



Gunthard Kraus, DG 8 GB

Wettersatelliten-APT-Empfang auf 137 MHz mit Patchantenne und DVB-T-Stick

Diese Idee entstand bei einem Internet-Spaziergang und der Betrachtung von empfangenen Wettersatellitenbildern in einer Homepage. So wurde darüber nachgedacht, wie man das selbst mit bereits vorhandener Ausrüstung realisieren könnte - und was noch neu dazu entwickelt werden müsste. Hier folgt das Ergebnis als überarbeiteter und erweiterter Vortrag auf der UKW-Tagung 2014 in Weinheim.

1. Einführung

Solche Projekte beginnen stets mit einer ausgedehnten Planungsphase, um den kürzesten Weg zum Ziel zu finden. Bald war klar, dass folgende bereits aus abgeschlossenen Entwicklungen vorhandene Baugruppen zum Einsatz kommen können:

- a. Ein handelsüblicher DVB-T-Stick als Messem Empfänger [1], [2] und
- b. ein sehr rauscharmer Vorverstärker mit ausreichender Verstärkung nach [3].

Bei der Antenne für dieses Projekt wurde Neuland beschritten, obwohl der Autor schon viele Patchantennen-Projekte erfolgreich realisiert und immer wieder die dazugehörige Entwicklungsprozedur an dieser Stelle publiziert hat.

Diese Antennenart bot sich in zirkular polarisierter Bauart mit ihrer Kugelcharakteristik geradezu an. Dazu bildet die Rückseite (...in diesem Fall: die Unterseite!) eine perfekte Abschirmung gegen Erde und man kann die Antenne sogar direkt flach auf den Boden legen.

Allerdings stellen die erforderlichen Abmessungen mit der Forderung „Halbe Wellenlänge“ = ca. 1 Meter als elektrische Kantenlänge beim Einsatz im Frequenzbereich des 2-m-Bandes schon eine stattliche Hürde dar, über die noch zu reden sein wird.

Weiter wurde darüber nachgedacht, was noch entwickelt werden muss. Das endgültig umgesetzte Konzept zeigt **Bild 1**. Letztlich lief es darauf hinaus neben der

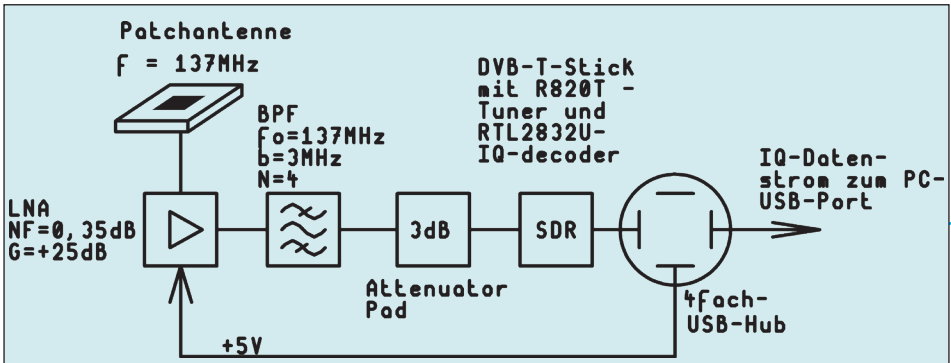


Bild 1: So sehen ab jetzt wohl die meisten Empfänger aus: ein Analog-Frontend, gefolgt von der Digitalen Signalverarbeitung; am Ende raus über USB

Patchantenne ein steilflankiges 137 MHz-Bandpassfilter neu zu entwickeln. Dass hinterher auch noch diverse Computerprogramme erfolgreich zusammenspielen müssen, wurde (...getreu dem biblischen Prinzip: „Jeder Tag hat seine eigene Plage“) zunächst erfolgreich verdrängt.

2. Die Baugruppen des Empfängers

2.1. Der rauscharme Vorverstärker

Die genaue Entwicklung eines Vorverstärkers für 137 MHz kann in [4] nachgelesen werden und die Arbeitsweise ist anhand von **Bild 2** schnell erklärt:

Im Inneren des MMIC-Gehäuses arbeitet ein GaAs-pHEMT-Kaskodenverstärker samt „Bias“-Schaltung, bei dem an Pin 1 eine Vorspannung entnommen und diese über L1 an Pin 1 und damit das Gate des ersten pHEMTs gelegt wird. Die andere Induktivität L2 an Pin 7 bildet den Arbeits-

widerstand der zweiten Stufe. Betrieben wird dieser Vorverstärker mit einer Versorgungsspannung von $+5\text{V}$.

Ein großes Problem der HEMT-Bauteile ist die Stabilität bei tiefen Frequenzen - also ihre Schwingneigung. Hier behilft man sich mit einem einfachen Trick: Man sorgt dafür, dass mit abnehmender Frequenz immer mehr der Zusatzwiderstand R1 mit etwa $50\ \Omega$ am Eingangspin 2 wirksam und so ein Schwingen verhindert wird. Vorher ist er durch den Kondensator C3 überbrückt.

Eine Besonderheit ist der Leitungsübertrager Tr1 (Bandbreite = 500 kHz bis 1 GHz) am Ausgang. Er bringt die Ausgangs-Reflektion S22 zwischen 130 MHz und 200 MHz auf Werte besser als $-20\ \text{dB}$ und die genauen Details der Entwicklung bzw. des Verhaltens findet man ebenfalls in [4]. Die Verstärkung der Anordnung beläuft sich in diesem Frequenzbereich nun auf ca. $+25\ \text{dB}$, die Rauschzahl liegt bei etwa $0,35\ \text{dB}$.

