

Bei der Optimierung der ZF-Eingangskaskode wurde auch mal rein aus Neugier die Eingangsanpassung des dahinter liegenden PIN-Diodenabschwächers gemessen - mit einem niederschmetternden Ergebnis. Das Eingangs-SWR lag bei hoher Abschwächung weit über 4. Um das näher zu untersuchen, musste wieder ein fliegender Testaufbau auf Lochrasterplatte her.

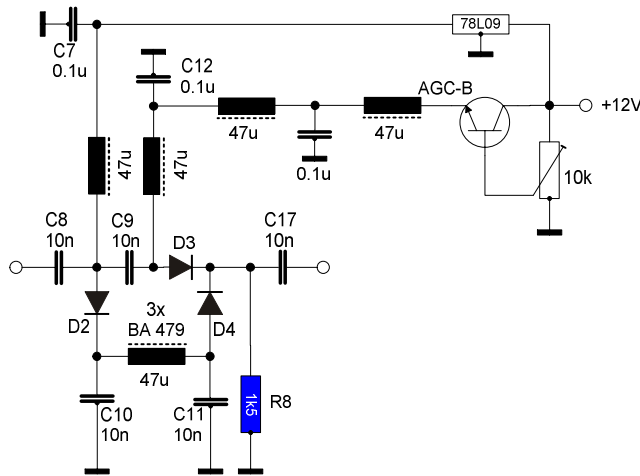


Abb. 1: Testschaltung mit bedrahteten PIN-Dioden BA479.

Gemessen wurden die Abschwächung und das Eingangs-SWR in Abhängigkeit der Steuerspannung AGC-B mit dem FA-NWT. Die BA479 sind äquivalent mit den im ZF-Verstärker verbauten SMD-Ausführungen BA679.

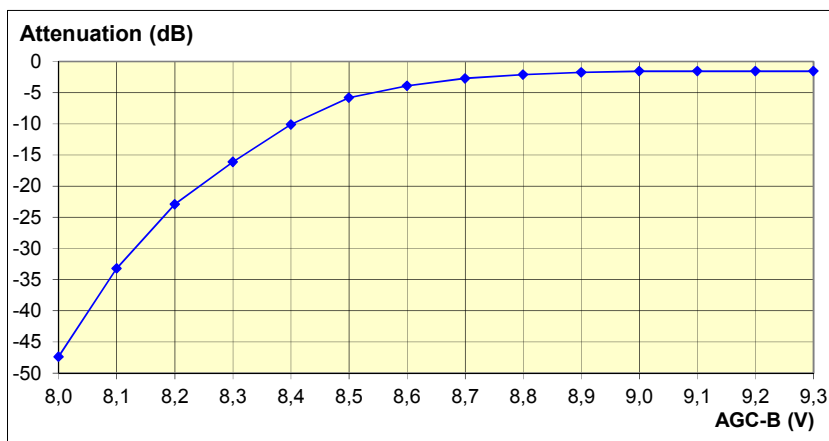


Abb. 2: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 1,5kΩ.

Die Grunddämpfung bei hoher Steuerspannung ist 1,6dB. Der Frequenzverlauf ist glatt bis 30MHz, unterhalb von ca. 3MHz schwächelt er mit zunehmender Dämpfung.

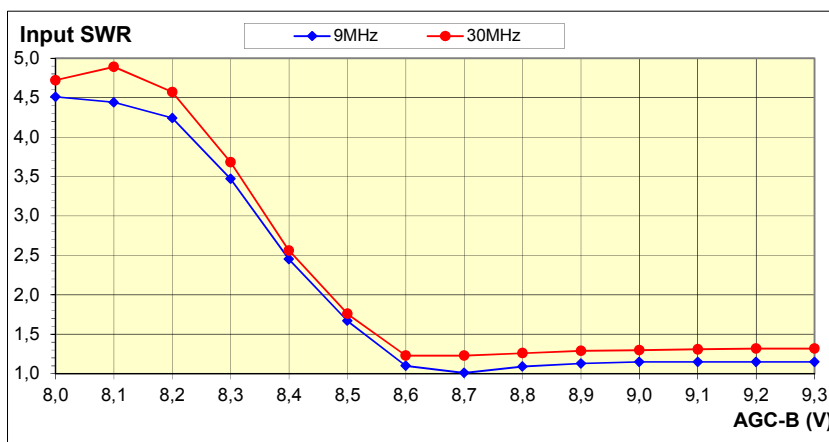


Abb. 3: Eingangs-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 1,5kΩ.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,15 (9MHz) und 1,32 (30MHz), Variationsbereich 3,50 (9MHz).

