

Mehrere Erstverbindungen auf den Millimeterfrequenzen zwischen den Niederlanden und Deutschland.

Autor: PA0EHG

Am 28. Juli 2022 machten DB6NT und PA0EHG mehrere Erstverbindungs-QSOs auf den extrem hohen Frequenzbändern, die uns als Funkamateure zur Verfügung stehen. Diesem erfolgreichen Experiment ging eine Phase der Vorbereitung und Planung voraus.

Aufbau der Ausrüstung,

In den letzten Jahren hat Michael DB6NT am Bau von drei Stationen für Millimeterfrequenzen gearbeitet. Aufgrund seiner langjährigen Erfahrung auf den Mikrowellen-Frequenzbändern ist Michael nicht den einfachen Weg gegangen, sondern hat die Stationen mit hoher Leistung und allerbesten Qualität gebaut. Momentan sind diese Stationen auf dem Stand der Technik und stehen professionellem Equipment in nichts nach.

Eine kurze Zusammenfassung der Parameter der Stationen.

Als Antenne dienen Parabolspiegel mit 40 cm Durchmesser. Einer ist aus vollem Aluminium gedreht und der andere stammt aus einem optischen Anwendungsbereich.

Um die optimale Leistung zu generieren, hatte sich Michael entschieden, mit Frequenzvervielfachern zu arbeiten und daher nur ein CW-Signal zu erzeugen. Wenn man ein SSB Signal erzeugen wollte, müsste das Signal mit einem Lokaloszillator mit einem Verlust an verfügbarer Leistung gemischt werden.

Durch die Wahl der Frequenzvervielfachung kann also nur in CW gesendet werden, was zu mehr als beeindruckenden Ausgangsleistungen auf diesen Frequenzen führt.

Bei 122 GHz liefert die Station mehr als 200 Milliwatt Ausgangsleistung. Diese wird erzeugt, indem ein halbes Watt bei etwa 60 GHz erzeugt wird und dann mit einem Verdoppler auf 122 GHz multipliziert wird.

Wenn man den Finger vor den Hohlleiter hält, während der Sender eingeschaltet ist, kann man spüren, dass der Finger warm wird.

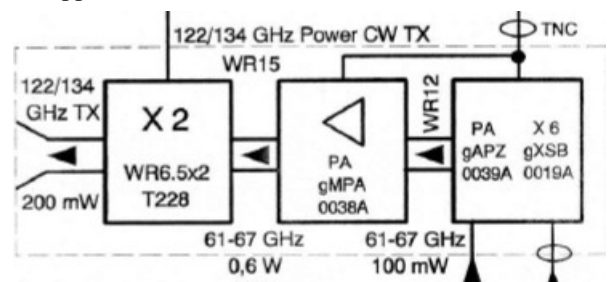
Um beim Empfänger eine möglichst hohe Empfindlichkeit zu erreichen, wurde der Konverterkopf direkt im