Die Verstärkung beläuft sich in diesem Frequenzbereich nun auf ca. $+25\ \text{dB}$, die

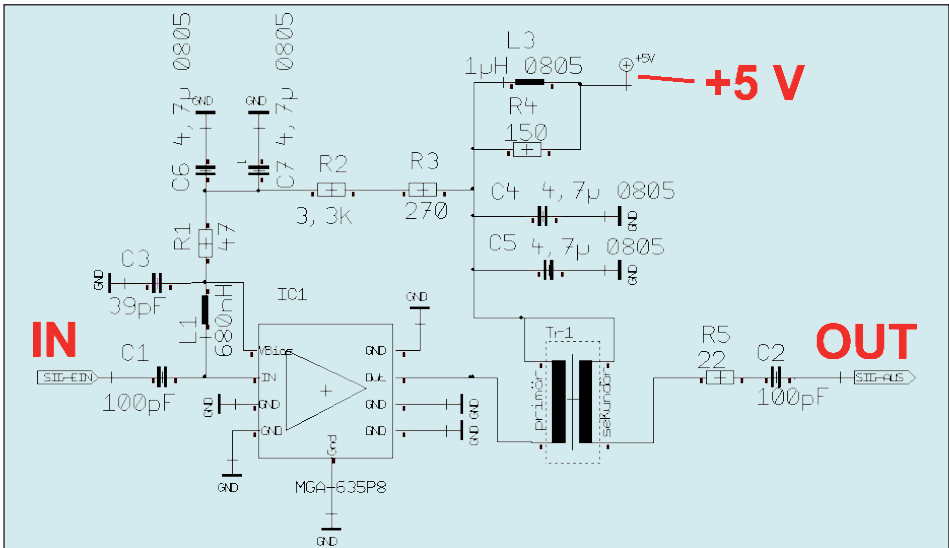


Bild 2: Auch vor den LNAs hat die technische Entwicklung nicht Halt gemacht: Das ist die Schaltung, die bei 137 MHz mit einer Rauschzahl von 0,35 dB und einer Verstärkung von +25 dB glänzt

Rauschzahl liegt bei etwa 0,35 dB. Einen Blick in das Gehäuse bei abgenommenem Deckel bietet **Bild 3**. Darin ist der 2:1-Leitungs-Übertrager gut zu erkennen. Das MMIC sieht ganz harmlos aus - hat aber je 4 Anschlüsse auf zwei gegenüber liegenden Seiten, die Masse als kleinen Streifen auf der Unterseite, und das Ganze ist nur 2 mm x 2 mm groß, was eine echte Herausforderung beim Löten darstellt. Deshalb wurden hier befreundete Profis eingespannt, die täglich beruflich mit solch winzigen Bauteilen zu tun haben.

2.2. Der 137 MHz-Bandpass

Dieser soll den Eingang des DVB-T-

Sticks vor starken „Außerband-Signalen“ schützen, die zur Übersteuerung oder Intermodulation führen. Die Stick-Eingänge sind nicht gerade berühmt für extrem hohe Intermodulationsfestigkeit, selbst wenn stark abgeregelt wird.

Allerdings ist man hier wieder in einer Zwickmühle: Ein höherer Filtergrad ergibt zwar steilere Flanken und höhere Weitabselektion, aber mehr Bauteile brauchen mehr Platz und die begrenzte Spulengüte führt gleich zu einer beträchtlichen Durchgangsdämpfung.

Für den Bandpass wird gleiche gefräste Aluminiumgehäuse wie für den LNA (Platinengröße: 30 mm x 50 mm) benutzt. Auf dieser Platine sind maximal 4 geschirmte Filterspulen (NEOSID Typ 10.1) sowie 4 SMD-Trimmkondensatoren zum

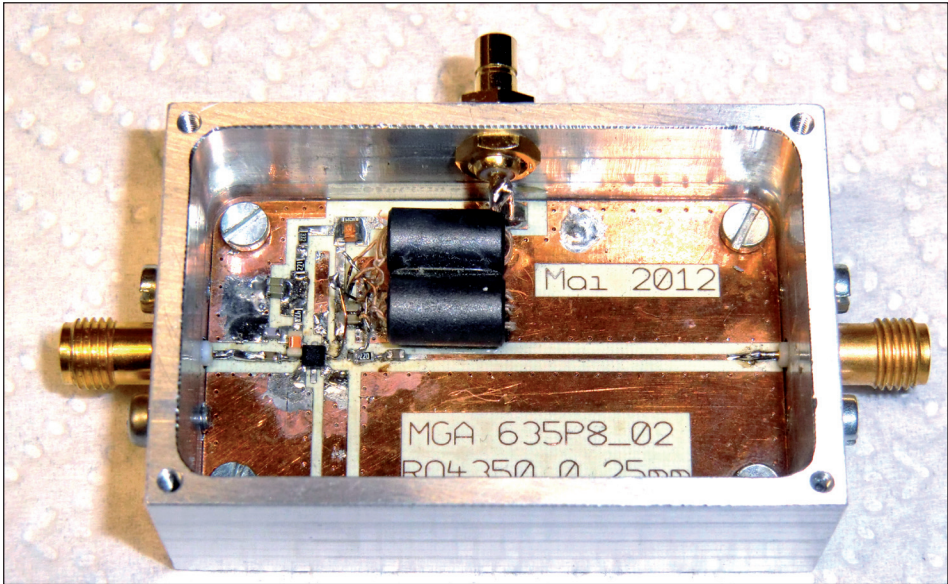


Bild 3: Der Musteraufbau - alles klitzeklein; gezielte Verbesserungen, wie hier durch einen Leitungsübertrager können immer noch durch den Anwender vorgenommen werden

Feinabgleich unterzubringen. Deshalb wurde als Grundschialtung der „Coupled Resonator Type“ verwendet, denn:

- a. Er ermöglicht kleine Bandbreiten und steile Filterflanken bei realistischen Bauteilwerten.
- b. Sein Entwurf kann problemlos mit dem im ANSOFT DESIGNER SV kostenlos mitgelieferten Filtercalculator durchgeführt werden.

Den Entwurfs-Bildschirm für den gewählten Tschebyschef-Bandpass sieht man in **Bild 4** mit dem Filtergrad $N = 4$, einem Ripple von 0,3 dB und einer Bandbreite von 3 MHz für eine Mittenfrequenz von 137 MHz.

Man beachte die Weitabselektion: Bei 130 MHz sind es bereits über 60

dB, bei 150 MHz dagegen schon 75 dB Dämpfung!

Bei dieser Filterbauart muss man die Induktivität vorgeben (...sie ist in allen 4 Kreisen identisch) und es wurden Filterspulen vom Typ 10.1 der Firma NEOSID im versilberten Abschirmbecher eingesetzt. Durch Vorversuche wurde festgestellt, dass bei der 73 nH-Version mit dem Entfernen des Messing-Abgleichkerns nicht nur die Induktivität auf 78 nH, sondern auch die Güte bis über $Q = 150$ anstieg. Diese Werte wurden in der Simulation verwendet und das ergab die Schaltung nach **Bild 5**:

Als Kreiskondensatoren wurden bis zu drei SMD-0603-Kondensatoren vom Typ NPO samt einem Trimmer (1,4...3,5 pF) parallel geschaltet. Jeder „Ankopplungs-