Als einzige Variable erscheint der Widerstand R8 (blau in Abb. 1). Er bestimmt den Diodenstrom und damit die Regelung der HF-Spannung. Er wurde also variiert.

**1 "Blauer Widerstand" R8 = 2,7kΩ**

Messungen wie oben für R8 = 2,7kΩ.

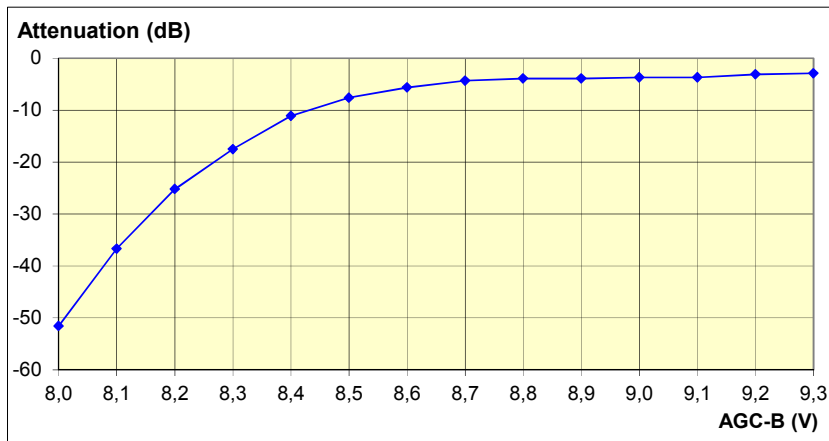


Abb. 4: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 2,7kΩ.

Die Grunddämpfung bei hoher Steuerspannung ist 3,1dB.

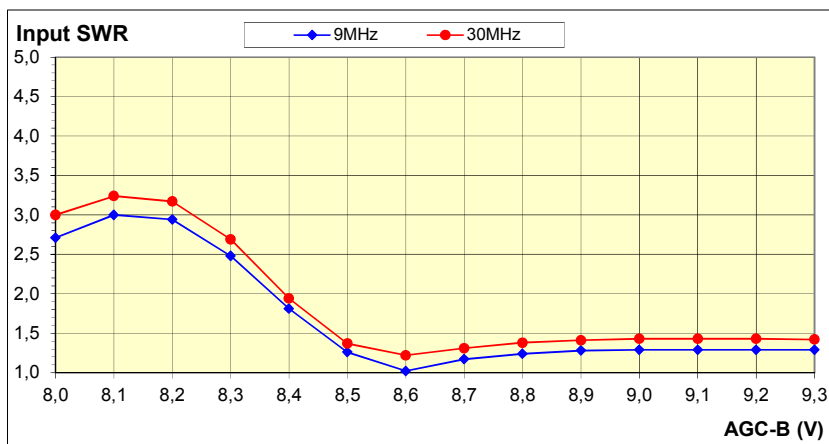


Abb. 5: Eingangs-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 2,7kΩ.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,29 (9MHz) und 1,42 (30MHz), Variationsbereich 1,98 (9MHz).

**2 "Blauer Widerstand" R8 = 3,3kΩ**

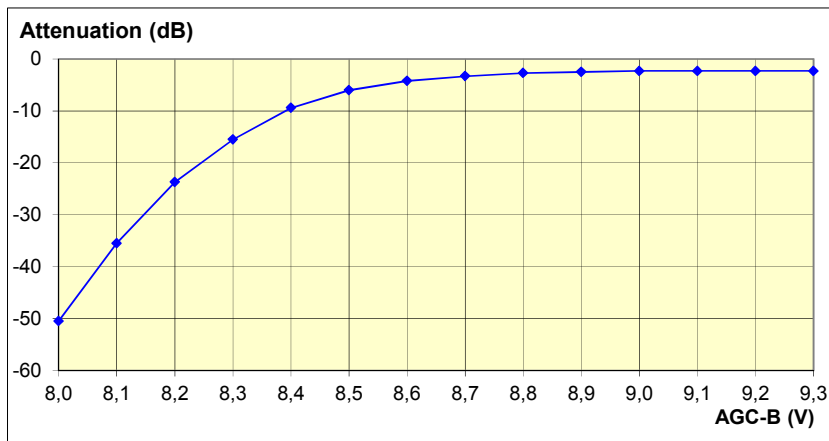


Abb. 6: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 3,3kΩ.

Die Grunddämpfung bei hoher Steuerspannung ist 2,3dB.

