Magnetic Loop

Theorie für HB9LU Bauprojekt

Autor: Heinz HB9BPH, Marcin HB9EGA

Januar 2020

Was ist ein Magnetic Loop

- Die Magnetic Loop ist eine kleine (im Vergleich zur Wellenlänge, normalerweise 0,15λ) Schleife aus leitfähigem Material.
- Elektrisch erzeugt er einen Parallelschwingkreis mit hohem Q, bestehend aus L (Induktivität der Schleife) und C (Kapazität der Schleife und des angeschlossenen Kondensators).

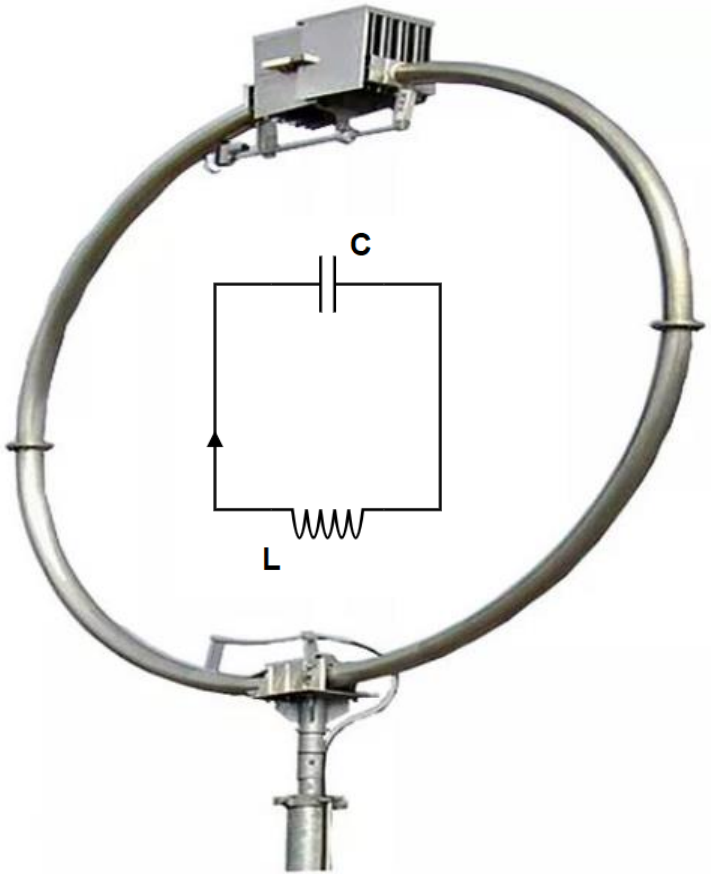
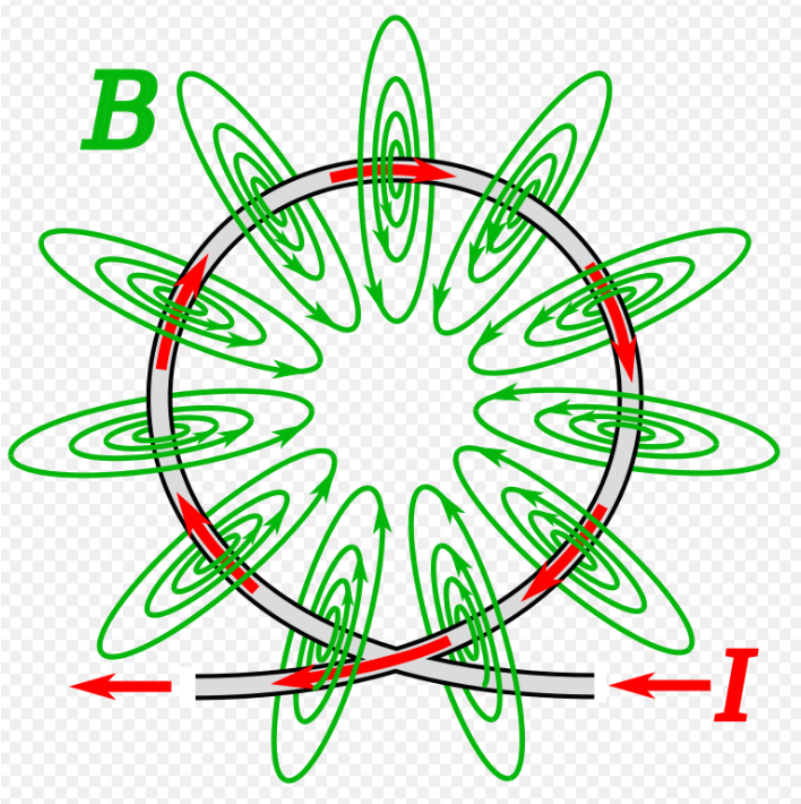


