



# Werner Nitsche DL7MWN



## Zwischenbericht LIF5000 vom 17.12.2006

Nun ist einige Zeit vergangen und meine Untersuchungen / Simulationen der Weaver-Methode sind abgeschlossen. Um es vorwegzunehmen, nach meinen Simulationsergebnissen ist die Weaver-Methode für DRM nicht so besonders gut geeignet, obwohl Weaver wirklich funktioniert und für ein schmalbandiges SSB-Signal bestimmt ein gutes Verfahren darstellt. Aber in meiner Untersuchung ging es ja um ein Empfangsprinzip, welches für alle Modulationsarten und hauptsächlich für DRM geeignet sein soll. Und dafür ist eine Bandbreite von 10kHz notwendig.

Zunächst aber erst zu den Vor- und Nachteilen der Weaver-Methode. Leider habe ich diese in meinem letzten Zwischenbericht vom 17.11.2006 nicht ganz richtig eingeschätzt. Die Simulationsergebnisse zeigen nun ein etwas anderes Bild.

### Die Vorteile der Weaver-Methode:

--- *Keine starke Dämpfung wie beim Polyphasen-Netzwerk.*

Das habe ich zwar geglaubt, aber der Simulator hat gezeigt, dass man auch bei der Weaver-Methode mit ca. 20 dB Dämpfung rechnen muss. Das ist die gleiche Größenordnung, wie man sie im Polyphasen-Netzwerk zu erwarten hat.

--- *Bei gleicher Gesamtverstärkung kann der Vorverstärker entfallen.*

Das stimmt dann auch nicht mehr. Wenn der Vorverstärker entfällt, muss die Gesamtverstärkung wo anders entstehen.

--- *Das Rauschen des Vorverstärkers entfällt damit auch.*

--- *Die Intermodulationsfestigkeit wird sehr hoch (geschätzt >30dB).*

In meiner neuen Schaltung bleibt der Vorverstärker weg. Dadurch entfällt das Rauschen des Vorverstärkers und die Intermodulationsfestigkeit wird größer. Aber dafür muss ich dann nach der Mischstufe kräftig verstärken. Ein kleiner Vorteil bleibt aber in der Bandbreite des Verstärkers übrig. Der ZF-Verstärker nach der Mischstufe braucht nur eine Bandbreite von ca. 20kHz. Damit wird er unter gleichen Verhältnissen weniger rauschen als der breitbandige Vorverstärker in meiner ursprünglichen Schaltung.

--- *Das Rauschen des Polyphasen-Netzwerkes entfällt ebenfalls.*

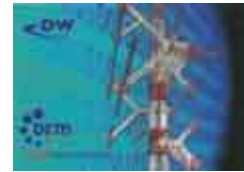
Leider stimmt das nun auch nicht mehr, aber ich habe das Polyphase-Netzwerk umdimensioniert. Es hat nun eine Stufe weniger und die Widerstände sind deutlich niederohmiger geworden. Die Kondensatoren werden größer und die parasitären Kapazitäten haben weniger Einfluss auf die Symmetrie des Polyphasen-Netzwerkes.

--- *Die Bandpässe (Hoch- und Tiefpässe) im ZF-Verstärker entfallen.*

Auch die werden noch benötigt. Aber es werden keine aktiven Bandpässe mehr eingesetzt. Die aktiven Bandpässe rauschen zu stark. Das bekommt man mit einer



# Werner Nitsche DL7MWN



Kombination aus Hoch.- und Tiefpässen besser hin.

--- *Es ist eine sehr hohe Seitenbandunterdrückung zu erwarten.*

Das hat leider auch nicht gestimmt. Je größer die Bandbreite wird, um so mehr nimmt die Seitenbandunterdrückung ab. Für schmalbandige SSB-Signale mag das kein Problem sein, aber bei 10kHz Bandbreite bin ich in meiner Simulation auf 10 dB Seitenbandunterdrückung gekommen. Das ist für DRM viel zu wenig.

**Hinweis:**

Die Seitenbandunterdrückung ist nicht die Spiegelfrequenzunterdrückung. Wir haben es hier mit zwei Seitenbändern zu tun, welche von 0 bis 5kHz übereinander geklappt sind. Und hier ist die Unterdrückung des zweiten Seitenbandes desselben Senders gemeint.