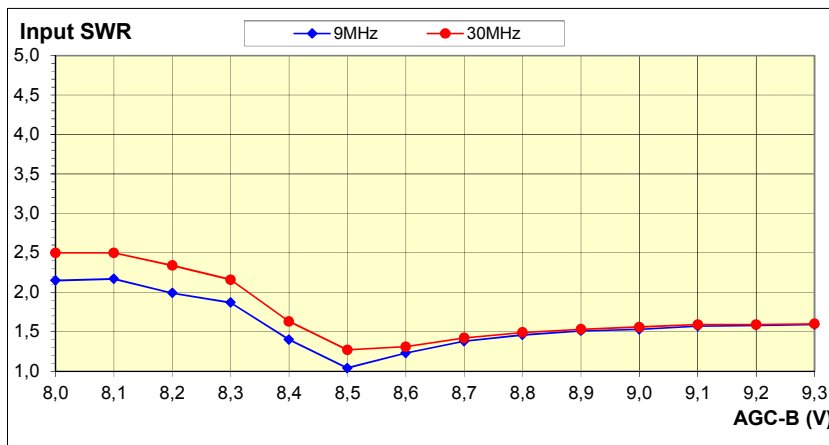


Abb. 7: Eingangs-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 3,3kΩ.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,59 (9MHz) und 1,60 (30MHz), Variationsbereich 1,13 (9MHz).

### 3 "Blauer Widerstand" R8 = 4,7kΩ

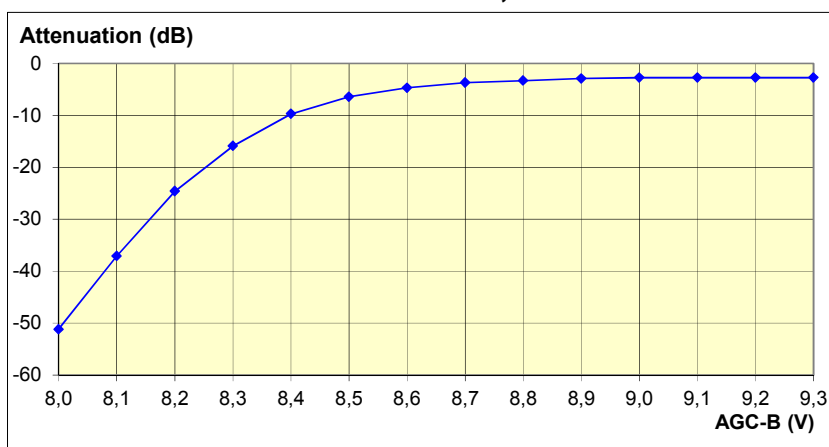


Abb. 8: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 4,7kΩ.

Die Grunddämpfung bei hoher Steuerspannung ist 2,7dB.

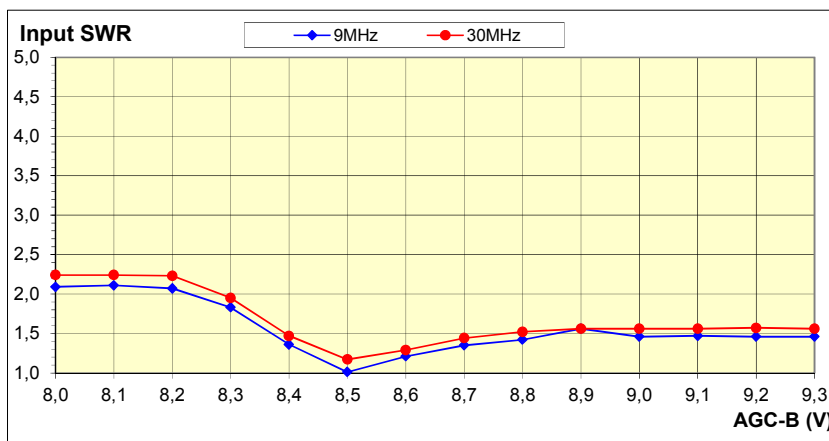


Abb. 9: Eingangs-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R8 = 4,7kΩ.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,46 (9MHz) und 1,56 (30MHz), Variationsbereich 1,10 (9MHz).

### 4 Fazit bis hierher

Der kleine Wert von 1,5kΩ für R8 bewirkt infolge eines höheren Diodenstroms zwar eine geringere Grunddämpfung, ruiniert dabei aber das Eingangs-SWR bei hoher Abschwächung. Ein Wert von 3,3kΩ erhöht die Grunddämpfung um 0,7 auf 2,3dB, halbiert dafür das schlechteste Eingangs-SWR bei hoher Dämpfung auf ca. 2,2 bei 9MHz. Das scheint ein guter Kompromiss zu sein.