Foto: **Ciro Mazzoni Automatic Magnetic Loop Antennas MIDI**

Warum “Magnetic...”

Sehr hoher HF-Strom im Hauptschleifenleiter erzeugt ein sehr starkes Magnetfeld.

Das Magnetfeld erzeugt ein entsprechendes elektrisches Feld, das wiedrum ein entsprechendes Magnetfeld erzeugt ...
elektromagnetisches Feld => Radiowelle.



Pict source: https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_coil

Resonanzfrequenz

Dieser LC-Schwingkreis hat im Resonanzbetrieb folgende Eigenschaften :

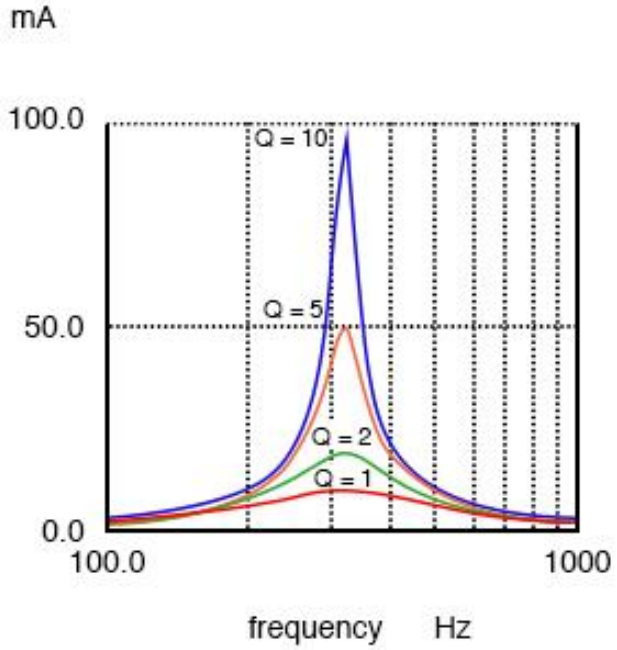
- Sehr hohes Q
- grosser Strom im System
- Sehr hohe Spannung im Kondensator

Die Resonanz erfolgt nur für die Resonanzfrequenz.

Foto: HB9EGA

Antennen Q

- Der Gütefaktor Q eines Schwingkreises ist ein Mass für die "Güte" oder Qualität eines Schwingkreises.
- Der Q-Parameter der Magnetic Loop ist sehr hoch, da der Strahlungswiderstand im Vergleich zum Blindwiderstand der Schleife klein ist.
- Dies führt zu einer sehr schmalen VSWR-Bandbreite.



