

Auspacken, staunen, loslöten: Einen K2 kann (fast) jeder bauen

PETER ZENKER – DL2FI

Nachdem Sie in der vorigen FUNKAMATEUR-Ausgabe etwas zur Entstehungsgeschichte des K2-Projekts lesen konnten, nun meine Erfahrungen bei Zusammenbau und einige Meßergebnisse, die Wolfgang, DK4RW, an seinem K2 ermittelt und dankenswerterweise beigesteuert hat.

Wenn der Postmann zweimal klingelt, dann könnte es ja der ersehnte K2-Bausatz sein... Man rennt zur Tür, fällt womöglich über den Hund, der immer im Weg liegt, und dann ist es doch nur die amtliche Benachrichtigung, daß beim Zoll ein Paket abzuho-



Bild 1: Unverkennbar mein K2

len ist. Jetzt Ruhe bewahren. Zum Thema Verzollung will ich mich an dieser Stelle nicht noch einmal auslassen...

■ Erste Eindrücke

Wieder daheim: auspacken, ansehen, erschrecken und hinsetzen. Wer rechnet auch mit so vielen Einzelteilen? Sicher, das Handbuch hatte ich mir, wie alle anderen, schon vorher aus dem Internet geholt, aber der Platz, den ich in mühsamer Aufräumarbeit geschaffen hatte, reichte bei weitem nicht aus, um alles, wie es das Handbuch verlangt, ordentlich auszubreiten, zu sortieren und zu inventarisieren. Dabei habe ich ja sogar einen eigenen Arbeitsraum!

Feldtester Klaus, DL8MTG, hatte für den gleichen Zweck den größten Tisch im Haus abgeräumt, den Hund zur Oma gegeben und alle häuslichen Feiern für die nächsten Wochen abgesagt.

Nach etwa drei Stunden hatte ich alle Kleinteile nach Werten geordnet, wobei sich wieder einmal die große Lupe mit integrierter Leuchte bewähren mußte – die Aufschriften auf den Bauteilen werden leider nicht in dem Maße größer, wie die Augen altersbedingt schlechter werden.

Andere Feldtester bestätigten über den Elecraft-Server, daß auch sie Schwierigkeiten mit den Farbkodierungen hatten und genau wie ich jeden Wert lieber nach Messung einsortierten als nach Augenschein. Nicht die Kodierung selbst, sondern die Erkennung

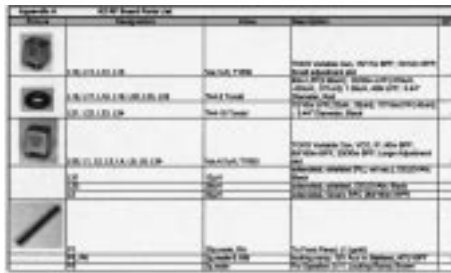


Bild 2: Anschauliche Stücklisten im Handbuch

der Farbringe oder -tupfer auf farbigem Untergrund ist das Problem. Sehr hilfreich beim Sortieren war, daß im Handbuch jede Bauteilsorte mit Foto abgebildet ist.

Mein Trick ist übrigens, daß ich mir für farbmarkierte Teile nach Handbuch einige DIN A4-Blätter vorbereite. Ich schreibe die Werte an den Rand und pieke dann die Bauteile wie Stecknadeln an den entsprechenden Stelle durchs Papier. Hält erst einmal auf, macht sich aber später echt bezahlt.