Was noch festgestellt wurde:

- Eine Drossel in Serie mit R8 zeigte keinerlei Wirkung. Im Vergleich zur Systemimpedanz  $50\Omega$  ist  $1,5k\Omega$  oder mehr für HF ausreichend hochohmig.
- Die Ausgangslast -  $50\Omega$  oder offen - hat bei hoher Dämpfung keinen sichtbaren Einfluss auf das Eingangs-SWR, bei geringer Dämpfung - Diode D3 ist niederohmig - aber schon.

## 5 Noch eine Variante

Der "blaue Widerstand" R8 bestimmt bei hoher Steuerspannung AGC-B den Diodenstrom durch die Längsdiode D3 und damit die Grunddämpfung. Um diese möglichst gering zu halten, in der Ausgangsschaltung nach Abb. 1  $1,6\text{dB}$ , sollte der Strom durch R8 ca.  $8\dots 9\text{mA}$  betragen. Das ist mit  $R8=1,5k\Omega$  der Fall.

Mit abnehmender Steuerspannung AGC-B bezogen auf die feste Vorspannung  $9\text{V}$  werden die Shunt-Dioden D2 und D4 zunehmend niederohmig bis weit unter  $50\Omega$ . Ergebnis ist die schlechte Ein- und Ausgangsanpassung.

Werner, DC4KU, schlug vor, eine  $50\Omega$ -Anpassung mit je einem  $50\Omega$ -Widerstand in Serie mit den Dioden D2 und D4 zu erzwingen.

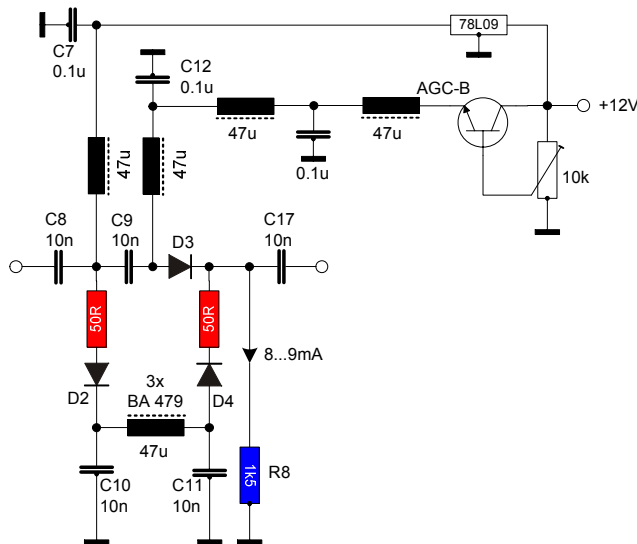


Abb. 10: Zusatzbeschaltung von D2 und D4 mit  $50\Omega$  (rot).

Werner und ich haben diese Variante durchgemessen. Hier meine Ergebnisse mit je  $47\Omega$ .

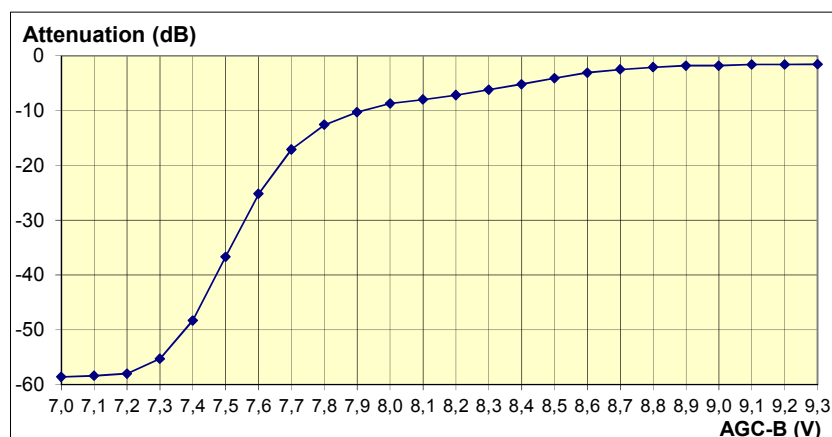


Abb. 11: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B.

Um eine Maximalabschwächung von  $>50\text{dB}$  zu erreichen, muss der Spannungshub von AGC-B um ca.  $0,7\text{V}$  erhöht werden. Die Grunddämpfung bei hoher Steuerspannung ist wieder  $1,6\text{dB}$ .