Durch diese Erkenntnisse bin ich nun zu der endgültigen Entscheidung gekommen, für meinen RX das Polyphasen-Netzwerk zu verwenden. Da ich ja nun weis, worauf es ankommt, habe ich die neue Schaltung so ausgelegt, dass man die kritischen Stellen mit Potis abgleichen kann.

Aber nun zu meinen Simulationsergebnissen. Zunächst möchte ich aber erst mit einfachen Worten versuchen, die Weaver-Methode zu erklären. Dazu habe ich nun noch einmal die Weaver-Prinzip-Schaltung dargestellt.

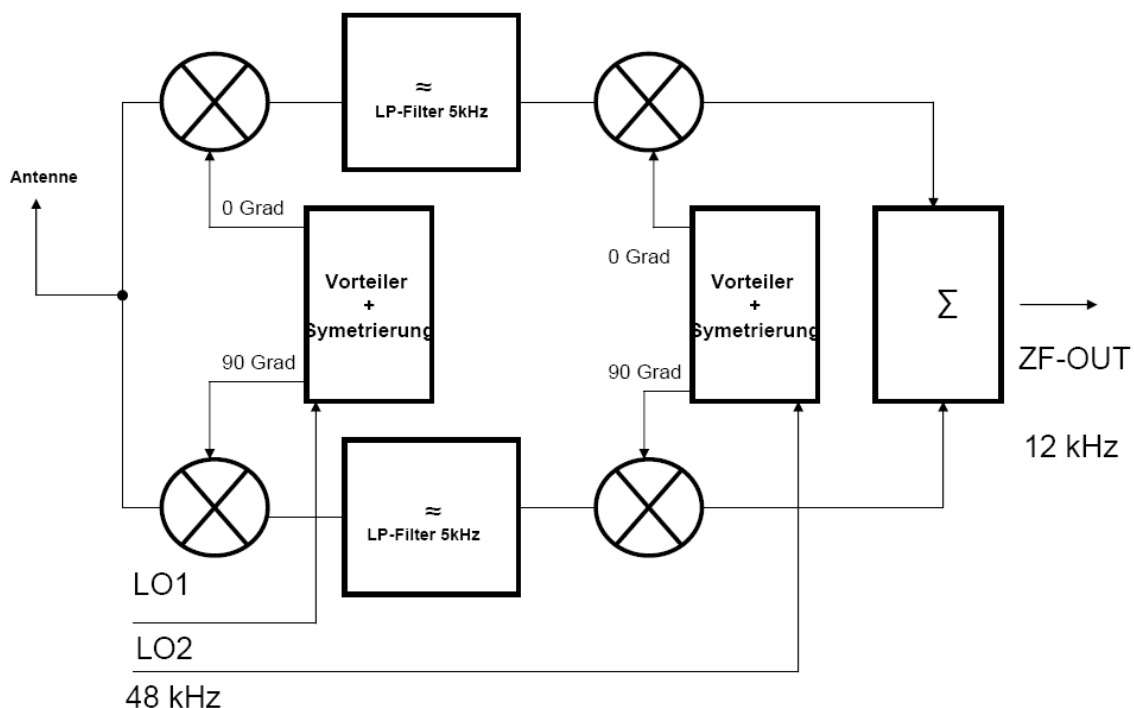
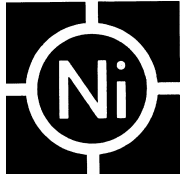


Abbildung 01  
Prinzip-Schaltung Weaver-Methode



# Werner Nitsche DL7MWN



## Die Funktionsweise:

Zunächst gelangt das Antennensignal gleichzeitig an zwei Mischer. In meiner Schaltung habe ich zwei Schaltmischer verwendet. Die digitale Frequenz vom LO1 gelangt auf einen Vorteiler mit Symmetrierschaltung und dann auf einen 4-Phasengenerator, welcher die Phasenlagen 0 Grad, 90 Grad, 180 Grad und 270 Grad liefert. Der eine Mischer bekommt die Signale 0 Grad / 180 Grad und der andere die Signale 90 Grad / 270 Grad. Die Frequenz vom LO1 verfügt über einen Arbeitsbereich von 120kHz bis 120MHz. Durch den Vorteiler und den 4-Phaengenerator gelangt dann eine Frequenz von 30kHz bis 30 MHz an die Mischstufen.