■ Bestückung nach Plan

Nun ging es an das Bestücken der Leiterplatten. Drei an der Zahl in der CW-only-Grundversion des K2, auf denen es zwar eng zugeht, aber nicht zu eng. Die Verwendung von Löthonig, 1-mm-Zinn und ähnlichen Klempnerutensilien habe ich mir ja schon lange abgewöhnt, aber mit einem NiederspannungslötKolben (wegen der CMOS-

Teile wichtig) mit feiner Spitze und 0,5-mm-Zinn machte das Lötten richtig Spaß. Sehr schnell merkte ich, daß es äußerst wichtig ist, jeden Absatz im Handbuch erst bis zu Ende durchzulesen. Manchmal stehen die wichtigsten Dinge erst am Schluß! So nach dem Motto: Als nächstes löten wir die Widerstände Nr. 50 bis 65 ein und machen einen Haken hinter jedem eingelöteten... blah, blah und dann ganz zum Schluß: Vorsicht, die Löttaugen dicht neben den Widerstandsbeinen werden benötigt für Bauteile, die später von unten eingelötet werden, es darf kein Zinn hineinlaufen...

Wer sofort lustig drauflos gelötet hat, womöglich mit dickem Zinn aus EF-80-Zeiten, bei dem kommt nun Freude auf...

■ Hilfe auch aus dem Internet

Alle diese Themen wurden und werden natürlich ständig auf dem Elecraft-Server diskutiert, und ich muß heute sagen, daß ich Foren dieser Art nicht mehr missen möchte. Allerdings weiche ich in einem Punkt, was das K2-Handbuch angeht, stark von der Meinung der Verfasser ab: Im Manual wird, wie auch in vielen anderen Bauanleitungen, empfohlen, alle Bauelemente einer Gruppe in einem Rutsch zu bestücken und dann später hintereinanderweg zu verlöten.

Ich halte von dieser Methode überhaupt nichts. Zu schnell übersieht man ein Beinchen und hat nachfolgend viel Mühe, die nicht verlötete Stelle zu finden. Ich stecke jedes Bauteil in die vorgesehenen Löcher und verlöte es sofort. So bin ich immer sicher, keine Lötstelle vergessen zu haben.

Ein wichtiger Punkt ist auch das Abschneiden der Bauteilbeine. In der seriösen Literatur findet man die Anweisung, die Bauteile erst abzuschneiden und dann zu verlöten, weil das (zu frühe) Abschneiden der Beinchen im verlöteten Zustand leicht zu kalten Lötstellen führen könne. Im Prinzip richtig, nur kenne ich niemanden, der das so macht.