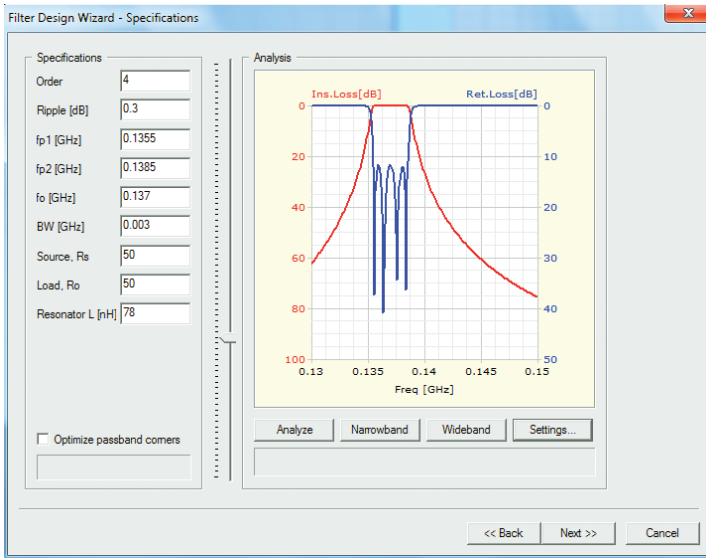


Bild 4:
Der ANSOFT DESIGNER SV ist immer noch ein starkes Pferd; so wird im integrierten Filterkalkulator der 137 MHz-Bandpass eingegeben

kondensator“ von 2,49 pF besteht aus einer Parallelschaltung von 1,5 pF und 1 pF in SMD-Ausführung, die „Huckepack“ aufeinander gelötet sind. Die eigentlichen Koppelkondensatoren bestehen dagegen aus fingerförmigen gedruckten „Interdigitalkondensatoren“, deren Entwurf mit Hilfe des ANSOFT DESIGNERS SV und dem Schaltungsprinzip nach **Bild 6** durchgeführt wurde:

Verwendet wird eine Halbbrücke, wie sie oft in Quarzfiltern zu finden ist und man verändert solange die Abmessungen des Interdigitalkondensators, bis man einen S21-Wert unter -70 dB bei 137 MHz erhält. Dann stimmt der Kapazitätswert von 0,2846 pF (bzw. 0,2346 pF für den mittleren Kopplungskondensator).

Für die mechanischen Abmessungen dieses Gebildes wurden folgende Über-

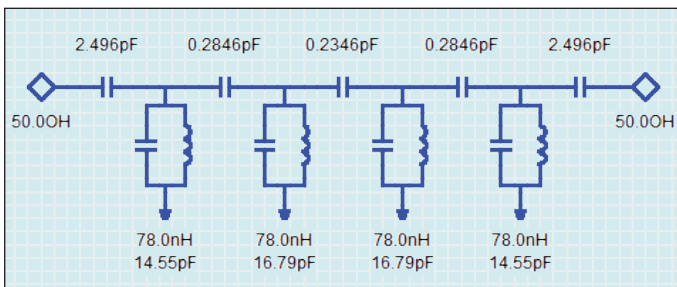


Bild 5:
So schnell kommt man an die gewünschte Schaltung mit ihren Bauteilwerten

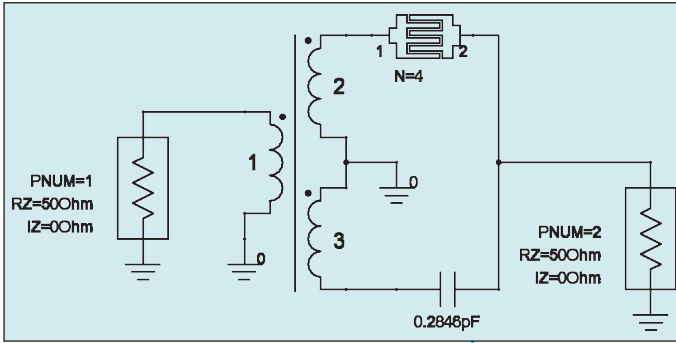


Bild 6:
Die Ideen dürfen nicht ausgehen: Nur mit dieser „Halbbrücke“ lassen sich die mechanischen Daten des Interdigitalkondensators für einen gewünschten Kapazitätswert bestimmen (siehe Text)

legungen angestellt:

- a. Die Abstände zwischen den Fingern sollen dem Platinenhersteller noch kein Kopfzerbrechen bereiten, deshalb wurden 0,25 mm gewählt.
- b. Um den fertigen Kondensator nicht zu groß werden zu lassen, wurde mit einer Fingerbreite von 0,5 mm gearbeitet.
- c. Die komplette Anordnung sollte ungefähr ein Quadrat bilden. Das ergibt schließlich die erforderliche Anzahl der Finger (hier: $N = 4$) und die dazu berechnete Länge der Finger.

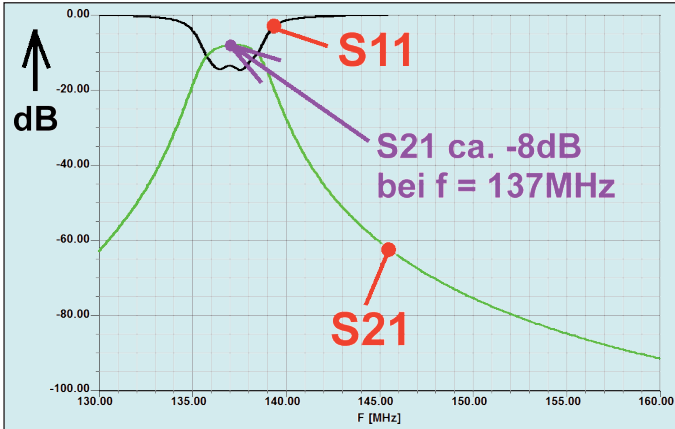
So kommt man zur Property-Tabelle nach **Bild 7**. Aus ihr können die mechanischen

Maße für das Platinen-Layout des fertigen Interdigitalkondensators entnommen werden.

Jetzt wird es spannend, denn in der Simulationsschaltung werden nun die Festkondensatoren durch diese Interdigitalvarianten ersetzt. Dann folgt eine schweißtreibende Phase, denn jeder Interdigitalkondensator bringt im Ersatzschaltbild (= Pi-Schaltung) an jedem Ende eine zusätzliche Kapazität nach Masse mit ins Spiel und diese Parallelkondensatoren verstimmen die Schwingkreise. Also muss man solange korrigieren und wieder simulieren, bis man letztendlich das Ergebnis von **Bild 8** vor sich hat. Die

Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
N	4		4	Number of fingers
W	0.5	mm	0.5mm	Finger width
S	0.25	mm	0.25mm	Spacing between fingers
L	3.85	mm	3.85mm	Length of overlap between fin...
WT	0.5	mm	0.5mm	Terminal strip width
WF1	1.77	mm	1.77mm	Feed line width at node 1
WF2	1.77	mm	1.77mm	Feed line width at node 2
WCA	2.75	mm	2.75mm	Capacitor width

Bild 7:
Diese Liste der Kondensator-Abmessungen benötigt man später für das Platinen-Layout



*Bild 8:
Das ist der
Wunschraum;
so soll alles am
Ende aussehen!*

endgültige dazu gehörende Schaltung findet sich in **Bild 9** und das fertige Platten-Layout in **Bild 10**.