Picture: https://www.allaboutcircuits.com/textbook/alternating-current/chpt-6/q-and-bandwidth-resonant-circuit/

Hohes Q – Hohe Spannung - Kapazität

- Hohe Güte Q der Antenne führt zu extrem hoher Spannung in der Antennenkapazität
  - für kleine (QRP) Leistungsstufen 200V-1KV
  - QRO - 5..20KV !!!
- Hohe Spannung, gross, hohe Qualität, niedriger ESR, manchmal müssen Vakuumkondensatoren verwendet werden

<u>WARNUNG:</u>

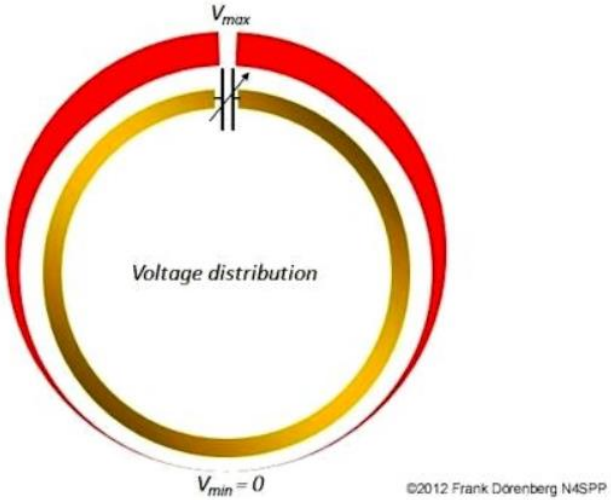
Hochspannung kann schädlich sein!

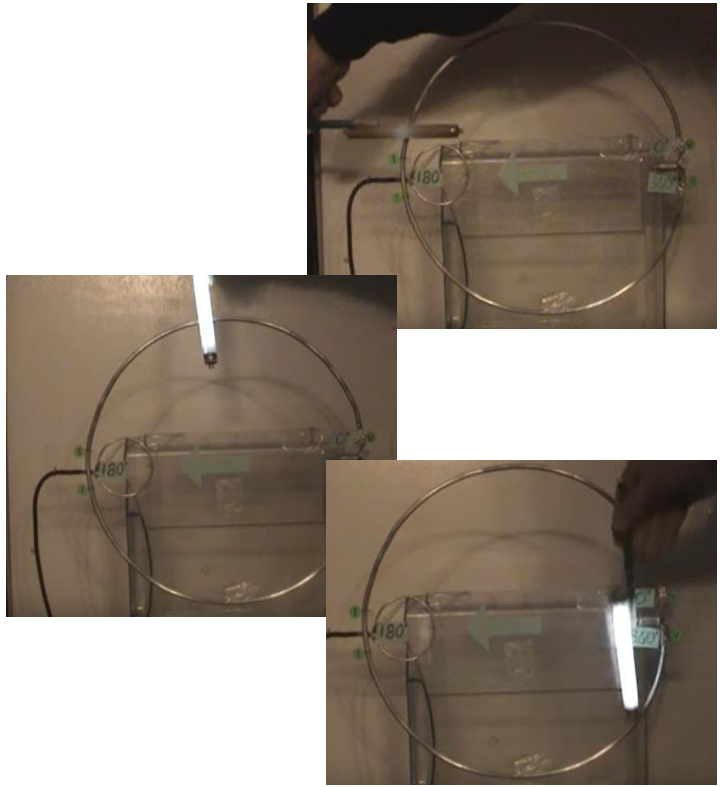
Kommen Sie dem Magnetic Loop nicht zu nahe!

Foto: Ref 2.

Spannungsverteilung im Loop

- Die Spannung ist am Speisepunkt (neben der Koppelschleife) am niedrigsten.
- Die Spannung ist am Kondensator am höchsten.
- [MagLoop Voltage and Current Distribution.mp4]





Source: https://www.youtube.com/watch?time_continue=105&v=SUYI81dkEMA&feature=emb_logo, Ref 1

Hohes Q – hoher Strom

- Hohe Güte Q der Antenne führt zu sehr hohen Strömen im Loop
- Schleife sollte aus niederohmigem, leitfähigem Material bestehen - Milliohm-Material (Kupfer, Alu)
- Eventuell keine mechanischen Verbindungen (alle geschweisst)
- Butterfly Kondensatoren - zur Vermeidung mechanischer Verbindung zum rotierenden Teil