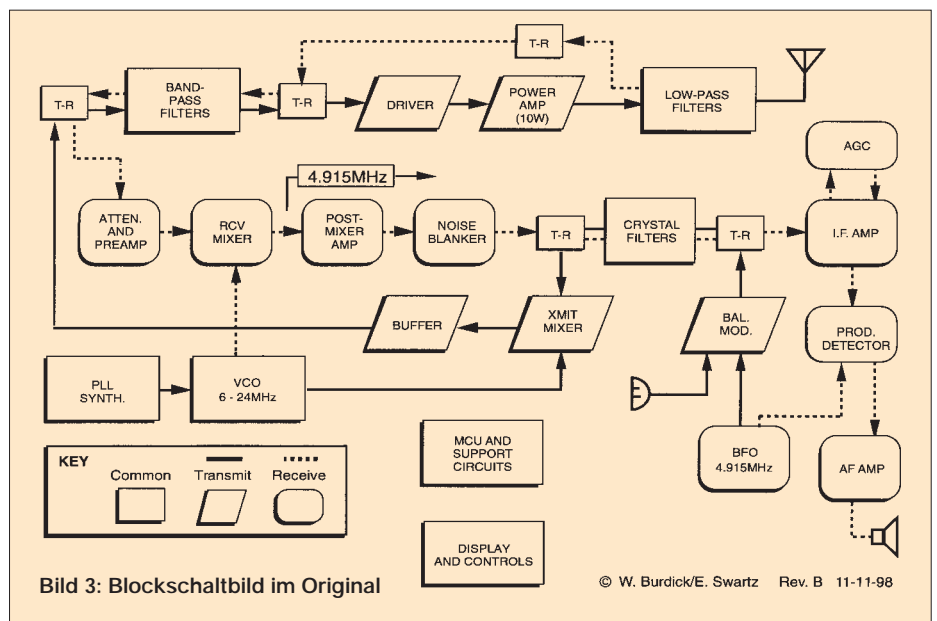


Bild 3: Blockschaltbild im Original

© W. Burdick/E. Swartz Rev. B 11-11-98



Es funktioniert auch nicht gut, meist fallen die blöden Teile beim Wenden der Platine trotz vorbeugend im 45-Grad-Winkel abgebogener Beine wieder raus. Viel wichtiger ist m.E. anständiges Schneidwerkzeug: Ein guter und teurer Schrägschneider oder ein billiger Fingernagelknipser sind brauchbar. Zu lange Anschlußdrähte müssen abgeschnitten und nicht etwa abgehebelt oder abgequetscht werden.

Nach etwa fünf Stunden, also gegen 3 Uhr morgens, war die erste Platine fertig bestückt und konnte in den Testlauf gehen. Das nämlich ist ein weiterer Vorteil der K2-Philosophie, alle wesentlichen Baugruppen werden zwischengestestet. Der Test verlief erfolgreich, und ich konnte mit der Bestückung von Board Nr. 2 beginnen, dies allerdings nicht vollenden, da gegen 5 Uhr morgens der Racheengel in der Tür stand, irgendwas von »völlig verrückt geworden« und Scheidung murmelte.

■ Abgleich kein Problem

Vier Tage später waren dank der Spitzenqualität des H²-Manuals (Heathkit zum Quadrat) alle Bestückungs- und Abgleicharbeiten erledigt. Tatsächlich ist es so, daß der komplette Abgleich außer einem hochohmigen Voltmeter mit K2-internen Mitteln erledigt werden kann. Es muß lediglich eine Spannung eingestellt werden, was durch Drehen des Spulenkerns der VCO-Spule erfolgt – den Rest macht der K2 fast allein. Ob Linearisierung der PLL oder Abgleich der Quarzfilter, alles geschieht halbautomatisch und läßt sich, wie ich später mit richtigen Meßmitteln überprüfen konnte, kaum noch verbessern.

Einen Dummyload braucht man natürlich, wenn man den Sender einstellt. Der erhebendste Augenblick der ganzen Bastelorgie war dann aber doch nicht der faszinierende Selbstabgleich, sondern der Moment, in dem mein K2 zum ersten Mal über die Antenne mit dem Äther verbunden wurde.

Den ersten Test soll man laut Handbuch auf 40 m durchführen, für uns Europäer wegen der starken Rundfunksender immer ein zusätzliches Erschwernis. Durch Zufall war ich auch noch zum kritischen Zeitpunkt, also gegen 20:00 UTC, soweit. Aber welche Offenbarung: Alles absolut sauber und fast nebengeräuschfrei waren sofort die ersten Telegrafiestationen zu hören.

Und sauber meint wirklich sauber! Kein Grumpelmumpf zwischen zwei Signalen, keine Überlagerungen durch unerwünschte Mischprodukte und sehr wenig Eigenrauschen. Dabei ist der IP3 mit +15 dBm gar nicht weltbewegend, aber der K2 bestätigte meine schon oft geäußerte Meinung: Der IP3 alleine ist nicht alles – das Gesamtkonzept ist entscheidend: IP3, Vorselektion, AGC, Signalaufbereitung, Oszillatoren mit geringem Seitenbandrauschen... Erst das zusammen macht einen guten Empfänger aus.

■ Restarbeiten

Die Vervollständigung für die anderen Frequenzbereiche machte mir danach keine Probleme, und so war ich bald erstmals auf allen Bändern – außer 160 m – QRV. Das Sendesignal wurde besonders von gestandenen CW-Leuten gelobt, und an meinem 41 m langen endgespeisten Zepp konnte ich alles das hören, was ich mit meinem Referenz-FT-1000 aufnehmen konnte.