Nach dem Aufbau und dem Abgleich war die gemessene Weitabselektion identisch mit dem Ergebnis der Simulation, aber die Durchgangsdämpfung nicht unter 10,5 dB zu bekommen. Also wurde überlegt, was man noch verbessern könnte, z.B. die Kreiskondensatoren in NPO durch hochwertige Mikrowellen-ATC-Kondensatoren (Baugröße ebenfalls

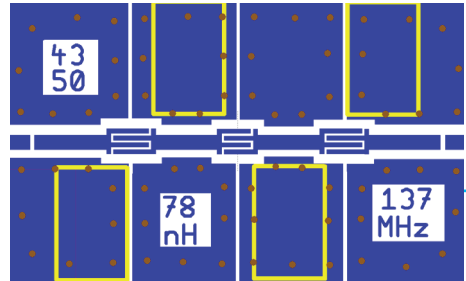


Bild 10: Die Platine und ihre Details; für Leute interessant, die das nachmachen oder Ähnliches bauen wollen

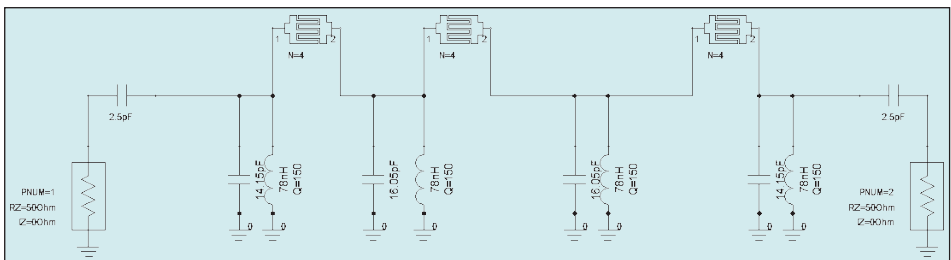


Bild 9: Der endgültige korrigierte Stromlaufplan, der zur Simulation von Bild 8 gehört; Interdigitalkondensatoren bringen zusätzliche Parallelkondensatoren in die Schaltung

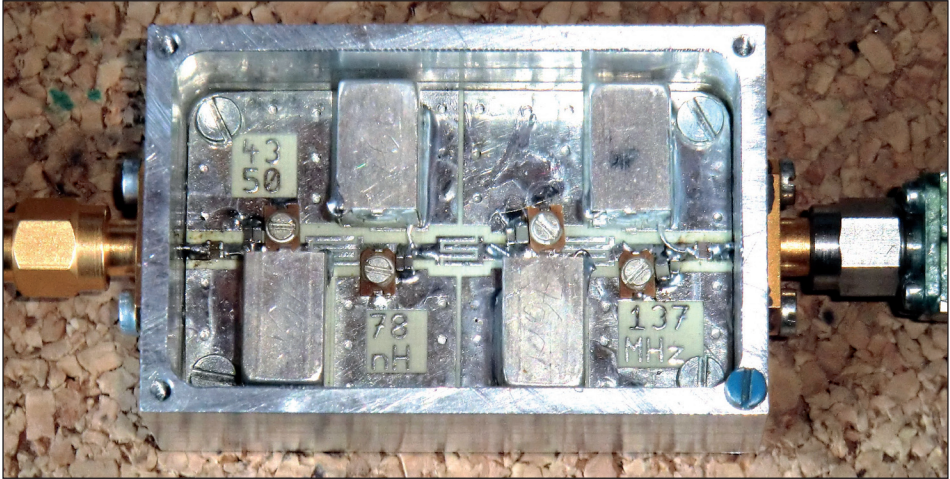


Bild 11: Der fertige Bandpass in seinem Gehäuse - und bereits am Empfänger im Einsatz

0603) zu ersetzen. Damit ging die Dämpfung auf ca. 9 dB zurück und es bleiben als weitere Verbesserungsmöglichkeiten

nur die Trimmkondensatoren (Qualität: ebenfalls NPO) sowie die Platine, die der Platinen-Hersteller nicht wie gewünscht

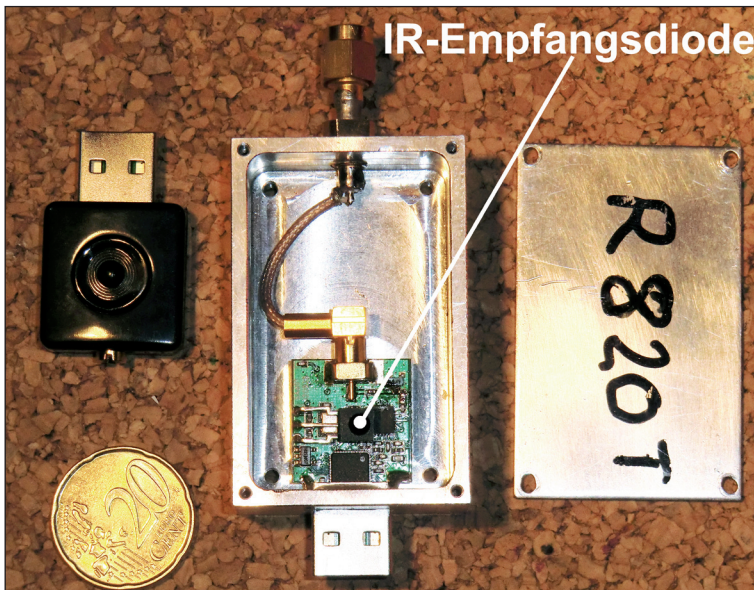


Bild 12:
Für die winzige Platine aus dem DVB-T-Stick ist das gefräste Alugehäuse deutlich zu groß!