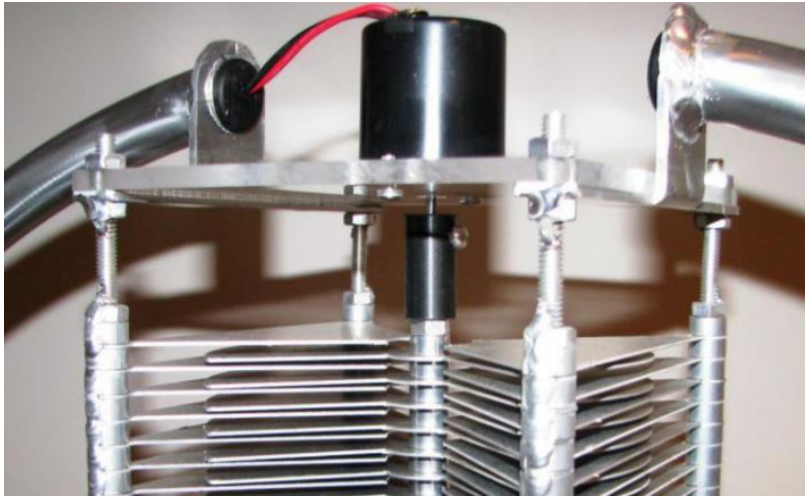


Foto: Ref 2

Schleifenstrom - Skin-Effekt

- Je höher die Frequenz ist, desto mehr Strom neigt dazu, nur auf der Oberfläche des leitenden Materials zu fliessen.
- Es wird daher empfohlen, für den Loop ein dickeres Rohr zu verwenden (grössere Fläche der Oberfläche)

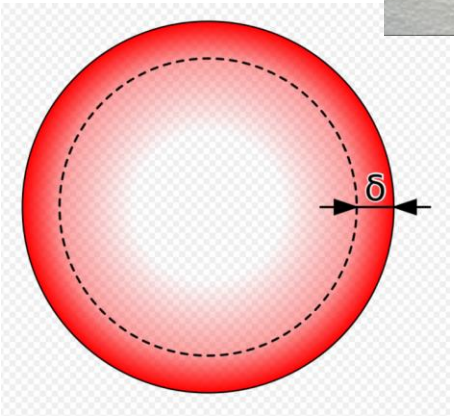


Foto: http://www.alexloop.com/artigo24.html, wikipedia

Verbindung zum Sender TX

- Das Signal wird an die Antenne geliefert (oder von ihr empfangen) durch eine zusätzliche Koppelschleife - kleine zusätzliche Schleife (in der Regel etwa 0,2 der Grösse der Hauptschleife), die sich innerhalb der Antenne befindet.
- Es gibt andere Methoden (Gamma-Match, kapazitive Kopplung), die jedoch weniger Möglichkeiten zur Änderung der Schleifenfrequenz bieten.
- Die Impedanz der Antenne in Resonanz beträgt 50 Ohm

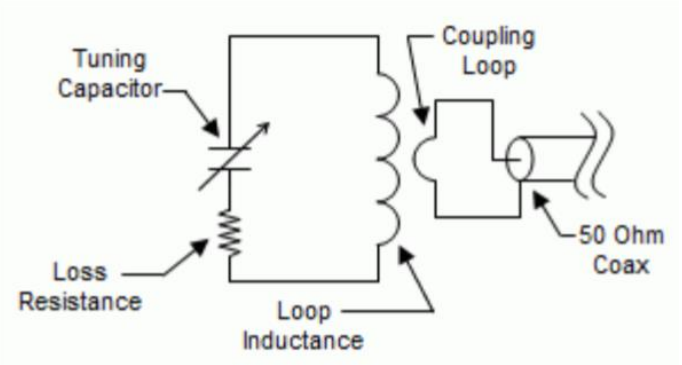


foto: https://www.radioworld.co.uk/alpha-loop-qrp-magnetic-loop-antenna-with-tripod

Eine/Mehrere Umdrehungen...