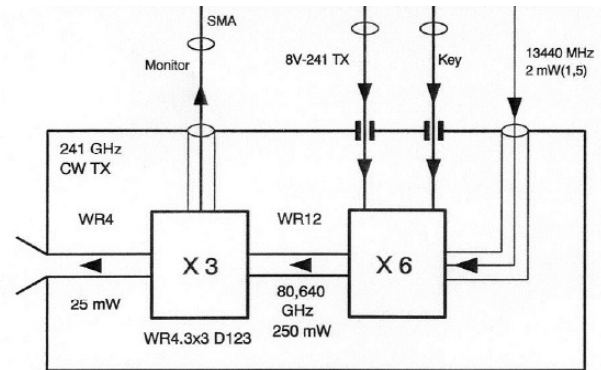
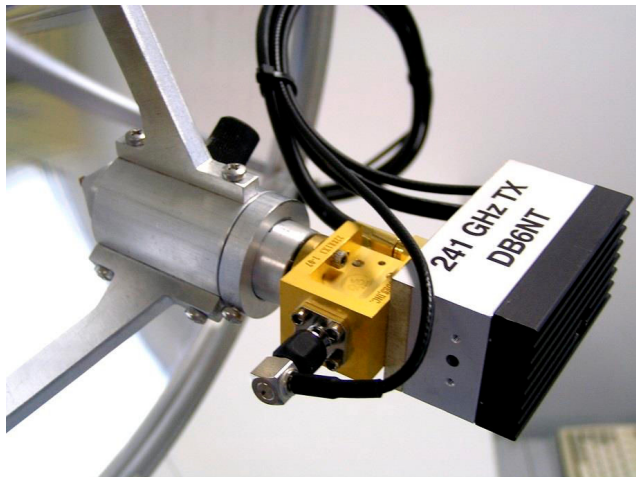
Fokus der Antenne montiert und kein Send-/Empfangsschalter verwendet. Beim Senden muss dann der Empfangskopf durch den Sendekopf ausgetauscht werden. Das erscheint auf den ersten Blick etwas umständlich, aber so können die Verluste eines Hohlleiterschalters vermieden werden. Der Umbau ist relativ einfach, alle notwendigen HF-Köpfe werden auf in einer Halterung hinten am Parabolspiegel abgelegt.

Das Foto zeigt die beiden Köpfe für 122 und 134 GHz, den Senderkopf vorne und den Empfängerkopf rechts.

Der Sendekopf enthält Frequenzvervielfacher von 10 auf 60 GHz mit einer Leistung von 100 mW. Dann folgt ein Leistungsverstärker mit 0,6 Watt Leistung und einem Frequenz-Verdoppler auf 122 GHz.



Der Sendekopf für 241 GHz und das Blockschaltbild



Die Station wird in wenigen großen Koffern verstaubt und ist somit transportsicher. Die Stromversorgung erfolgt über einen Akku, der ausreichend Kapazität hat, um das System einige Stunden zu betreiben. Mechanisch besteht das System aus einem Gehäuse mit den Lokaloszillatoren und dem Bedienfeld mit darunter liegender Justageplatte mit Feinjustiermöglichkeiten zur Ausrichtung der Antenne, die auf ein Stativ passt. Als Zwischenfrequenz für den Empfang werden 144 MHz verwendet, als Nachsetzer dient ein FT-290R.

Das Foto zeigt die Ausrüstung, wie sie während der Experimente im Eemshaven aufgebaut wurde



Die zweite Station ist ähnlich aufgebaut, hat aber einige zusätzliche Schaltmöglichkeiten, um die Bänder wechseln zu können.

Beginn des ersten QSOs zwischen PA und DL.

Vor einigen Monaten erhielt ich eine E-Mail von Michael DB6NT, in der ich gefragt wurde, ob ich daran interessiert wäre, einige Experimente auf den hohen Millimeterbändern durchzuführen und möglicherweise die allerersten QSOs auf diesen Bändern zwischen PA und DL zu machen.

Er hatte auch einen Vorschlag für die Strecke, die überbrückt werden könnte. Vom Wettbewerbsort von DF0MU in DL zu einem Ort südlich von Enschede in PA. Zunächst musste geprüft werden ob die beiden Standorte in optischer Sicht zueinander sind und somit ein solches Experiment Aussicht auf Erfolg hätte.

Da ich in der Vergangenheit einige Jahre in Enschede gelebt habe, hatte ich meine Zweifel an dem Standort südlich von Enschede, was ich ihm sofort mitteilte. Ich stimmte zu, dass ich versuchen würde, eine Standortbesichtigung durchzuführen und vor Ort versuchen würde mehr über die Gegebenheiten herauszufinden.

In den folgenden Wochen suchte ich zunächst im Internet, unter anderem nach der topografischen Karte der Niederlande und Deutschlands mit den Höhenangaben der verschiedenen Standorte.

