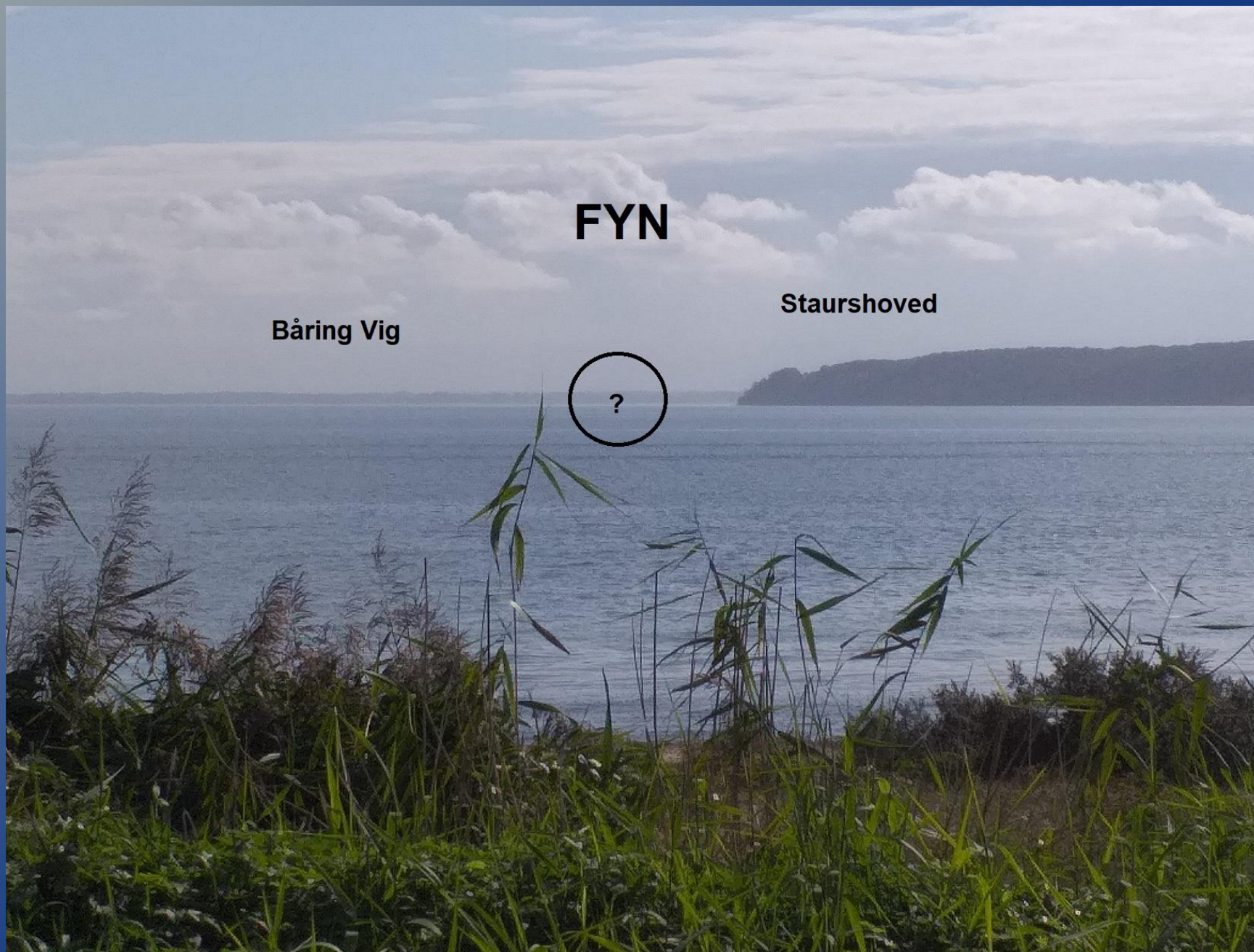
Udover optisk sigt er det også vigtigt at have gode sigtepunkter i terrænet – et kirketårn, en vindmølle etc. - så der er noget at rette antennen (kikkertsigtet) ind efter

Fredericia – Båring Vig



Afstand 12,4 km – i øjeblikket OZ distance rekord.

122 GHz – lydeksempel



Mikrobølge aktivitet



Eksperimentere – bygge selv

Brugte parabler – og stumper - fås mange steder

Måleinstrumenter er ikke nødvendige. Man kan bruge én station til at optimere én anden

Sjovest når der er en lokalamatør til at "lege" med.
Ellers byg to sæt!

Livet over 70 ...



Vær aktiv – og husk aktivitet er mange ting:

”3 lodninger om dagen”

”Lad ikke det perfekte stå i vejen for det mulige”

En ”komponent” har ikke vist sin berettigelse,
før den har været brugt til noget helt andet