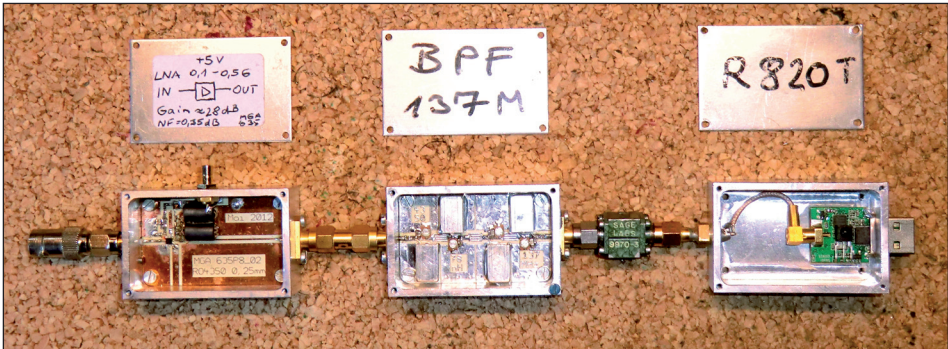


Bild 13: Das ist der komplette Versuchsaufbau; er wartet nur noch auf das Antennenkabel, das USB-Kabel für die Ausgabe der Daten und die +5V-Versorgung für den LNA

vergoldet, sondern nur verzinnt hatte. Das Platinenmaterial selbst (= ROGERS 4350B) ist ja bis über 10 GHz einsetzbar.

Zum Abschluss noch ein Foto des fertigen Bausteins samt Gehäuse in **Bild 11**. Die Interdigitalkondensatoren sowie die Spulen und Trimmkondensatoren sind leicht zu erkennen. Der Rest mit der Größe 0603 ist praktisch unsichtbar.

3. Der DVB-T-Stick als Software Defined Receiver

Diese Sticks wurden in der Zwischenzeit nicht nur kleiner, sondern auch billiger (unter 20 € bei Bestellung über EBAY in China). Aufpassen muss man natürlich, welches IC für den Tuner verwendet wird:

Der E4000 geht bis 2,2 GHz, hat aber eine Empfangslücke von 1100 MHz bis 1235 MHz. Außerdem beginnt sein Empfang erst bei 50 MHz. Da er jedoch langsam durch den Typ „R820T“ verdrängt wird,

ist er nun schwieriger erhältlich und sein Preis massiv gestiegen.

Deshalb wurde die Version mit dem R820T eingesetzt, der bereits bei 25 MHz startet und ohne Lücke sehr zuverlässig bis 1400 MHz arbeitet. Außerdem lässt sich bei ihm die Verstärkung auf Wunsch von Hand um fast 50 dB verändern und das ist doch noch etwas mehr als beim E4000 (...dort sind es nur 42 dB). Auch der meist für diese Zwecke verwendete IQ-Decoder vom Typ RTL2832U muss auf der Platine verbaut sein - Bitte vor dem Kauf genau prüfen!

Natürlich gab es vor der Inbetriebnahme noch etliche Arbeit: Der Stick wurde entblättert, in das schon bekannte gefräste Alu-Gehäuse eingebaut und der Antenneneingang von MCX auf SMA geändert; **Bild 12** zeigt den aktuellen Stand.

4. Es kommt Bewegung in die Sache...

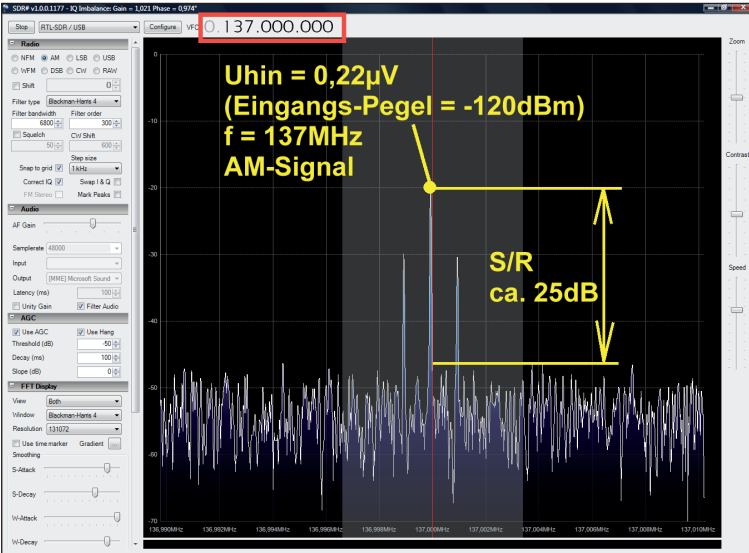


Bild 14:
Der Bildschirm
mit den Mess-
ergebnissen ist
ein wirklicher
Dank für die
Mühe

4.1. SDR-Software

Ohne gutes Programm läuft überhaupt nichts und so wurde für den Einsatz als Messempfänger auf die dafür geradezu ideale, bekannte, bewährte und kostenlose Software „SDR#“ (sprich: SDR-sharp) aus dem Internet zurückgegriffen. Sie wird pausenlos verbessert und deshalb sollte man einmal im Monat diese Software auf seinem Rechner aktualisieren.

4.2. Der komplette Empfänger

Die Baugruppen, die das Empfangssystem bilden sind in **Bild 13** dargestellt. Zusammen mit dem 3 dB-SMA-Dämpfungsglied hinter dem Bandpass (... das dem Filter einen besseren Abschluss

bietet als der Stick allein) ergibt das eine ca. 25 cm lange Kette. Am LNA-Eingang ist bereits ein Übergang von SMA auf BNC zum Anschluss des Antennenkabels aufgeschraubt. Die USB-Verkabelung fehlt noch im Bild.

Doch jetzt ist der Moment für den Empfangs- und Empfindlichkeitstest gekommen. Er erfolgte mit dem Präzisions-Messender hp8640B und lieferte den in **Bild 14** zu sehenden „SDR#“-Bildschirm bei Speisung mit einem AM-Signal, das einen Trägerpegel von $-120 \text{ dBm} = 0,22 \mu V$ aufwies. Da kann man nur sagen: „Alles bestens“!

5. Die Patchantenne

Hier wurde für diesen Frequenzbereich Neuland beschritten, denn so einen Aufbau hat bisher offensichtlich Keiner



Bild 15: Im Vergleich mit dem Rennrad fällt die Größe der gebauten Antenne richtig auf!

probiert. Dabei liegen die Vorteile klar auf der Hand: Eine einfache Bauform, rechts-händige zirkulare Polarisation wie beim Satelliten möglich, vorzügliches Vor-Rückverhältnis und als Richtdiagramm (bei der Zirkularpolarisation) theoretisch eine perfekte Kugel.