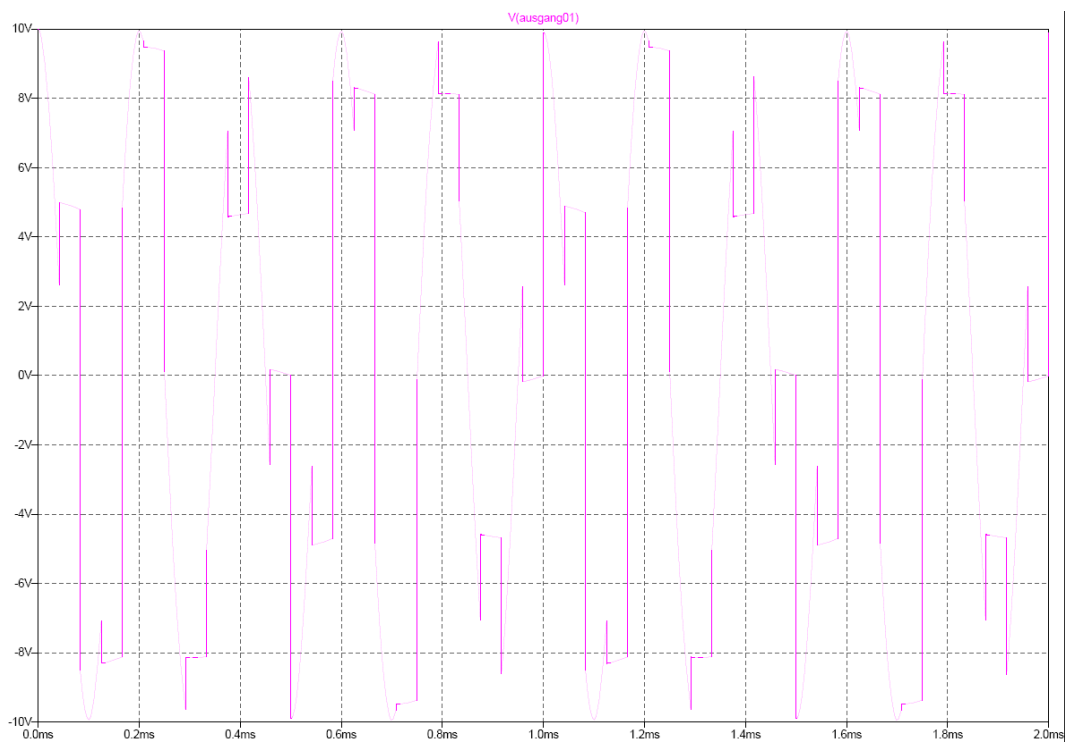
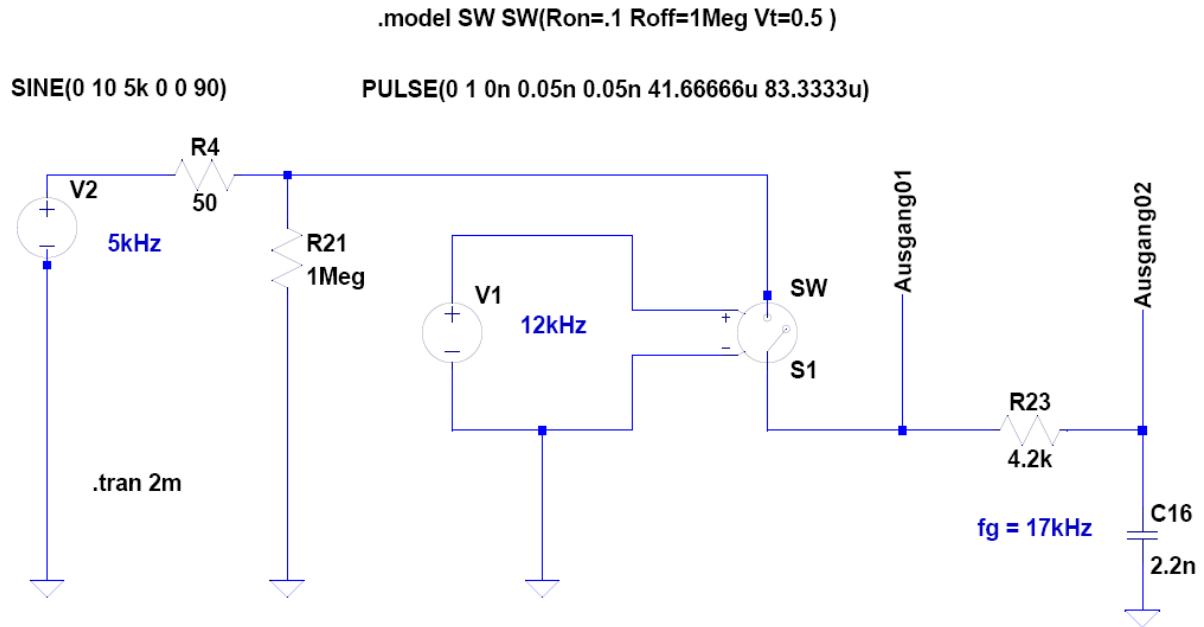
Am Ausgang der Schaltmischer entsteht ein Empfangssignal wie man es von einem DC-RX kennt. Der LO1 schwingt nach dem Vorteiler genau auf der Empfangs-Mittelfrequenz. Das ergibt am Ausgang der Mischstufen eine Ausgangsfrequenz von 0 Hz. Die beiden Seitenbänder des Senders stellen sich jeweils von 0Hz bis 5kHz ( $2 * 5 \text{ kHz} = 10\text{kHz}$ ) ein. Nur das eine Seitenband ist gespiegelt und überlagert das andere Seitenband. Das gespiegelte Seitenband ist durch einen weiteren Schaltmischer umzuklappen. Zuvor müssen die Ausgangssignale der ersten Mischer aber noch mit einem sehr steilen Tiefpass-Filter bei 5kHz abgeschnitten werden. Solche Filter gibt es bei der Firma Maxim zu kaufen und stellen für die Realisierung kein Problem dar.