Erreicht habe ich, trotz der wenigen QSOs die ich fahre, mit Ausgangsleistungen zwischen 1 und 5 W alle Kontinente, wobei auch einige Pile-Up-QSOs darunter waren. Die K2-Fan-Gemeinde spricht inzwischen von einem eingebauten Mojo. Das soll ein gutmütiger Südseegeist sein, der massive Unterstützung vor allem bei schwierigen QSOs leistet.

Zwischenzeitlich habe ich noch einen zweiten K2 für einen Freund aufgebaut, der altersbedingt dazu selbst nicht mehr in der Lage ist. Beide Geräte sind jetzt auch mit Batterie, SSB-Teil, Noiseblanker und 160-m-

Option nachgerüstet. Dabei hat sich meine Meinung immer mehr gefestigt: Wer etwas praktische Erfahrung hat, saubere Lötstellen hinbekommt, bereit ist, den logischerweise englischen Anweisungen des Handbuchs strikt zu folgen, der kann sich einen K2 aufbauen! Zumal ist bei Problemen via Internet immer unverzügliche Hilfe durch die Konstrukteure, aber auch durch viele andere K2-Bastler gegeben.

■ Mein Gesamturteil

Soweit zum Aufbau des K2. Der phänomenale Erfolg dieses Bausatzes kann aber nicht nur von dem eingebauten Mojo herrühren, es muß doch auch noch andere Gründe geben. Da ist neben dem Super-Handbuch in erster Linie das Gesamtkonzept zu nennen, das auch beweist, daß der K2 von Praktikern für Praktiker entwickelt wurde.

Was man wollte und wohl auch geschafft hat, ist ein Transceiver, der sich mit modernsten Fertigeräten messen kann. Kompakt, leicht, niedriger Stromverbrauch, eingebaute Stromversorgung und Antennentuner, schmale Eingangsfiler, variable ZF-Bandbreite... In vielen Punkten übertrifft der K2 seine Konkurrenten!

■ Schaltungskonzept und Details

Ich will hier nicht auf alle Einzelheiten der Schaltung eingehen, sondern nur einige ungewöhnliche Lösungen herausgreifen.

Das Empfangssignal wird über Tiefpässe, 2-Kreis-Bandfilter, abschaltbaren Vorverstärker einem Ringmischer zugeführt.

Dem folgt ein wahlweise mit 50 mA oder Niedrigstrom betriebener bipolarer Nachverstärker. 50 mA sind die Norm, die einen hohen IP3 garantiert, beim Outdoor-Einsatz mit Batterien oder Akkus kann man in dieser Stufe fast 50 mA zu Gunsten einer längeren Betriebsdauer sparen, wobei der IP3 um etwa 13 dBm zurückgeht.

Bis hierher wird alles über bistabile Relais geschaltet, und darin liegt auch schon der erste Grund für die guten Empfängereigenschaften. Uns, aber leider nicht jedem Entwickler, ist doch klar, daß an Dioden Intermodulationsprodukte entstehen. Offensicht-



Bild 4: Rückseitige Einblicke in den K2 (oben)
Bild 5: bistabile Relais für die Eingangsbandfilter

lich aus Kostengründen gibt es nur wenige kommerzielle Geräte, die an den entsprechenden Stellen Relais einsetzen. Im K2 sind die Relais bistabil, damit die Stromaufnahme klein bleibt.

Das standardmäßige CW-ZF-Filter ist ein fünfpoliges Cohn-Filter, dessen Bandbreite durch C-Dioden eingestellt wird (Bild 12). Deren Steuerung, wie auch die der BFO-Quarze, übernimmt ein PIC, so daß sowohl die Bandbreite als auch die Lage der BFO-Frequenz zur Filtermitte reproduzierbar eingestellt werden können.

Am Rande bemerkt: Der K2 besitzt für jedes funktionelle Modul einen eigenen Prozessor. Diese sind über einen seriellen Ein-drahtbus verbunden und werden nur dann aktiv, wenn sie ein Kommando des niemals schlafenden Hauptprozessors ausführen müssen. Das schafft Flexibilität und vermeidet gleichzeitig Störungen im HF-Teil.