Allerdings:

Der aktive Strahler ist etwa eine halbe Wellenlänge groß und bei Luft als Dielektrikum ergibt das für eine Frequenz von 137 MHz mehr als 1 m Kantenlänge. Zusätzlich muss die Unterseite eine Metallplatte sein, die gleichzeitig als mechanische Verstärkung dient; also wird die Antenne auch noch schwer...

Der Entwurf erschien wegen der bisher gesammelten Patchantennen-Entwurfserfahrungen das kleinere Problem, (siehe diverse Veröffentlichungen in den UKW-Berichten sowie das SONNET-Tutorial in der Autor-Homepage). Aber leider wurde die Entwicklung dieser Antenne doch zum härtesten Brocken!

Das erste Versuchsexemplar wurde aus 20 mm dicken Styroporplatten zusam-

mengeklebt und eine Kupferfolie mit 0,05 mm Dicke aufgebügelt. Dies zeigte zwar, dass es grundsätzlich so geht, aber:

a. Die Dielektrizitätskonstante bei 137 MHz schien für Styropor offensichtlich deutlich kleiner zu sein als erwartet und so reichte eine Kantenlänge von 1 m nicht aus. Die ermittelte Resonanz lag damit bei über 150 MHz.

b. Der Leichtbauweise-Aufbau ist noch viel zu instabil und biegsam und deshalb löste sich schon beim Anfassen des Gebildes immer wieder die Kupferfolie.

Die nächste Entwurfs-Etappe war 40 mm dickes Styropor (= billig), beidseitig mit 0,6 mm dickem Cu-Blech vom Flaschner beplankt (= teuer, ca. 100 €). Das Ganze wurde von 6 mm dicken Kunststoffschrauben zusammengehalten und eine N-Buchse auf der Unterseite diente zur Speisung.

Dieses Exemplar mit einer Fläche von einem Quadratmeter ist in **Bild 15** zu sehen und der Größenvergleich mit dem Rennrad ist schon eindrucksvoll. Die diagonal abgeschrägten Ecken bewirken die Zirkularpolarisation und die Position des

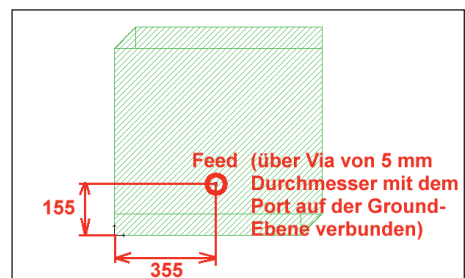


Bild 16: Nun etwas „SONNET Lite“ - Informationen zum Entwurfsablauf; das ist der Eingabe-Bildschirm mit der Antennenstruktur...

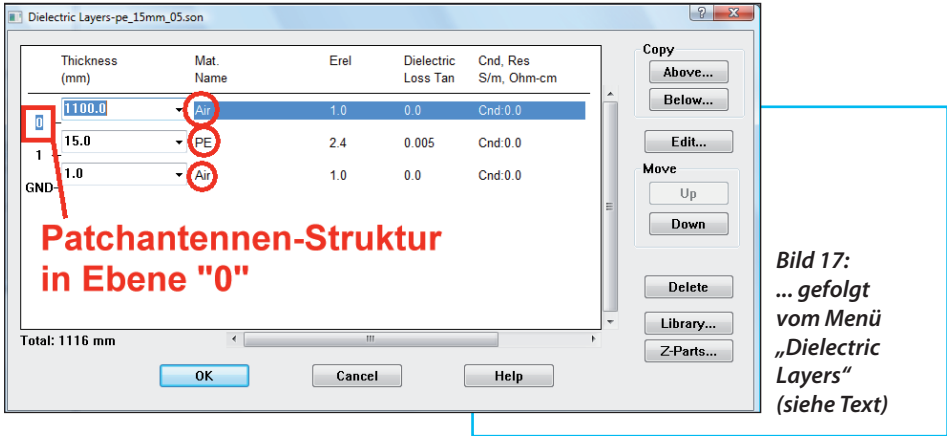


Bild 17: ... gefolgt vom Menü „Dielectric Layers“ (siehe Text)

Feeds sorgt für die korrekte Anpassung. Leider gehörte dazu nun die durch Messung mit dem Netzwerk-Analysator gesicherte Erkenntnis, dass Styropor bei 137 MHz zwar eine beruhigende Güte Q größer als 50, aber eine sehr kleine Dielektrizitätskonstante von nur 1,05 besitzt. Damit waren die bisher gewählten Strahler-Abmessungen immer noch zu klein und die Resonanzfrequenz lag weiterhin bei 152 MHz statt bei 137 MHz!

Für den dritten Entwurf wurden nun Nägel mit Köpfen gemacht, eine Polyäthylenplatte mit 1 m² Fläche und 15 mm Dicke samt elektrischen Daten per Internet besorgt (Preis: ca. 100 €, Gewicht über 10 kg) und nochmals mit einem SONNET-Entwurf von vorne begonnen. Das Antennen-Gesamtgewicht (für Platte und Kupfer beidseitig) ist aber dadurch leider auf ca. 20 kg angestiegen.

Die Simulations-Ausgangsdaten waren:
Polyäthylen mit 15 mm Dicke /
Dielektrizitätskonstante = 2,4 /
Verlustfaktor = 0,005

Simuliert wurde in einer Box mit einer Grundfläche von 9 m x 9 m (...stammt von der SONNET-Forderung „Abstand der Struktur von der Boxwand überall ca. 2 Wellenlängen“). Oberhalb der Antenne befindet sich ein Luftpolster mit der Höhe „Halbe Wellenlänge = 1,1 Meter“. Der Box-Deckel wird auf „Free Space“ eingestellt. Der Patch selbst ist 730 mm x 730 mm groß, die diagonalen Ecken sind (zur Erzielung der rechtsdrehenden Zirkularpolarisation) um 75 mm beschnitten. Als Feed-Anschluss wurde eine N-Buchse auf der unteren „Ground“-Ebene vorgesehen. Ein auf der Drehmaschine angefertigter Stift reicht durch die PE-Platte und wurde unten mit dem Innenleiter der Buchse, oben mit dem Patch verlötet. Das wird durch ein „Via“ mit 5 mm Durchmesser in der SONNET-Simulation berücksichtigt. Den dazugehörigen SONNET-Editorbildschirm samt eingetragenen Feedpunkt zeigt **Bild 16**: (Feed = 355 mm in waagrechter und 180 mm in senkrechter Richtung von der linken unteren Ecke entfernt).