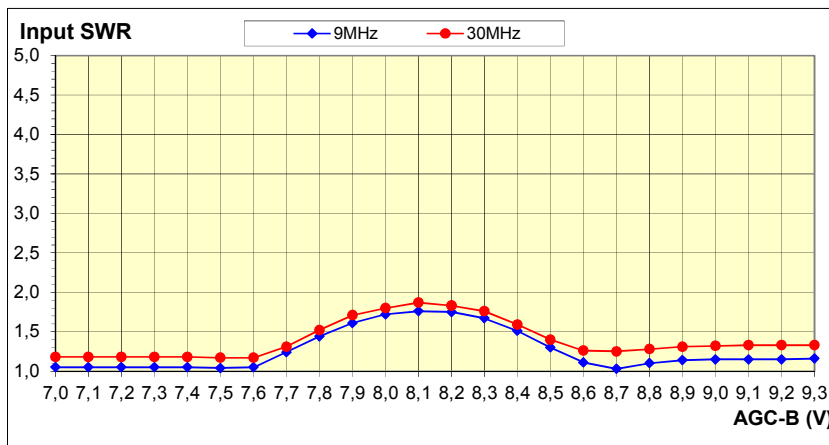


Abb. 12: Eingang-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,16 (9MHz) und 1,33 (30MHz), bei Maximaldämpfung 1,05 (9MHz) und 1,18 (30MHz), Variationsbereich 0,73 (9MHz). Maximales SWR 1,76 (9MHz) bei AGC-B = 8,1V.

### 6 So schnell geben die Preußen nicht auf

Wieder ist Werner eine weitere Verbesserung im Hinblick auf das SWR zu verdanken.

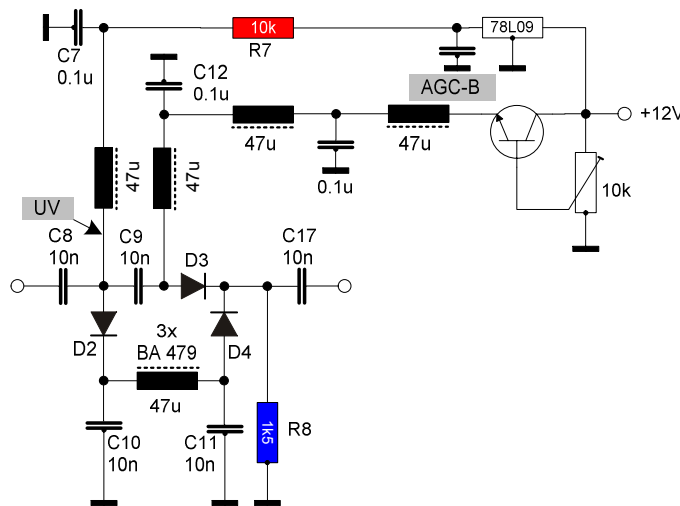


Abb. 13: Zusatzbeschaltung der 9V-Vorspannung mit R7 (rot).

Werden die beiden Shunt-Dioden D2 und D4 nicht von der mit 9V festgelegten Vorspannung UV gespeist, sondern variabel mit einer je nach Diodenstrom um den Spannungsabfall am neuen Widerstand R7 (rot in Abb. 13) verminderten Spannung, sollte deren vorschnelles Aufsteuern reduziert werden können. In der Folge sollte sich das SWR verbessern.

Aus Vorversuchen zeigte sich, dass der Effekt auf das SWR bei einer Regelspannung AGC-B von ca. 4V maximal ist. Mit R7 = 10kΩ ergab sich hier ein SWR von ca. 1,5.

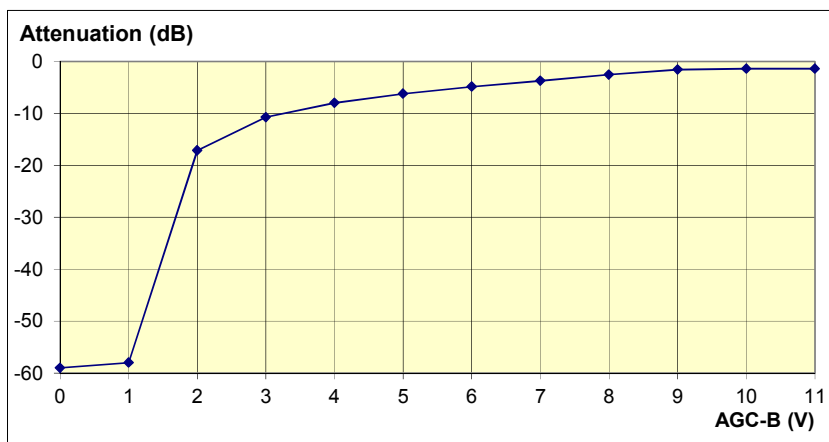


Abb. 14: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R7 = 10kΩ.

Um eine Maximalabschwächung von >50dB zu erreichen, muss der Spannungshub von AGC-B deutlich nach unten erweitert werden. Der Dämpfungsverlauf am unteren Ende ist wesentlich steiler. Die Grunddämpfung bei hoher Steuerspannung ist 1,4dB.