ZF-Rauschen und AGC

Nach der Verstärkung durch einen MC1350 wird das im ZF-Zug entstandene Verstärkungsrauschen mittels eines weiteren zweipoligen ZF-Filters abgeschwächt, so daß

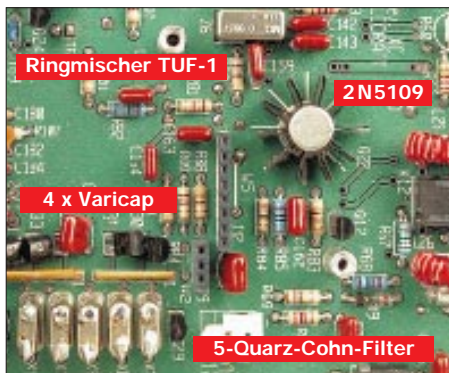


Bild 7: Quarzfilter mit einstellbarer Bandbreite – fünf frequenzgleiche Quarze und vier C-Dioden machen es möglich. Der ZF-Vorverstärker 2N5109 hat zur Sicherheit einen Kühlstern

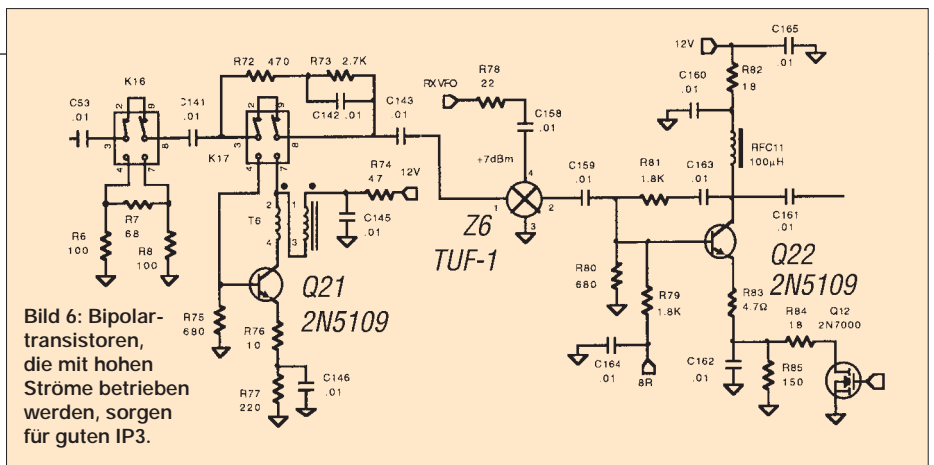


Bild 6: Bipolartransistoren, die mit hohen Strömen betrieben werden, sorgen für guten IP3.

hinter dem NE 602-Produkt-detektor ein rauscharmes Signal zum NF-Verstärker weitergereicht wird, der komfortablen Lautsprecherempfang ermöglicht.

Meines Wissens völlig neu ist die gewählte Art der Regelspannungserzeugung. Aus der NF generierte AGC-Spannungen haben immer das Problem, daß die Zeitkonstanten zu groß sind und sie kaum schnell genug reagieren, was zu den bekannten Plop-Effekten führt. ZF-abgeleitete Regelspannungen sind nicht sonderlich nachbausicher, denn hohe ZF-Verstärkung birgt Schwinggefahr.

Beim K2 haben die Entwickler einen ganz anderen Weg beschritten und umgehen damit beide Probleme: Die ZF wird in den 150-kHz-Bereich heruntergemischt und dort die AGC-Spannung gewonnen. Durch diesen Trick erzeugt man die Regelspannung noch vor dem Produktdetektor und kann fast beliebig hoch verstärken, ohne irgendwelche Einstrahlungen oder Rückwirkungen auf die ZF befürchten zu müssen.