- Die optimale Looplänge liegt irgendwo zwischen 0.1..0.2λ.
- Für untere Bänder können solche Schlaufen relativ gross und schwierig zu handhaben sein.
- 2 (oder noch mehr) Schleifen werden verwendet

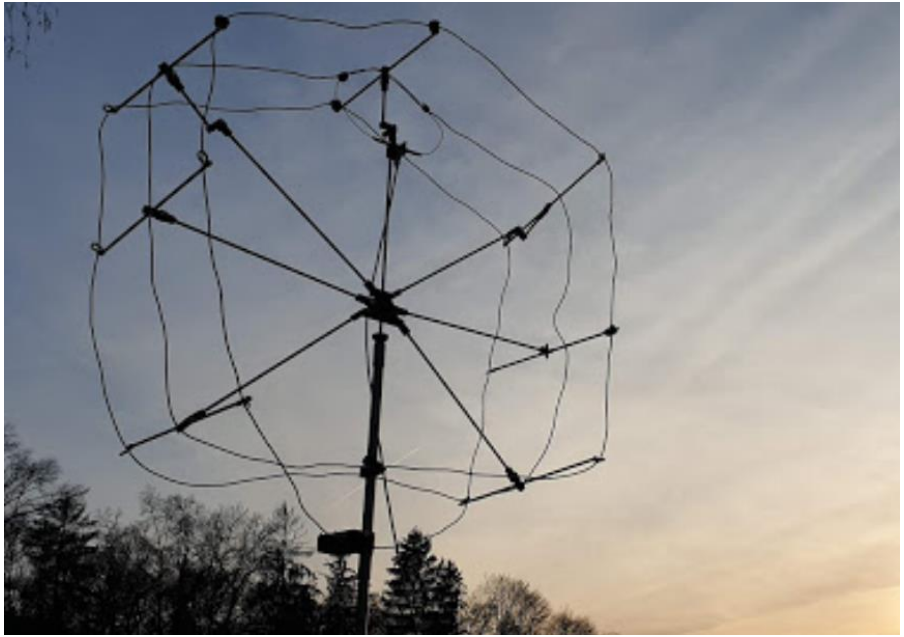


Foto: HB9EGA

Abstrahlverhalten

- Vertikal montierte magnetische Schleife hat die Abstrahlcharakteristik ähnlich einem Dipol (8-förmig)
- Die horizontal montierte Schleife hat eine omnidirektionale Abstrahlcharakteristik (in diesem Fall muss sie jedoch deutlich höher montiert werden, um Masseverluste zu vermeiden)

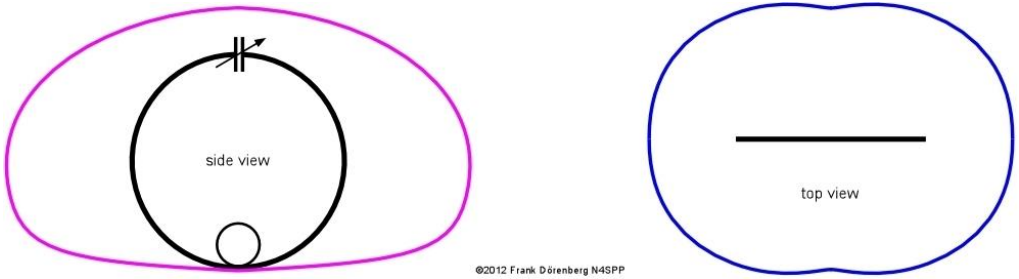


Foto: Ref 1

Bandbreite

- Durch die sehr hohe Güte des Loops ist diese Antenne sehr schmalbandig.
- Die Bandbreite für den Empfang z.B. auf 7MHz liegt in der Regel bei mehreren kHz.
- Die Bandbreite für die Übertragung (um ein SWR unter 1,5 zu haben) ist auf einzelne kHz begrenzt.
- In der Regel ist bei jeder Frequenzänderung eine Anpassung der Kapazität (Neuabstimmung) erforderlich.
- Die geringe Bandbreite ist "schwieriger zu benutzen" durch die ständige Neuabstimmung, aber auch ein grosser Filter für elektromagnetisches Rauschen in der städtischen Umgebung - diese Antenne ist viel "leiser" als fast jede andere.