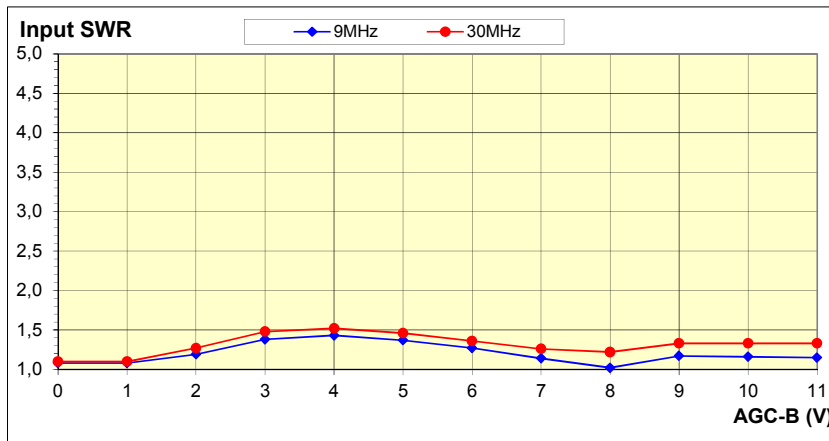


Abb. 15: Eingangs-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R7 = 10kΩ.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,15 (9MHz) und 1,33 (30MHz), bei Maximaldämpfung 1,08 (9MHz) und 1,10 (30MHz), Variationsbereich 0,41 (9MHz). Maximales SWR 1,43 (9MHz) bei AGC-B = 4V.

Blieb noch die Frage, ob der im Vergleich zur Originalschaltung (Abb. 2) steile Dämpfungsabfall mit einem kleineren R7 etwas zu verflachen ist. Dabei wäre dann ein höheres SWR in Kauf zu nehmen. Im folgenden Versuch wurde R7 mit 7,5kΩ bemessen.

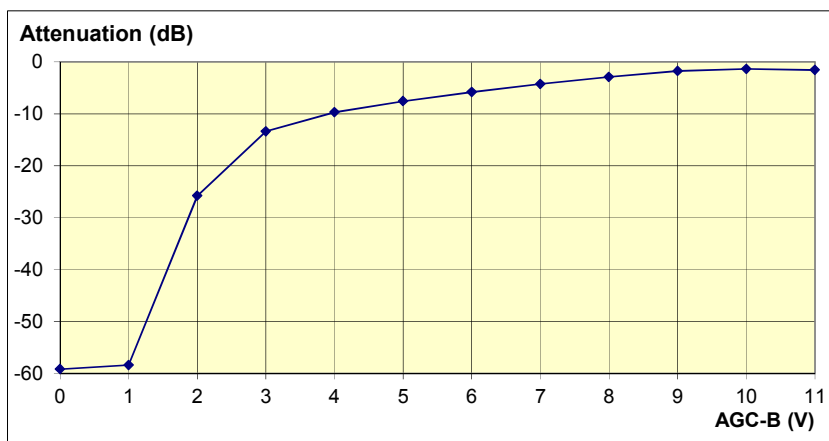


Abb. 16: Abschwächung als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R7 = 7,5kΩ.

Mit R7 = 7,5kΩ wird die abfallende Flanke weniger steil...

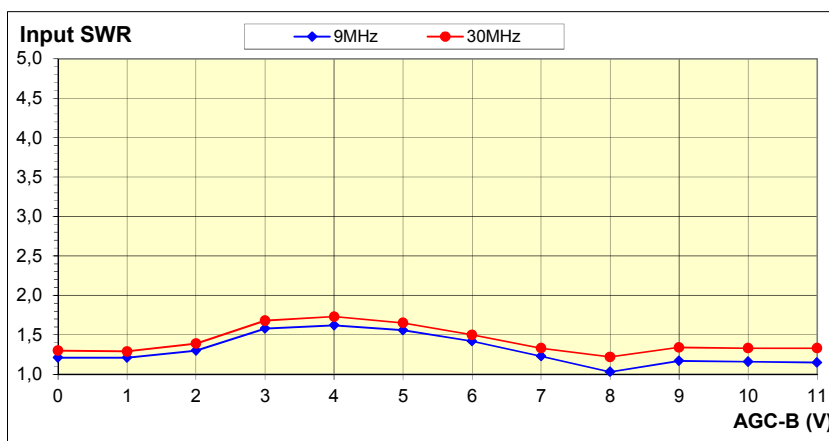


Abb. 17: Eingangs-SWR als Funktion der Steuerspannung AGC-B. R7 = 7,5kΩ.