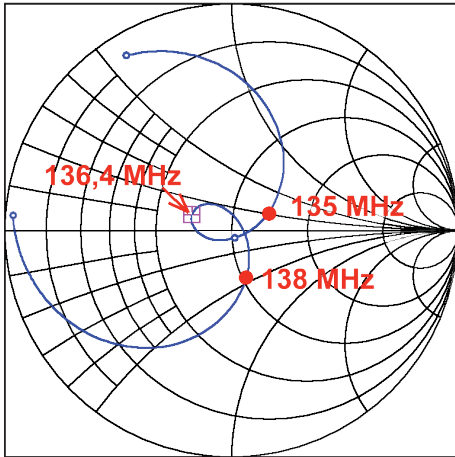


Bild 18: Der S11-Verlauf ist sehr zufriedenstellend; dargestellt im Smith-Diagramm

Die simulierte Antennenstruktur (**Bild 17**) beginnt mit dem Boxboden als unendlich gut leitender Massefläche. Dann folgt die Polyäthylen-Lage mit 15 mm Dicke. Aber zwischen dem untersten „Ground“-Layer und dem Polyäthylen wurde noch eine 1 mm dicke Luftschicht eingefügt, da die Kupferbleche trotz der vielen Schrauben

nicht immer und überall plan auflagen - besonders wenn sich das Ding durch sein Eigengewicht krümmt. Allerdings zeigte sich schnell, dass die kostenlose, aber begrenzte SONNET-Lite-Version hier an ihre Grenzen stößt, da damit nicht alle Feinheiten (= untere Masse-Grundfläche der Antenne nicht unendlich groß, Polyäthylen-Ebene nur so groß wie die Grundfläche, die Antenne sollte für die Simulation im „Raum schweben“, viele Kunststoff-Schrauben usw.) berücksichtigt werden können. Simuliert wurde mit einer „Zellengröße“ von 5 mm x 5 mm.

Das sehr erfreuliche S11-Simulations-Endergebnis ist in **Bild 18** im Smith-Chart und in **Bild 19** im Kartesischen Diagramm zu sehen, das fast mit dem Messergebnis der aufgebauten Antenne übereinstimmt (**Bild 20**). Allerdings muss der Autor gestehen, dass dazu eine deutliche „Feinkorrektur“ erforderlich war.

Zwar stimmten die Patch-Abmessungen ganz exakt, denn die Resonanz lag genau bei 137 MHz, ABER:

Die Beschneidung der Ecken war zu stark

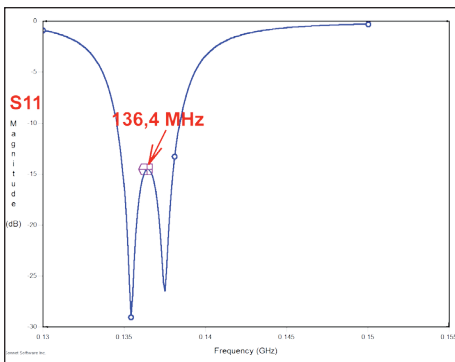


Bild 19: Das Kartesische Diagramm zeigt ebenfalls das S11-Verhalten, diesmal in dB

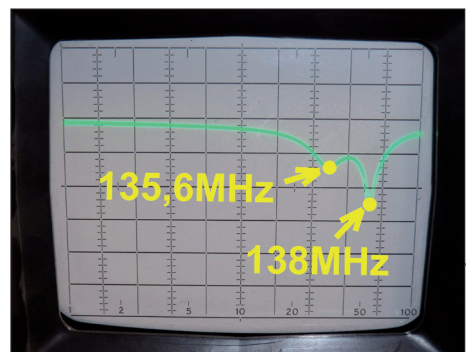


Bild 20: Die S11-Messung an der fertigen Antenne fällt zufriedenstellend aus, jedoch erst nach entsprechender Feinarbeit



Bild 21:
Jetzt wird es ernst! Die Antenne wird im Garten vor der Kellerwerkstatt aufgebaut, das Antennenkabel (5 m RG58) verschwindet durch das Kellerfenster ...

und wie bei einem deutlich überkritisch gekoppelten Bandfilter war die S11-Bandbreite viel zu groß - kombiniert mit einem sehr tiefen „Loch“ bei der Mittenfrequenz.

Also wurde mit aufgelöteten Blechstücken „fein abgestimmt“ und statt 75 mm reichte am Ende eine Eckenbeschneidung von lediglich 40 mm, um die in Bild 20 wiedergegebene S11-Kurve zu erhalten. Sie wurde am Eingang der Antennen-Speiseleitung (= 5 Meter langes RG58U-Kabel) mit dem Netzwerk-Analysator hp8410 gemessen.

6. Endlich am Ziel?!

Nun war es soweit: Die Antenne wurde im Garten auf zwei Kunststoffei-mer gestellt, ein RG58-Kabel mit ca. 5 m Länge durch das Kellerfenster in die Kellerwerkstatt gezogen (**Bild 21**), der Empfänger angeschlossen, das Notebook hochgefahren, die Software „SDR#“ aufgerufen und auf 137 MHz abgestimmt.

Und was war zu sehen?

Nur ein irrsinniger Rauschpegel, der um wenigstens 30 dB über dem in Kapitel 3.2. beobachteten Wert lag! Darin tauchten kurzzeitig einzelne Träger auf, die als AM-Signale und an Hand der kurzen Meldungen wie z.B. „Hello Lufthansa Flight 309...“ = Durchsage des Flughafen-Towers in Friedrichshafen eindeutig als Flugfunk identifiziert werden konnten.

Also blieb nach vielen Experimenten nur eine Möglichkeit: Entweder sehr spät am Abend oder sehr früh am Morgen sein Glück erneut zu versuchen und zu hoffen, dass dann kein „Man Made Noise“ alle interessanten Signale zudeckt.

