

# PC und Software - Hilfsmittel zum Verständnis alter Radio-Schaltungen

## Teil 2: Otto Limanns Bandfilter-Zweikreiser

Hermann Freudenberg, Netphen, GFGF

Erschienen in FUNKGESCHICHTE Nr. 120 (1998)

Von Hermann Freudenberg im Januar 2002 bearbeitet für <http://www.radiomuseum.org/>

Mit PSpice lassen sich nicht nur Niederfrequenz-Schaltungen simulieren, sondern auch Hochfrequenz-Schaltungen bis in die höchsten Frequenzbereiche. *Otto Limann* wurde im vergangenen Jahr Ehrenmitglied der GFGF; deshalb soll als Simulationsbeispiel aus der HF-Technik sein Bandfilterzweikreiser untersucht werden. In Erinnerung an die Nachkriegszeit vor 50 Jahren werden zwei Spulensätze des DKE und zwei Wehrmachtröhren RV 12 P 2000 ( $S = 1,5 \text{ mA/V}$ ;  $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ ;  $C_{ag} = 0,005 \text{ pF}$ ) für die Simulation „verwendet“.

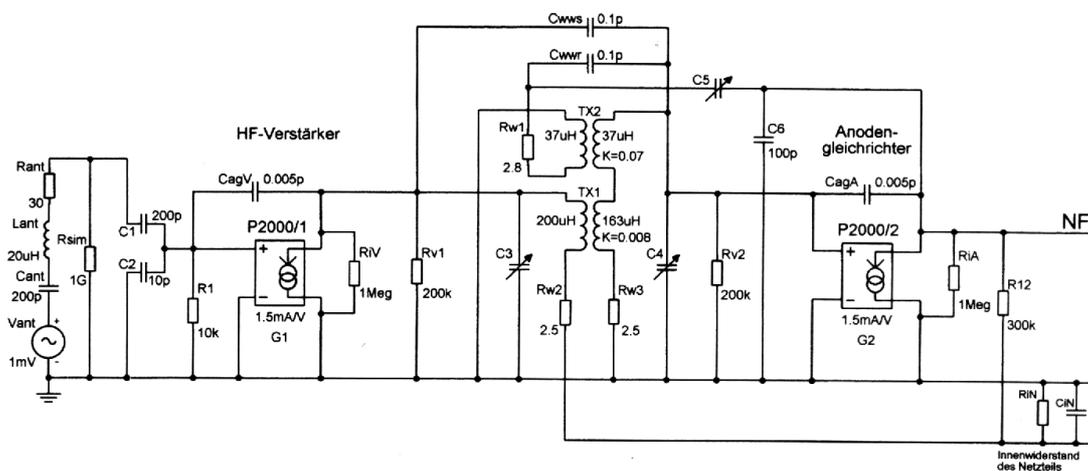


Bild 1: Bandfilter-Zweikreiser nach *Otto Limann*. Wechselstromersatzbild und Simulationsmodell, editiert mit Schematics von PSpice

Entscheidend für die erfolgreiche Simulation ist die richtige Modellbildung. Deshalb müssen neben den Bauelementen des Schaltplans Verlustwiderstände, Eigenkapazitäten und -induktivitäten der Bauelemente und des Schaltungsaufbaus im Modell berücksichtigt werden. Erst nach Abschätzung und Kenntnis ihrer Größenordnung können sie gegebenenfalls vernachlässigt werden. Bild 1 zeigt die mit Schematics von PSpice editierte Wechselstromersatzschaltung entsprechend den Schaltbildern [1, Bilder 2 u. 3] bzw. [5] für Mittelwelle 500 kHz bis 1500 kHz. Hier sind neben den Bauelementen der Schaltbilder die folgenden Wirk- und Blindwiderstände berücksichtigt:

- CagV Gitter-Anoden-Kapazität der HF-Röhre RV 12 P 2000
- RiV Innenwiderstand der HF-Röhre RV 12 P 2000
- Rv1 zusätzliche Kreisverluste des ersten Bandfilterkreises
- Rw1 Wicklungswiderstand der Rückkopplungsspule
- Rw2 Wicklungswiderstand der ersten Bandfilterspule
- Cwsw Kapazität zwischen den beiden Bandfilterkreisen
- Rw3 Wicklungswiderstand der zweiten Bandfilterspule
- Cwvr Kapazität zwischen Rückkopplungsspule und zweiter Bandfilterspule
- Rv2 zusätzliche Kreisverluste des zweiten Bandfilterkreises
- CagA Gitter-Anodenkapazität des Anodengleichrichters
- RiA Innenwiderstand des Anodengleichrichters

Die mit „ant“ indizierten Bauteile simulieren die Antenne ([2] § 165). Der Widerstand Rsim ist nur für die Simulation notwendig, weil es PSpice nicht erlaubt, dass Bauelemente galvanisch „in der Luft hängen“; der Benutzer des Programmes wird gegebenenfalls, wie schon in Teil 1 [4] erwähnt, auf solche formalen Fehler aufmerksam gemacht. Der Antennen-Differential-Drehko ist durch C1/C2, die Röhren RV 12 P 2000 sind durch zwei spannungsgesteuerte Stromquellen G1 und G2 entsprechender Steilheit ersetzt.