... das wird mit einem etwas schlechteren SWR erkauf.

SWR bei Minimaldämpfung: 1,15 (9MHz) und 1,33 (30MHz), bei Maximaldämpfung 1,21 (9MHz) und 1,30 (30MHz), Variationsbereich 0,59 (9MHz). Maximales SWR 1,62 (9MHz) bei AGC-B = 4V.

Nachfolgend noch typische Frequenzgänge für Dämpfung und Eingangs-SWR der Variante R7 = 7,5kΩ.

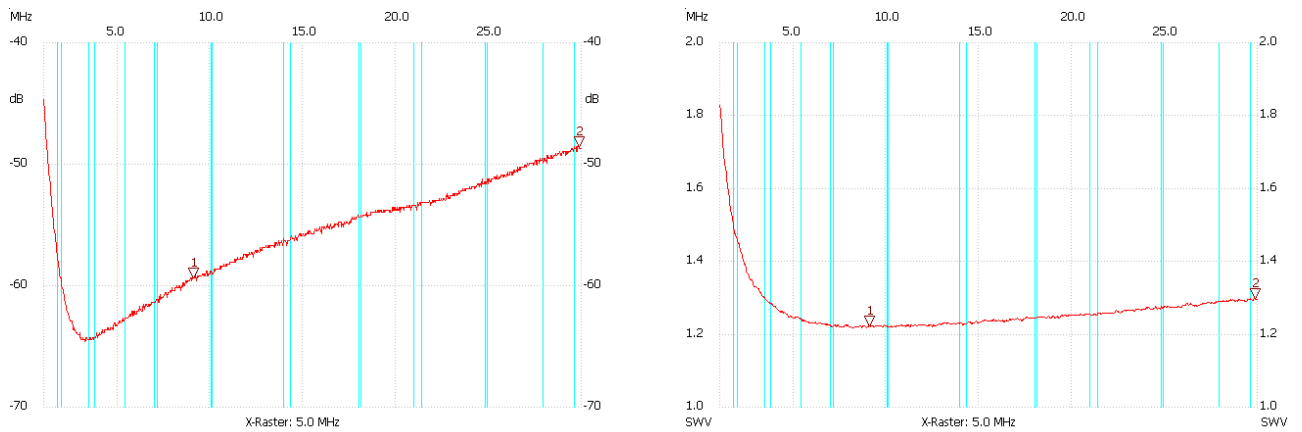


Abb. 18: Durchgangsdämpfung (links) und SWR (rechts) für AGC-B = 0V, R7 = 7,5kΩ.

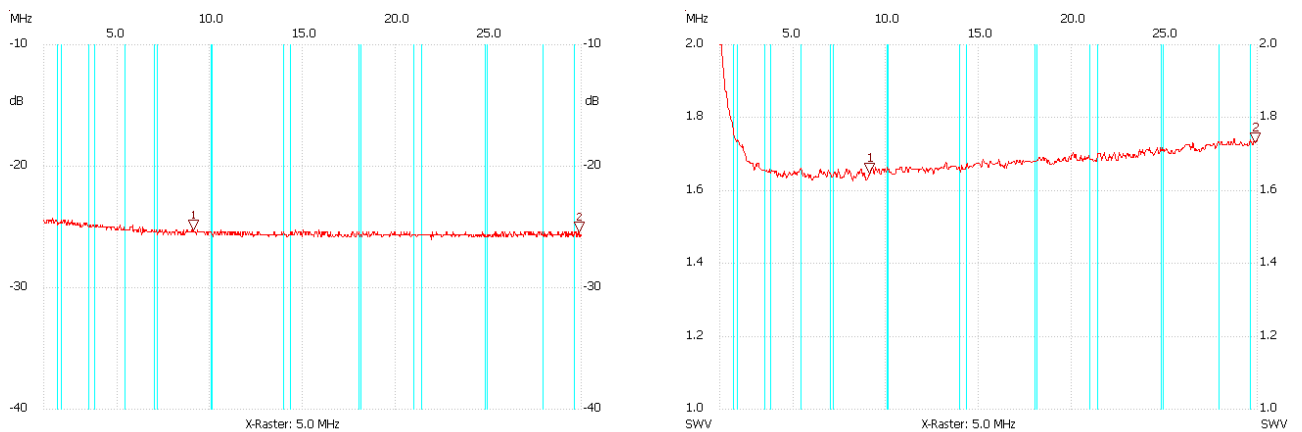


Abb. 19: Durchgangsdämpfung für AGC-B = 2V und max. SWR für AGC-B = 4V, R7 = 7,5kΩ.