Vorteile

- Kleine Grösse - 1 Meter Antenne kann auf allen HF-Bändern verwendet werden
- Benötigt keine Radials, Gegengewichte, HF-Masse, etc. Können auf dem Tisch, Stativ, in der Wohnung, auf dem Dachboden, im kleinen Garten usw. stehen.
- Kann bodennah (vertikal ausgerichtet) installiert werden, ohne dass es zu nennenswerten Effizienzverlusten kommt. Aber höher ist besser.
- Die einzige HF-Antenne, die von Räumen, Gebäuden, sogar von Kellern aus einigermassen effektiv arbeitet. Aber keine Wunder - offener Raum ist immer besser
- Bandbreite - erzeugt einen schmalen Filter, der starke Signale und elektromagnetisches Rauschen der städtischen Umgebung eliminiert.

Nachteile

- Bandbreite - die Änderung der Frequenz erfordert eine ständige Neuabstimmung
- Zerbrechlich bei jeder Dimensionsänderung - selbst die Berührung der Antenne kann die Antennenform und die Resonanzfrequenz verändern.
- fragile Abstimmung - sehr kleine Bewegungen des Kondensators verändern die Frequenz
- anfällig für Witterungseinflüsse - Feuchtigkeit kann das Tuning beeinträchtigen oder unmöglich machen
- empfindlich gegen nahegelegene metallische Gegenstände, Gebäude
- Geringerer Wirkungsgrad als Langdrahtantennen, Multielementbeams

Sicherheit

- **Extrem hohe Spannung am Kondensator**
  - **kann zu schädlichen Verbrennungen auf der Haut führen**
  - **kann zu Lichtbogenbildung führen - Brandgefahr**

- **Hohe EM-Felder in der Nähe der Antenne in Abhängigkeit von den Leistungsstufen**

Average power (watt)	Freq band (m)	Loop size (diameter)	Estimated *controlled* compliance distance (aware users, e.g. radio operators)	Estimated *uncontrolled* compliance distance (general public)
5	40-10	small	4 ft = 1.2 m (FCC)	5.6 ft = 1.7 m(FCC)
10	40-10 40-10	small 3.3 ft = 1 m	4.9 ft = 1.5 m (FCC) ≤ 6.9 ft = 2.1 m (ICNIRP)	6.9 ft = 2.1 m (FCC) ≤ 9.5 ft = 2.9 m (ICNIRP)
100	40-10	3.3 ft = 1 m	≤ 11.1 ft = 3.4 m (ICNIRP)	≤ 15.4 ft = 4.7 m (ICNIRP)
150	40-10	small	6.6-7.9 ft = 2-2.4 m (FCC)	9.2-13.8 ft = 2.8-4.2 m (FCC)
400	40-10	3.3 ft = 1 m	≤ 14.7 ft = 4.5 m (ICNIRP)	≤ 24 ft = 7.3 m (ICNIRP)
1500	80-10	3.3 ft = 1 m	9.9-19.4 ft = 3-5.9 m (FCC)	17.4-42.4 ft = 5.3-12.9 m (FCC)