Oszillatorkonzept

Das Herz jedes Transceivers ist natürlich immer noch die Frequenzaufbereitung. Moderne DDS-Schaltungen kämpfen generell mit Dynamik- und Blockingproblemen, verursacht durch die digitale Signalerzeugung

und das unvermeidliche Rauschen unmittelbar neben dem Oszillatorsignal. Synthesizer haben unerwünschte Mischprodukte und Standard-PLL-Schaltungen sind ebenfalls nicht unbedingt dynamikfreundlich.

Im K2 wird eine PLL eingesetzt, die mit einem einzigen VCO im Bereich von 6 bis 24 MHz arbeitet, wobei man jedoch für jedes Band mittels bistabiler Relais entsprechende Schwingkreiskapazitäten zuschaltet. Die 5-kHz-Schritte der PLL werden durch einen Teiler erzeugt, die zur Feinabstimmung des Oszillators notwendigen Zwischenschritte mittels PIC und 12-Bit-D/A-Konverters interpoliert.

Die dazu notwendige Linearisierung übernimmt wiederum ein Prozessor, der in einem Kalibrierlauf Soll- und Ist-Frequenzen vergleicht und die ermittelten DAC-Korrekturwerte in einem EEPROM speichert. Innerhalb der Amateurbänder liegt bei meinem Transceiver die Abweichung der Frequenz nirgendwo höher als bei 30 Hz. Die Abstimmempfindlichkeit der PLL beträgt zwischen 130 und 700 kHz/V.

Timer und Sendeteil

Das Zeitverhalten des K2 wird ebenfalls von Prozessoren gesteuert. Selbst bei kürzesten S/E-Umschaltzeiten werden somit alle Bau-