Das Contest QTH von DF0MU erwies sich schnell als sehr geeigneter Standort. Der andere Standort, südlich von Enschede, war, soweit ich das mit Streetview erkennen konnte, zumindest sehr zweifelhaft.

Die SRTMPATHProfile-Software wurde auch verwendet, um zu untersuchen, ob die Strecke frei von Hindernissen wie anderen Hügeln ist.

Die Route von DF0MU nach Enschede hat sich aus der SRTMPATHProfile-Software als hervorragend herausgestellt, leider berücksichtigt dieses Programm vorhandene Bäume nicht. Eine Ortsbesichtigung und Baustellenbesichtigung war also wirklich nötig.

Da die Daten für den Standort südlich von Enschede nicht gut aussahen, beschloss ich, anhand der topografischen Höhenkarte nach weiteren Möglichkeiten zu suchen.

Unter Verwendung der topografischen Karte fand ich den hohen Aussichtsturm Lönsberg zwischen dem Dorf Halle und Getelo in Deutschland nördlich von Ootmarsum. Das schien eine Möglichkeit zu sein, und ich suchte nach einem zweiten Ort, der eine Sichtverbindung ermöglichen würde. Die weitere Suche auf der topografischen Höhenkarte ergab eine Reihe von Stellen, an denen ich eine mögliche Sichtverbindung zum Aussichtsturm erwartete.

Ich beschloss, die verschiedenen Orte, die ich fand, zu besuchen, um festzustellen, ob das, was auf der topografischen Karte und mit Hilfe von Google Street View gut aussah, tatsächlich geeignet wäre.

Der Aussichtsturm Lönsberg schien geeignet. Auf dem Turm hat man eine gute Rundumsicht, die aber in manche Richtungen durch Bäume beeinträchtigt wird. Wir wollten eine Entfernung von mindestens 10 km und maximal 30 km überbrücken. Deshalb schaute ich mir dann noch andere möglichen Standorte an. Nun wurde klar, dass alle Standorte, die ich zuvor ausgewählt hatte, durch große Baumbestände unbrauchbar sind und keine Sichtverbindung zum Aussichtsturm möglich war.

Nach dieser enttäuschenden Erkenntnis wurde mir klar, dass ich viel weiter nach Norden schauen müsste, weil es dort weniger Bäume gibt. Eine erneute Suche mit der topografischen Karte brachte mich auf die Idee, dass es Möglichkeiten an der Küste bei Emden in Deutschland und in der Nähe von Eemshaven in den Niederlanden geben würde.

Wieder mit Google Street View fand ich eine Stelle in der Nähe des Pilsmer Turms in Deutschland und auf der anderen Seite in der Nähe des Eemshaven, auf einem Deich. Ich hatt damals noch keinen exakten Standpunkt gefunden, war aber zuversichtlich am Tag des eigentlichen Tests eine zu finden

Danach mussten wir auf passendes Wetter warten. Unseren ersten geplanten Termin haben wir verschoben, weil die Wettervorhersage anzeigte, dass es 40 Grad werden könnten. Nicht ideal für die mmWave-Frequenzen und auch nicht die besten Rahmenbedingungen für Operator und das Equipment.

Am 27. Juli trat Michael seine Reise zu mir an und am Abend begannen wir, die Ausrüstung ausgiebig zu begutachten und den Aufbau zu testen. Somit wusste ich nun Bescheid, wie alles funktioniert und wie es aufgebaut wird.



Michael neben den Geräten in meinem Garten.
Hier testeten wir die Ausrüstung.

Am nächsten Morgen fuhren wir zusammen los.