So wurde die Suche am nächsten Morgen gegen 5 Uhr von Erfolg gekrönt: Bei 137 MHz war plötzlich eindeutig ein FM-Signal mit ca. 35 kHz Bandbreite im Spektrum zu sehen und im PC-Lautsprecher ertönte laut und deutlich das Zwitschern und Pfeifen des verwendeten Audio-Hilfsträgers bei APT-Übertragungen. Also wurde schnell bei „SDR#“ auf „Re-

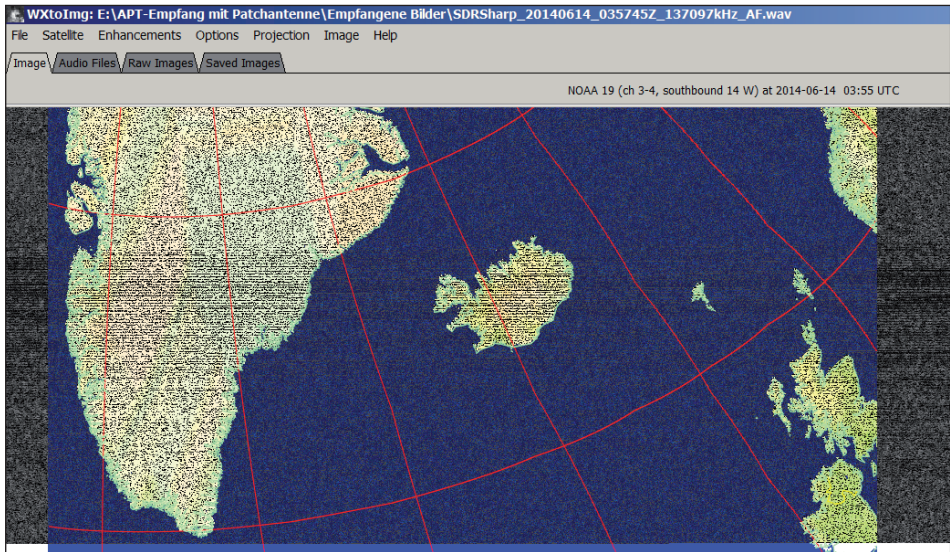


Bild 22: Wenn man dieses Bild auf dem Rechnerscreen vor sich hat, sollte man wunschlos glücklich sein! (... siehe Text)

„cording“ und „Audio“ geschaltet, denn damit zeichnet man die APT-Sendung als „WAV“-File auf. Allerdings ging bereits 10 Minuten später beim Nachbarn das Licht in Form von Energiesparlampen an - und schon stieg der Rauschpegel wieder um 15 dB. Daher muss man sich noch weitere Gedanken über eine praktikable Lösung machen, z.B. Antennenmontage am höchsten Punkt des Dachbodens im Haus. Direkt unter Dach und exakt über dem Desktop-Rechner im Arbeitszimmer im oberen Stockwerk.

7. Die Auswertung = Lohn der Mühe

Die Auswertung der empfangenen Signale erfolgte später mit der kostenlosen Software „WXtoImg“ aus dem Internet.

Wäre die Sache perfekt und würde immer funktionieren, müsste man sich noch ein weiteres Programm (z.B. aus „www.VB-CABLE.com“) herunterladen, das als „virtuelles Audio Kabel“ dient und direkt die Verbindung zwischen „SDR#“ und „WXtoImg“ herstellt. Damit kann man das Wetterbild während des Empfangs direkt und ohne Verzögerung auf den PC-Bildschirm schreiben lassen.

Aber jetzt wurde mit dem WAV-File und der „WXtoImg“-Software experimentiert und das Ziel war sehr schnell erreicht. **Bild 22** zeigt die Darstellung „MCIR map colour IR (NOAA)“:

Die Bildauswertung ist nicht allzu schwer: In der Mitte befindet sich Island, links Grönland, rechts unten Irland bzw. Schottland und rechts oben kommt Norwegen ins Bild. Wolken sind natürlich keine zu se-

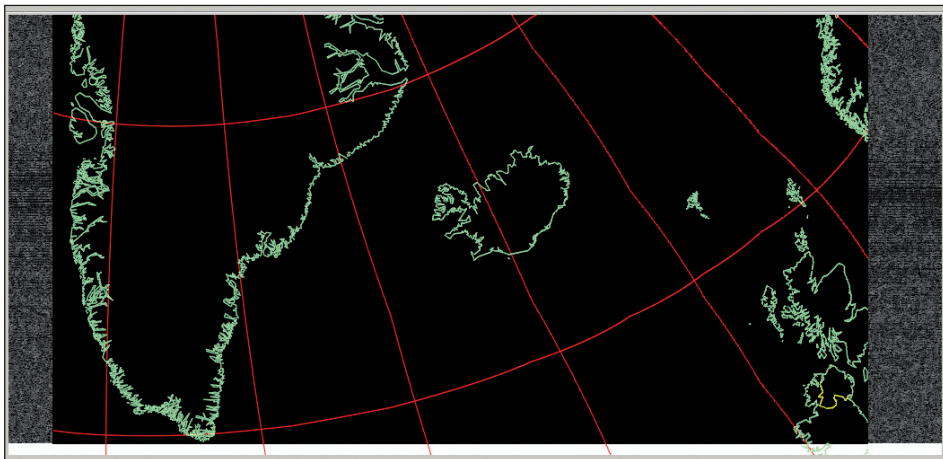


Bild 23: Dasselbe nochmal, aber nun wird die Landschaft nur als Kontur eingeblendet (siehe Text ...)

hen - schließlich ist es stockdunkle Nacht! Auch die übrigen Details findet man leicht entweder im Bild oder im File-Namen:

Es handelt sich um den Satelliten NOAA19, der auf 137,079 MHz um 3:55 UTC sendet. Seine Position ist 14 Grad West (= fast genau auf der Höhe von Island).

Aufgenommen wurde am 14. Juni 2014 mit dem Aufzeichnungs-Ende um UTC = 3 Uhr 57 Minuten und 45 Sekunden. Der Empfangspegel lag knapp unter 0,2 μ V, aber mit etwas Nachrechnen ist man doch verblüfft bzw. stolz: die Entfernung zwischen QTH und Satellit beträgt mehr als 2000 km!

Wer Spaß daran hat, kann auch eine zweite Einstellung „Contrast enhance only (NOAA channel A only)“ bei „WXtolmg“ wählen und erhält damit **Bild 23**. Im Normalfall braucht man sie bei Bildern mit vielen Wolken, die am Tage aufgenommen werden und bei denen die Inseln

oder Landmassen unter der Wolkendecke teilweise oder ganz verschwunden sind.

An dieser Stelle eine herzlichen Dank an die fleißigen Software-Programmierer!

Das Ziel wurde erreicht mit - viel Arbeit, viel Knochelei, viel Mechanik, viel Schweiß ... aber am Ende viel Freude am empfangenen Bild.

8. Literatur:

[1] Gunthard Kraus: „Der DVB-T-Stick mit E4000-Tuner als Messempfänger“. UKW-Berichte 3 / 2013; Seite 131 - 148

[2] Gunthard Kraus: „Die unendliche SDR-Geschichte... DVB-T-Stick mit R820T-Tuner“. UKW-Berichte 1 / 2014; Seite 3 - 14

[3] Gunthard Kraus: „Ein rauscharmer Vorverstärker mit verbesserter Ausgangsreflektion für das 2-m-Band“. UKW-Berichte 4 / 2013; Seite 203 - 222