Das obere und untere Seitenband des 10kHz breiten DRM-Signals haben nun ihre Mittelfrequenz bei 0Hz. Beide Seitenbänder überlagern sich von 0 bis 5kHz. In einer zweiten Mischstufe nach Weaver muss nun 0 Hz auf 12 kHz angehoben werden und das gespiegelte Seitenband wird dabei auf  $12 \text{ kHz} - 5 \text{ kHz} = 7 \text{ kHz}$  und das andere Seitenband auf  $12 \text{ kHz} + 5 \text{ kHz} = 17 \text{ kHz}$  gemischt. Dabei entsteht dann die ZF mit 12 kHz und einer Bandbreite von  $\pm 5 \text{ kHz}$  wie sie für DRM benötigt wird. Soweit funktioniert das auch in der Simulation ganz gut. Aber nun kommt das Problem. Die Bandbreite ist fast so groß wie die Mittelfrequenz und man kann in diesem Frequenzbereich nicht mehr viel filtern. Nur ein steiler Tiefpass oberhalb von 17 kHz würde ein paar Oberwellen begrenzen. Aber das reicht nicht aus.

Wer schon mal 2 Frequenzen miteinander gemischt und das Ergebnis begutachtet hat, der weiß, dass dabei kein reines Sinus-Signal entsteht. Je nach Phasenlage entstehen da ganz wilde Kurvenformen. Da sich die Phasenlage der beiden Frequenzen zueinander ständig ändert, ändern sich die Kurvenformen ebenfalls. Das ist wohl immer so, wenn man 2 Frequenzen mischt, die nicht gerade ein ganzzahliges Vielfaches zueinander haben. Ist die gewonnene ZF 455 kHz und hat diese eine Bandbreite von 10 kHz, dann ist die Bandbreite im Verhältnis zur Frequenz relativ klein. Man kann die ZF mehrfach filtern und nach den Filtern bekommt man dann einen sauberen Sinus. Aber bei unserer ZF mit 12 kHz Mittelfrequenz und 10 kHz Bandbreite geht das nicht. Jede Art von Filter würde sich in der Phasenlage bei 7 kHz anders auswirken als bei 17 kHz. Beim Empfang von schmalbandigen SSB-Signalen schaut diese Betrachtung etwas günstiger aus.