Als ich in Eemshaven ankam, musste ich vor allem einen geeigneten Platz mit guter, ungehinderter Sicht finden. In der Nähe des Hafens sah ich einen Fußgängerüberweg über die Bahngleise, was mich sofort dazu veranlasste, mich weiter mit den Möglichkeiten zu beschäftigen. Der Übergang war eine Brücke mit Treppen auf beiden Seiten und oben angekommen wurde mir klar, dass dies eine sehr gute Option sein könnte. Die einzige Einschränkung war ein hoher Zaun, der zu hoch war, als dass die Antenne darüber hinwegsehen könnte, und er würde mit Sicherheit jedes MMwave-Signal blockieren. Ich beschloss, zur Ecke der Brücke zu schauen und zu sehen, ob ich dort stehen und die Station über das Gelände ragen würde. Mit einem Kompass wurde überprüft, ob die Richtung für die Antenne frei ist. Ich beschloss, diesen Standort zu nutzen. Das Equipment wurde die Treppe hoch getragen und langsam konnte ich mit dem Aufbau der Station beginnen. Während des Aufbaus wurde ich von Michael angerufen, der mir sagte, dass er auch seinen Standort gefunden hatte. Er würde damit beginnen, die Ausrüstung zum Deich zu bringen und dann mit dem Aufbau der Station zu beginnen.



Standort PA0EHG in Eemshaven



Standort DB6NT

Wir vereinbarten, dass wir das Experiment auf 76 GHz beginnen würden, Michael würde als erster senden. Kurze Zeit später hatte ich den Empfänger eingeschaltet und ich hörte Michael sofort mit einem sehr starken Signal.

Ich begann mit der Feinabstimmung der Antennenrichtung. Das Signal war viel zu stark und ich musste das BNC-ZF-Kabel zum Empfänger abkoppeln, um die Antennenrichtung weiter optimieren zu können. Nachdem ich den Azimut und die Elevation einige Male hin und her gedreht hatte, hatte ich meine Antenne optimal ausgerichtet. Dann begann ich mit dem Senden und Michael nahm sich die Zeit, seine Antenne optimal auszurichten, was eine deutliche Verbesserung brachte. Dann machten wir das QSO auf 76 GHz, indem wir Raports und Locator hin und her austauschten. Anschließend vereinbarten wir, dass ich auf 122 GHz lauschen sollte und Michael zuerst senden würde.

Ich entfernte den 76-GHz-Transverter aus dem Fokus und montierte den 122-GHz-Empfängerkopf. Einen Moment später hörte ich, wie Michael den Sender einschaltete, der ein Trägersignal aussendete. Ich hörte ein starkes Signal, das sich durch weiteres Ausrichten der Antenne nicht mehr verbessern lies. Dann habe ich meine Station auf Senden umgestellt, den Empfangskopf aus dem Fokus genommen und den Sendekopf eingesetzt. Dann sendete ich einen Träger und wartete kurz auf die Bestätigung, dass mein Signal auch gut angekommen war. Um 12:54 Uhr machten wir das erste QSO. Wir tauschten beide 599 Raporte aus. Mein Standort war JO33JL70TX und Michaels JO33MM60CH, was einer Entfernung von 16,2 km entspricht.

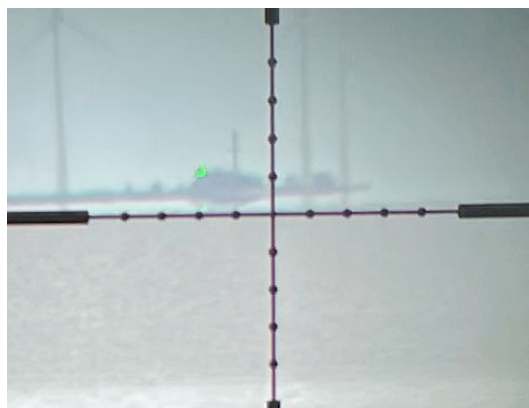
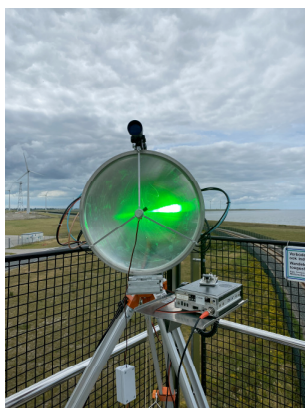
Das QSO auf 122 GHz lief reibungslos, danach konnten wir auf das nächste Band umschalten. Ich wollte zuerst auf 134 GHz hören. Nachdem ich den 134-GHz-Empfangskopf einsetzt habe und einen weiteren Schalter an der Gehäusefront auf 134 GHz einstellte war ich Empfangsbereit. Kurze Zeit später hörte ich auch hier Michaels Signal sehr stark.