Die DKE-MW-Spulen haben einen gemessenen Wicklungswiderstand von  $2,7 \Omega$  bei  $228 \mu\text{H}$ , abgewickelt um 15 Windungen [1] auf  $200 \mu\text{H}$  ist  $R_{w1} = R_{w2} = 2,5 \Omega$ . Die Kopplung beider Schwingkreise erfolgt im Ersatzschaltbild durch den linearen Trafo TX1 mit einer Kopplung  $k = 0,008$ , die mit PSpice „experimentell“ derart ermittelt wurde, dass bei der niedrigsten Frequenz, bei 500 kHz, ohne Rückkopplung die Kopplung kritisch ist (keine Höcker, maximale Spannung am zweiten Bandfilterkreis). Die Rückkopplung erfolgt über den Trafo TX2; hier beträgt die Kopplung 0.07, ebenfalls „experimentell“ ermittelt. Die Sekundärspulen von TX1 und TX2 bilden zusammen die zweite Schwingkreisinduktivität des Bandfilters von  $163 \mu\text{H} + 37 \mu\text{H} = 200 \mu\text{H}$ . Die DKE-Rückkopplungsspule hat eine gemessene Induktivität von  $37 \mu\text{H}$ . Die Kreisverluste, simuliert durch die Widerstände  $R_{v1} = R_{v2} = 200 \text{ k}\Omega$ , werden zur Vereinfachung als nicht frequenzabhängig angesehen.

Die Durchlasskurven für 500, 1000 und 1500 kHz von der Quelle Vant bis zum „Gitter“ der zweiten P 2000 wurden mit und ohne Rückkopplung mit PSpice gerechnet und gezeichnet. Zum Vergleich wurden auch die Durchlasskurven für nur einen Kreis ohne und mit Rückkopplung mit PSpice ermittelt. Da bei Anodengleichrichtung, wie in [1] vorgeschlagen, die Einstellung der Rückkopplung weit kritischer ist als bei Gittergleichrichtung ([3] § 15), wurde nur eine etwa fünffache Entdämpfung durch die Rückkopplung angenommen (bei Audiogleichrichtung wird mit zehnfacher Entdämpfung gerechnet). Die Durchlasskurven zeigen die Bilder 2, 3 und 4.

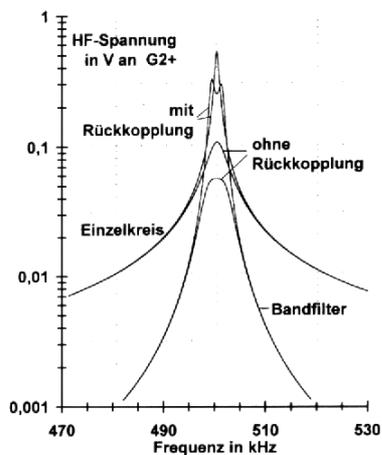


Bild 2: HF-Durchlasskurven bei 500 kHz

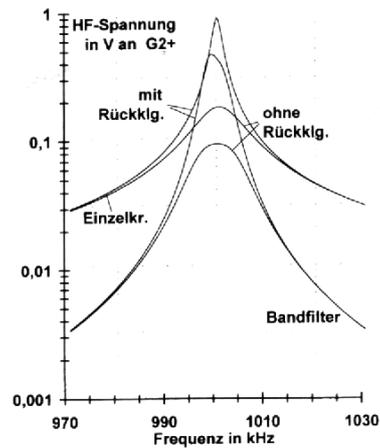


Bild 3: HF-Durchlasskurven bei 1000 kHz

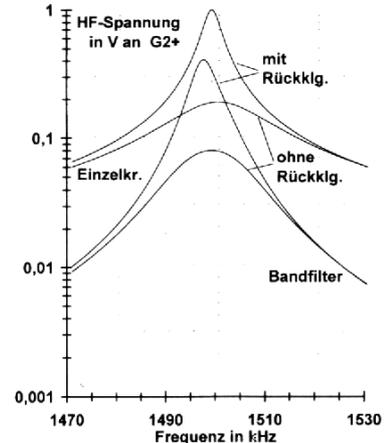


Bild 4: HF-Durchlasskurven bei 1500 kHz

Es wird deutlich,

- dass Trennschärfe und Bandbreite gegenüber dem entsprechenden Einkreis erheblich verbessert sind, dass insbesondere die Fernabselektion wesentlich verbessert ist
- dass durch die Rückkopplung im Bereich niedriger Frequenzen (um 500 kHz) Höcker ungleicher Höhe entstehen

- dass im Bereich mittlerer Frequenzen (um 1000 kHz) die Durchlasskurve durch die Rückkopplung verzerrt wird
- dass im Bereich hoher Frequenzen (um 1500 kHz) mit Rückkopplung keine Höcker mehr zu erkennen sind und
- dass hier die Bandmittenfrequenz durch die Rückkopplung in Richtung niedriger Frequenzen verschoben wird.

Die Unsymmetrien werden hervorgerufen durch die Kapazität  $C_{wv}$  zwischen Rückkopplungsspule und zweiter Bandfilterspule, wie sich leicht durch Verändern der Größe dieser Kapazität zeigen lässt, eine unangenehme Eigenschaft aller rückgekoppelten Bandfilterschaltungen.

Für die Bastler der Nachkriegszeit (der Autor gehört auch dazu) war die Schaltung, wie auch diese Untersuchung zeigt, fast „der Stein der Weisen“, wenn, ja wenn man glücklicher Besitzer der benötigten Bauteile war und wenn man das Glück hatte, einen Blick in die in nur kleiner Auflage erscheinende FUNKSCHAU werfen zu dürfen - siehe [1]!

## Literatur

[1] *Beier, A.:* *Otto Limanns* Bandfilter-Zweikreiser. FUNKGESCHICHTE, Nr. 114 (1997), S. 175 ff

[3] *Barkhausen, H.:* Lehrbuch der Elektronenröhren. 4. Band: Gleichrichter und Empfänger. Hirzel, Leipzig 1950

[4] *Pitsch, H.:* Lehrbuch der Funkempfangstechnik. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950

[5] *Kull, W.:* Der Limann-Bandfilter-Zweikreiser. FUNKGESCHICHTE, Nr.120 (1998), S. 166 ff.