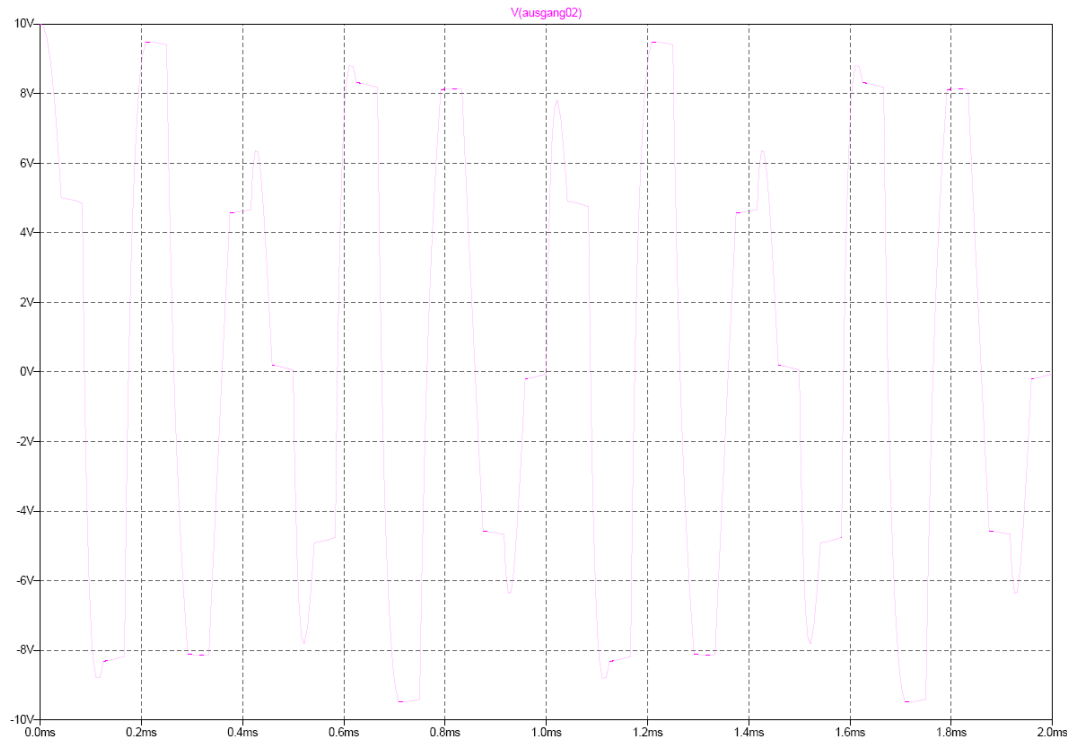


Nun zu den Simulationsergebnissen:





# Werner Nitsche DL7MWN



**Abbildung 04**  
Ausgangssignal nach dem Schaltmischer und einem RC-Tiefpass mit 17kHz Grenzfrequenz

**In dieser Simulation kann man sehen, wie die Nutzfrequenz aus den Mischern kommt. Dabei muss man sich noch vorstellen, dass sich dieses Bild mit der Phasenlage kontinuierlich ändert. Auch nach einem RC-Tiefpass mit einer Grenzfrequenz von 17kHz schaut das Signal nicht viel besser aus. Das ist schlimmer als das Phasenrauschen einer PLL-Schaltung. Und das mag DRM nicht.**

**Natürlich habe ich noch jede Menge anderer Simulationen durchgeführt um alle Details zu verstehen, aber es gibt keinen Sinn, diese hier anzuhängen, weil das bestimmt für die meisten Interessenten sehr langweilig würde.**

**Und wie geht es nun weiter? Ich habe einen neuen Schaltplan gezeichnet, in dem alle neuen Erkenntnisse eingearbeitet sind. Auch habe ich schon ein neues Layout fertig. Es muss nur noch ganz sorgfältig kontrolliert werden, bevor ich es an den PC-Pool weiterleite. Dann müssen neue Bauteile bestellt werden. Einen 74LVX00 und einen AD8004 konnte ich nirgendwo bekommen. So werde ich es dieses Mal bei Digi-Key versuchen. Der Rest ist bei Reichelt und Conrad zu bekommen.**

**Wenn alles da ist, wird die Platine bestückt und in Betrieb genommen. Ich schätze, dass das aber noch einige Wochen dauert. Zwischenzeitlich werde ich meinen neuen Schaltplan und das Layout vorstellen.**



**Werner Nitsche**  
**DL7MWN**



**Natürlich freue ich mich auch wieder auf sachliche Kritik und Anregungen von Euch. Habt Ihr Erfahrung in der einen oder anderen Sache und würdet Ihr etwas grundsätzlich anders machen? Und warum? Das würde mich natürlich interessieren. Also schreibt mir entweder im QRP-Forum oder direkt an meine E-Mail-Adresse, wie bisher.**

**Meine E-Mail-Adresse lautet:**

**[werner.nitsche@gmx.de](mailto:werner.nitsche@gmx.de)**

**Euer Werner, DL7MWN**