Um 13:02 LT machten wir das QSO, indem wir die Rufzeichen, den Raport und den Locator auf beiden Seiten austauschten und mit RR bestätigten. Als ich wieder auf Empfang umschaltete, war ich noch dabei, den Senderkopf von der Antenne zu demontieren und ich konnte Michaels Signal bereits hören, während der Empfängerkopf in diesem Moment herunterhing. Ich nahm den Empfängerkopf und hielt den Hohlleiter in Richtung Michael und konnte das Signal mit offenem Hohlleiter empfangen, also ohne Verwendung einer Antenne. Danach wurde der Kopf im Fokus des Parabolspiegels montiert. Jetzt hatte ich die Hände frei, um Michaels Raport zu empfangen und aufzuschreiben.

Das 134 GHz QSO war somit auch erfolgreich und es war an der Zeit, die letzte und höchste Frequenz von 241 GHz auszuprobieren. Auch hier würde ich als erster hören. Nachdem Michael den Sender eingeschaltet hatte, fand ich sofort das Signal, das zwar nicht ganz so stark war wie auf 134 GHz aber gut genug um eine Verbindung herstellen zu können. Ich habe dann die Antenne weiter ausgerichtet, was eine deutliche Signalverbesserung brachte.

Am Ende war das Signal auf diesem Band auch 599, aber es gab Fading was aber kein Problem war. Nachdem ich meinen Sender im Fokus montiert hatte, konnte ich meinen Raport senden, um etwas später auf Empfang umzubauen und den Raport zu empfangen. Um 13:13 LT machten wir das erste QSO auf 241 GHz zwischen DL und PA mit 599 auf beiden Seiten und dem Austausch von Locator und RR. Dann bat ich Michael, erneut einen Träger zu stellen, um zu testen, ob ich das Signal mit einem offenen Hohlleiter hören könnte. Wenn es hörbar war, war es auf jeden Fall zu schwach, um es mit Sicherheit zu bestimmen. Danach versuchten wir, ein SSB-QSO zu machen, was auf diesem Band mit dem Equipment möglich wäre. Wir konnten das Signal auf beiden Seiten hören, aber es war einfach zu schwach, um es zu lesen. Wenn es 2 bis 3 dB stärker gewesen wäre, hätte es funktioniert.

Mithilfe unserer 70cm Querverbindung besprachen wir einen weiteren Test mit grünem Licht auszuprobieren. Ich brachte eine starke grüne LED in der Antenne an, um zu testen, ob Michael diese aus 16 km Entfernung sehen könnte. Zuerst hatte ich die LED montiert, aber sie war noch nicht richtig fokussiert. Nach kurzer Optimierung war das grüne Licht auf der anderen Seite zu sehen, was ich persönlich nicht erwartet hatte, weil wir während unseres Tests im Tageslicht waren.



Das grüne Licht der Schüssel ist auf der anderen Seite etwa 16 km entfernt sichtbar.

Danach einigten wir uns darauf, was wir weiter machen wollten und entschieden, dass Michael in die Niederlande kommt und dann auch die erste Verbindung innerhalb der Niederlande auf 134 und 241 GHz über eine kurze Distanz herstellt.

Die Fahrt, die Michael machen musste, dauerte mit einer Luftlinie von 16 km leider in der Realität über die Straßen doch viel länger als erwartet. Ich musste fast 2 Stunden warten, bis er bei mir ankam. Wir entschieden uns daher, die erste Verbindung innerhalb der Niederlande über eine kurze Strecke herzustellen, die wir von der Brücke aus machen konnten.