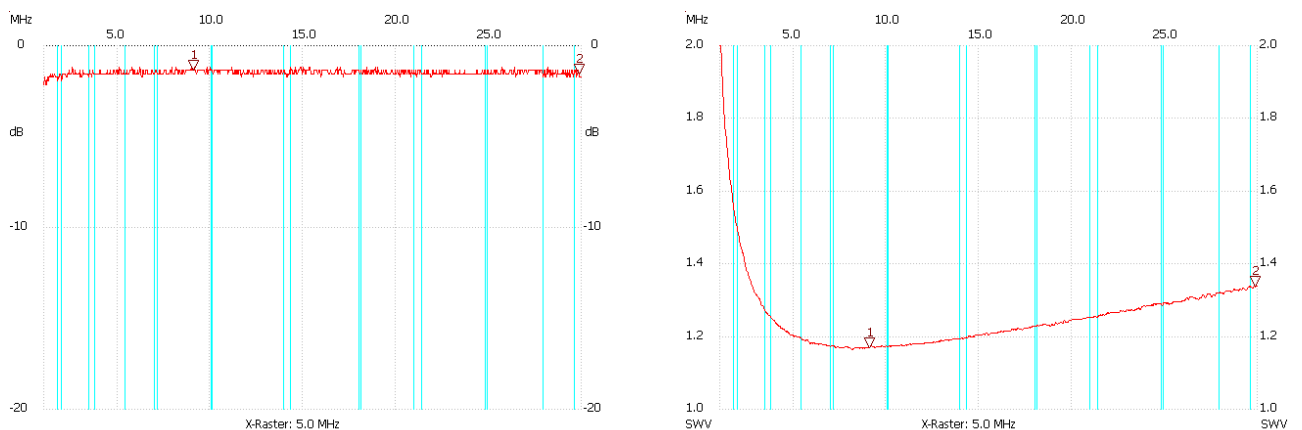


Abb. 18: Durchgangsdämpfung und SWR für AGC-B = 10V, R7 = 7,5kΩ.

## 7 Fazit

- Der SWR-Verlauf der Originalschaltung (Abb. 1) ist bei hoher Dämpfung grotzenschlecht. Mit einer Reduzierung des Diodenstroms bei vergrößertem R8 lässt sich das maximale SWR in den Bereich von etwa 2 reduzieren. Befriedigend ist das nicht.
- Das Einfügen von 50Ω-Widerständen in Serie mit den Shunt-Dioden (Abb. 10) verbessert das SWR bei geringer und hoher Dämpfung deutlich auf max. 1,2. Es verbleibt aber in der Mitte des Dämpfungsverlaufs ein SWR-Hügel von bis zu 1,76 bei 9MHz. Der Hub der Regelspannung muss um ca. 1V nach unten hin gegenüber dem Original erweitert werden.
- Bei der dritten Variante, Abb. 13, bleibt das SWR über den gesamten Dämpfungsverlauf zwischen 1,02 und 1,43 (9MHz) mit dem höheren R7 = 10kΩ (experimentell ermitteln!). Die abfallende Dämpfungsflanke wird sehr steil. Der notwendige Hub der Regelspannung muss deutlich nach unten gegenüber dem Original erweitert werden.

Bei den Varianten b und c, insbesondere aber c, ist ggf. im AGC-Verstärker IC3a (Abb. 2.6.3 im Website-Artikel) die Gegenkopplung mit R14 für einen ausreichenden Spannungshub anzupassen, gefolgt von einer Nachjustierung von P3 für maximale AGC-B.

Die hier mit 9V gewählte feste Vorspannung ergab sich aus dem Regelbereich des AGC-OpAmp. Für andere Bereiche der Regelspannung muss sie entsprechend gewählt werden, um bei maximaler Regelspannung eine minimale Einfügedämpfung zu gewährleisten (ca. 1...2V unterhalb der maximalen Regelspannung).

Die fast identischen Messergebnisse für 30MHz zeigen auch einen möglichen Einsatz bei höheren Zwischenfrequenzen, etwa 21,4MHz, auf.

Was nicht untersucht wurde, da hierzu ein komplett neuer Aufbau des ZF-Verstärkers notwendig wäre, ist ein voll symmetrischer Abschwächer mit insgesamt **vier PIN-Dioden**, wie er in der AVAGO Application Note 1048, [www.avagotech.com/docs/5966-0449E](http://www.avagotech.com/docs/5966-0449E), gezeigt wird. Figure 7 verspricht zumindest deutlich bessere Daten in Bezug auf SWR/Return Loss. Mit nunmehr zwei PIN-Dioden im Signalweg wird die Grunddämpfung aber deutlich höher sein, wohl etwa um den Faktor zwei.