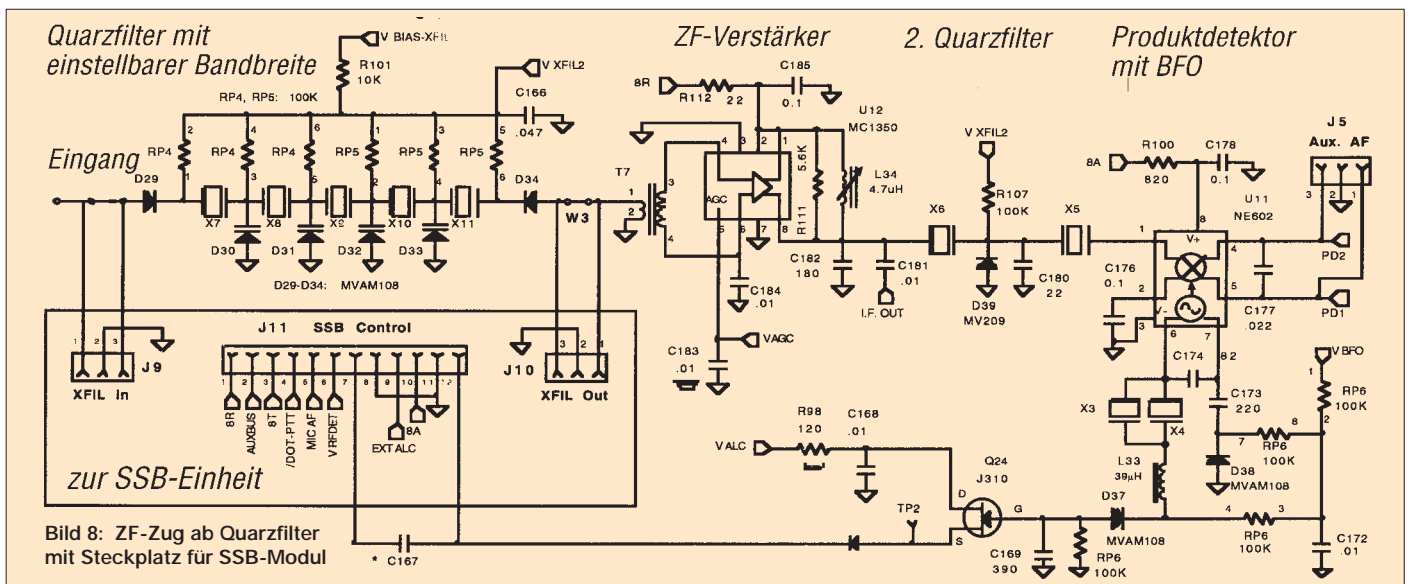


Bild 8: ZF-Zug ab Quarzfilter mit Steckplatz für SSB-Modul



Bild 9: Für 29 US-Dollar kann man diesen hochwirksamen Noiseblanker als Option erwerben: Löt und Plug and Play

gruppen immer in der richtigen Reihen- und Zeitfolge zu- oder abgeschaltet. Der Sender ist stark überdimensioniert und durch Einsatz einer Gegentakt-Endstufe mit echten HF-Transistoren vom Typ 2 SC1971 (ähnlich der DL-QRP-AG-PA) konsequent auf Linearbetrieb ausgelegt. Er läßt in der neuesten Firmware-Revision Ausgangsleistungen zwischen 0,1 und 15 W zu, deren Einstellung von der Frontplatte aus mit einem Drehgeber erfolgt und im Display digital in 0,1-W-Stufen angezeigt wird. Vorausgesetzt, der Sender ist mit 50 Ω reell abgeschlossen, reicht die Genauigkeit der Einstellung für Amateurfunkgebrauch völlig aus (Übereinstimmung mit meinem thermischen Leistungsmesser besser ± 0,1 W bei 5 W). Die Neben- und Oberwellen bleiben unter den maximal zulässigen Werten (Bild 14).

■ Nützliche Kleinigkeiten

Zu den herausragenden Merkmalen des K2 gehören sicher die vielen gut durchdachten Feinheiten, die Eigenschaften, die sich ohne Eingriff in das Gerät ändern lassen.

So ist zum Beispiel die Sendeablage bei Telegrafie und damit die Höhe des Mithörtones im Transceive-Betrieb von der Frontplatte genauso einstellbar, wie die Lautstärke desselben. Wem die RIT mit ±1,2 kHz Einstellbereich zu grob zu justieren ist, der kann sie auf ±0,6 kHz ändern.

Oder das Dot-links-Dot-rechts-Problem. Unbekannt? Szenario Fieldday. OP Otto wird müde, YL Manuela springt ein und: Nichts geht mehr, weil Otto die Punkte mit dem Daumen, Manuela lieber aber mit dem Zeigefinger gibt. Löteisen raus, Taste umlöten und nach ein paar Stunden alles retour. Nicht so beim K2. Von der Frontplatte aus Paddel von *normal* auf *reverse* – fertig. Seitenbandwechsel in CW? Kein Problem am K2. Pro Band vier Filterbandbreiten mit dem jeweiligen Pendant dazu im anderen Seitenband. Splitbetrieb, wieviel Spannung hat der Akku noch, RX-Zweitantenne, alles da.

Überhaupt: Feldtag oder Portabelbetrieb, dabei zeigt der K2 seine Stärken. Ist er mit wenig über 200 mA bei voller Illumination schon recht sparsam, so kann man ihn durch

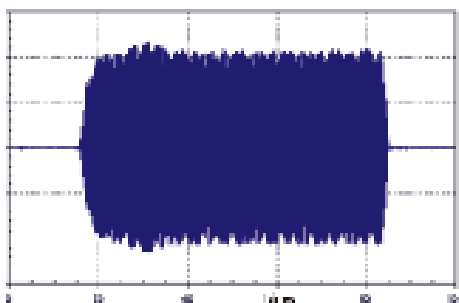


Bild 10: Form eines getasteten Zeichens am Antennenausgang. Die Amplitude steigt sanft an, wodurch die Zeichen angenehm klingen.