Nachdem Michael dorthin gefahren war und das Equipment aufgebaut hatte, konnten wir die QSO's innerhalb von PA0 auf 134 und 241 GHz machen.

Um 16:10 LT machten wir das erste QSO innerhalb der Niederlande auf 134 GHz in CW und unmittelbar danach um 16:16 LT machten wir das erste QSO innerhalb der Niederlande auf 241 GHz in SSB.

Dann bauten wir ab und traten die Heimreise an. Bei mir zu Hause angekommen, hatten wir ein gutes Essen und einen angenehmen Abend, an dem wir voller Begeisterung auf die Experimente dieses Tages zurückblickten. Wir haben bereits Pläne für ein mögliches Follow-up besprochen. Am nächsten Morgen trat Michael seine Heimreise an.

Wenn ich auf dieses Experiment und die Ereignisse zurückblicke, muss ich sagen, dass es eine Reihe von Dingen gibt, die sehr bemerkenswert sind.

Zunächst einmal beeindruckte es mich, dass die Signale auf allen Bändern sehr laut waren, was in erster Linie an der fabelhaften Station liegt, die DB6NT gebaut hat. Ausgangsleistungen, die einem die Finger verbrennen, wenn man sie vor den Waveguide hält, sind für diese Bänder wirklich beispiellos. Bei 122 GHz hat der Sender eine Leistung von nicht weniger als 200 Milliwatt. Bei 134 GHz liegt die Leistung bei etwa 150 Milliwatt. Auch die Empfänger sind hochwertig mit einem Rauschmaß von 5,5 dB DSB bei 122 GHz und 5,5 dB DSB bei 134 GHz. Bei 241 GHz beträgt die Ausgangsleistung 25 Milliwatt und die Rauschzahl 9 dB DSB.

Der Parabolreflektor hat einen Durchmesser von 40 cm, was für einen enormen Antennengewinn sorgt, was den Nachteil hat, dass die Ausrichtung sehr genau erfolgen muss. In der Praxis war das für mich nicht so schlimm, da wir enorme Feldstärken erlebten. Die Suche nach der Nadel im Heuhaufen war nicht nötig und vom ersten Moment an wurde das Signal auch auf der anderen Seite empfangen.

Auffallend war für mich auch die enorme Frequenzstabilität der Lokaloszillatoren, GPS-gekoppelte Systeme werden nicht verwendet, da diese erfahrungsgemäß bei Tests an speziellen Standorten in der Nähe von GSM-Masten manchmal gestört werden. Außerdem war ich auch sehr nahe an einer Radaranlage, die möglicherweise eine Störquelle für einen GPS-gekoppelten Oszillator sein könnte.

In den Geräten kommen 10 MHz Oszillatoren zum Einsatz, die sehr stabil arbeiten und bereits nach 5 Minuten Aufwärmzeit eine gute Stabilität gewährleisten. Es war nicht einmal notwendig, während der Experimente mehr als ein paar hundert Hertz abzustimmen. Ein enormer Vorteil, der es ermöglicht, beim Auffinden sehr schwacher Signale nur mit der Antenne nach Richtung zu suchen und nicht über einen großen Teil der Frequenz suchen zu müssen.

Auch das Experiment mit dem grünen LED-Licht war recht erfolgreich, es zeigt zunächst einmal, dass zwischen den beiden Standorten eine echte optische Sicht bestand. Ich hatte nicht erwartet, dass dies auch bei Tageslicht so gut gelingt, was es zu einem sinnvollen und gelungenen Experiment macht.

Hier mein Link zu meiner Webseite
<http://www.pa0ehg.com/>

Hier der Link zu Michaels Webseite
www.db6nt.de

Hier der Link zu den Technischen Beschreibungen von Michael.
<http://www.db6nt.de/download-archiv.html>

Link zum Video die wir von diese erstverbindungen gemacht haben.
<https://www.youtube.com/watch?v=G9txoXLufE>