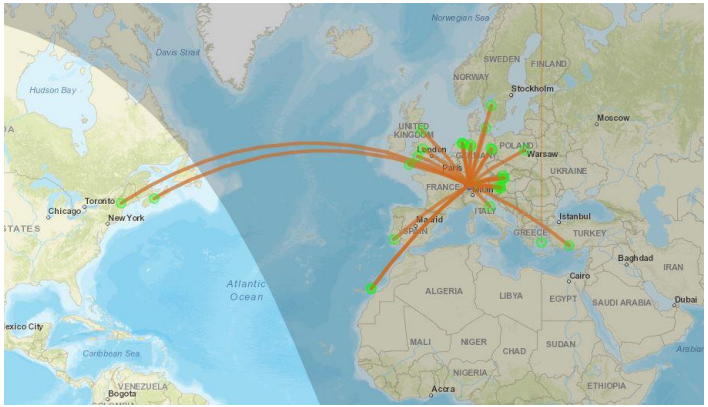
©2019 N4SPP

Referenzen

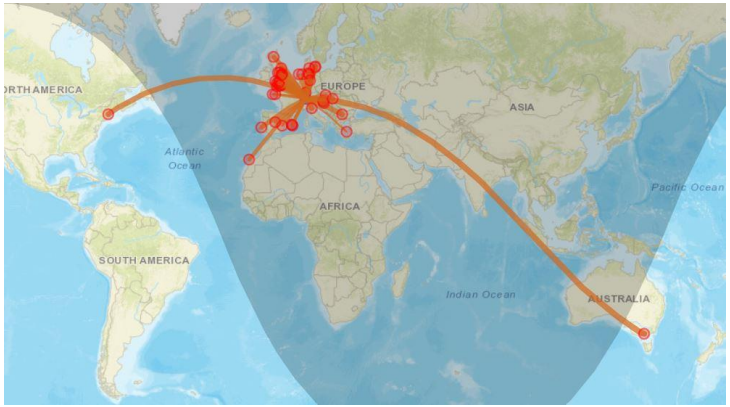
Ref 1. https://www.nonstopsystems.com/radio/frank_radio_antenna_magloop.htm
Ref 2. https://www.nonstopsystems.com/radio/pdf-ant/article-antenna-mag-loop-2.pdf
Ref 3. http://w8mrc.com/docs/presentations/Magnetic%20Loop.pdf
Ref 4. https://www.youtube.com/watch?time_continue=105&v=SUYI81dkEMA&feature=emb_logo

WSPR Aufzeichnung

- WSPR (Weak Signal Propagation Reporter)
- TX Power **QRP 1W**, Frequenz 7.038600, über 3 Std.
- Antenne: Mag. Loop 6.4m Umfang, 2 Windungen,
- Standort: Hünenberg, Indoor.



Stationen die HB9BPH empfangen haben!



Stationen die ich selber empfangen habe!

WSPR Aufzeichnung

- Auszug aus WSPR Datenbank 05.01.2020 21:00

Spot Database

Specify query parameters

94 spots:

Timestamp	Call	MHz	SNR	Drift	Grid	Pwr	Reporter	RGrid	km	az
2020-01-05 19:50	HB9BPH	7.040052	-25	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 19:50	HB9BPH	7.040050	-17	-1	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 19:50	HB9BPH	7.040053	-16	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 19:50	HB9BPH	7.040066	-29	0	JN47fe	1	WM1N	FN41sp	6026	295
2020-01-05 19:34	HB9BPH	7.040052	-27	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 19:34	HB9BPH	7.040050	-18	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 19:34	HB9BPH	7.040053	-22	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 19:34	HB9BPH	7.040018	-24	0	JN47fe	1	TA4/G8SCU	KM56ov	2188	113
2020-01-05 19:26	HB9BPH	7.040054	-15	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 19:26	HB9BPH	7.040050	-16	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 19:26	HB9BPH	7.040018	-25	0	JN47fe	1	TA4/G8SCU	KM56ov	2188	113
2020-01-05 19:14	HB9BPH	7.040052	-24	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 19:14	HB9BPH	7.040017	-28	-1	JN47fe	1	TA4/G8SCU	KM56ov	2188	113
2020-01-05 19:14	HB9BPH	7.040050	-16	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 19:14	HB9BPH	7.040053	-18	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 19:06	HB9BPH	7.040052	-25	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 19:06	HB9BPH	7.040050	-11	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 19:06	HB9BPH	7.040053	-15	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 18:58	HB9BPH	7.040052	-24	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 18:58	HB9BPH	7.040050	-20	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 18:58	HB9BPH	7.040053	-20	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 18:48	HB9BPH	7.040053	-19	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 18:48	HB9BPH	7.040063	-25	0	JN47fe	1	VE1COR	FN84fx	5355	295
2020-01-05 18:48	HB9BPH	7.040050	-16	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 18:48	HB9BPH	7.040053	-22	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 18:38	HB9BPH	7.040052	-24	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 18:38	HB9BPH	7.040053	-9	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 18:38	HB9BPH	7.040050	-12	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 18:38	HB9BPH	7.040055	-25	0	JN47fe	1	CT1EYQ	IM58ob	1732	240
2020-01-05 18:30	HB9BPH	7.040050	-11	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 18:18	HB9BPH	7.040052	-21	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 18:18	HB9BPH	7.040053	-20	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 18:18	HB9BPH	7.040050	-20	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 18:18	HB9BPH	7.040052	-25	0	JN47fe	1	AJ8S/1	FN44mf	5899	298
2020-01-05 18:08	HB9BPH	7.040052	-23	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 18:08	HB9BPH	7.040054	-16	0	JN47fe	1	OE3GAS	JN88bn	592	72
2020-01-05 18:08	HB9BPH	7.040050	-23	0	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 18:08	HB9BPH	7.040055	-19	0	JN47fe	1	OE1WYC	JN88ff	609	76
2020-01-05 18:08	HB9BPH	7.040053	-23	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040045	-12	0	JN47fe	1	OE6WSF	JN76ts	545	92
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040053	-18	0	JN47fe	1	EA8/DF4UE	IL38bp	2824	231
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040052	-25	0	JN47fe	1	OE9GHV	JN47wk	110	75
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040055	-21	-1	JN47fe	1	OE1WYC	JN88ff	609	76
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040053	-24	0	JN47fe	1	OE3GAS	JN88bn	592	72
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040050	-18	-1	JN47fe	1	EA8BFK	IL38bo	2828	231
2020-01-05 17:58	HB9BPH	7.040055	-29	0	KQ28	0.05	SV8FET	KM27lj	4568	180

Ablauf am Bautag

- Besammlung 09:00 im Restaurant Listrig
- Einrichten der Arbeitsplätze für Zusammenbau
- Bau Phase I
- Mittagessen 12:00 – 13:00
- Bau Phase II
- Messungen an fertigen Loops
- Funktionstest RBN
- Abbau, Schlussbesprechung ca. 15:00

Bau Phase I

- Verteilen der Bausätze
- Mast vorbereiten mit Elektrorohr
- Koppel Loop Zusammenbauen
- Koax Kabel Markierungen anbringen
- Koax Spacers mit Gummiband versehen

Bau Phase II

- Tuning Box Zusammenbauen
- Ausmessen der Kapazitäten (fertige Tuning Box)
- Aufbau auf Stativ

Messungen / Funktionstest

- Funktionstest mit RX/TX
- SWR Messungen mit FA-VA5
- RBN Abfragen

Material Mitbringen

- Werkzeug für Montage (Schraubenzieher, Imbus, Zange, Seitenschneider, Ringgabelschlüssel 5.5, 7, 8, 13)

- Lötstation mit grösserer Spitze

- Lötzinn mit Flussmittel, Schwamm
- Schachtel für Material Transport fertiger Loop

- Wer hat, Tools für Löthilfe, dritte Hand…

- Unterlage für Tisch, grosser Karton
- Steckdosen Leiste für Strom Verteilung Lötstationen, RX/TX
- Wer hat FA-VA5 + Notebook für Messungen
- Alte Koaxkabel mit BNC Stecker auf einer Seite, andere Seite offen (Wir bauen daraus Abstimmkondensatoren)

- Cutter Messer für Löcher ausschneiden.
- Heissleim + Pistole (Nicht jeder, genügt ein zwei Stationen)