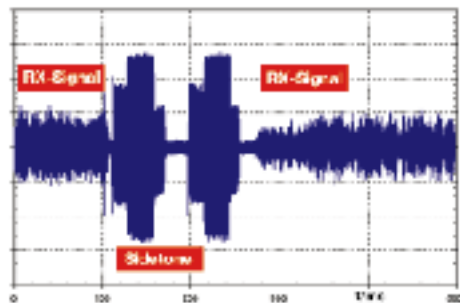


Bild 11: Dieses Diagramm verdeutlicht die QSK-Eigenschaften des K2. Wenige Millisekunden nach Zeichenende ist der RX wieder offen.

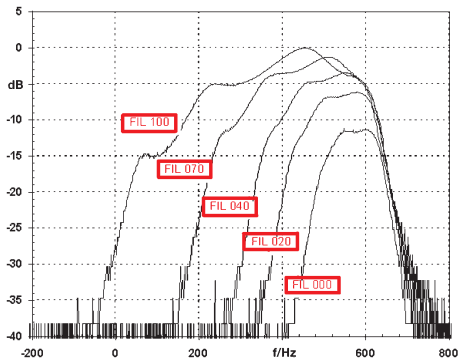


Bild 12: Der K2 bietet eine PIC-gesteuerte Bandbreiteregulierung für CW.

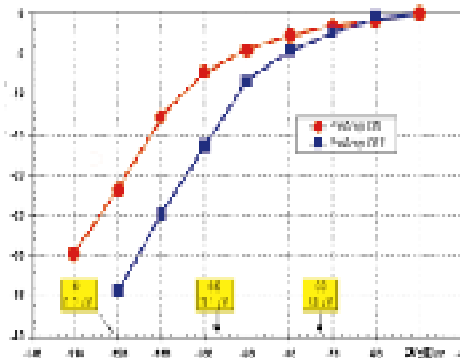


Bild 12: AGC-Wirkung mit und ohne Vorverstärker; relative Lautstärke in dB auf der Y-Achse

Verzicht auf Beleuchtung, S-Meteranzeige und High-IP3 in Sparschaltung bis auf rund 100 mA hinabzwingen.

Damit keine Mißverständnisse aufkommen, auch im Sparmodus ist der Empfänger immer noch besser als viele andere, an die ich meine Kopfhörer schon angeschlossen habe. Mit dem eingebauten Akku konnten Klaus und ich am Outdoor-Weekend mehr als 10 Stunden Betrieb machen. Selbstverständlich gibt der K2 hierbei auch eine Warnmeldung ab, wenn die Akkuspannung am tiefsten zulässigen Punkt angekommen ist. Und natürlich kann man das QSO noch beenden, da der K2 noch stabil weiterarbeitet.

Mit dem optional lieferbaren SSB-Teil habe ich in der Zwischenzeit etliche PSK31-QSOs gefahren, bei denen man als eingefleischter Telegrafist manchmal neidisch

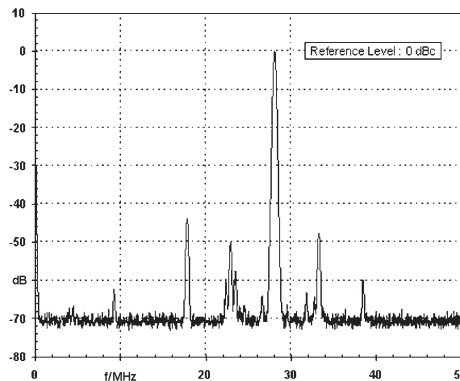


Bild 14: Das Ausgangsspektrum des Senders auf 10 m bei 5 W HF und 12 V Betriebsspannung.

werden könnte, wenn man am PC-Monitor miterlebt, unter welchen ungünstigen Bedingungen PSK31 noch funktioniert.



Bild 15: Die 79-\$-SSB-Option: In zwei bis drei Stunden Arbeit kann man dem K2 SSB-Fähigkeit verschaffen.