

Pilottonfilter

Aktive Filter mit der Software AktivFilter 3 entwerfen – ein Beispiel



Hinweis:

Dieses Beispiel ist nur mit der Professional Edition und der Personal Edition von AktivFilter 3 nachvollziehbar.

1 Inhaltsverzeichnis

1 Inhaltsverzeichnis.....	2
2 Aufgabe.....	3
3 Spezifikation.....	3
4 Der erste Entwurf.....	4
5 Ein verbessertes Design.....	6
6 Das Ergebnis speichern.....	9
7 Die Spezifikation speichern.....	11
8 Die Spezifikation laden.....	11

2 Aufgabe

Es soll ein **Bandpassfilter** entworfen werden, um den **Pilotton** (Frequenz: **19 kHz**), der zur Übertragung eines Stereosignals im UKW-Rundfunk verwendet wird, im Vergleich zum NF-Signal anzuheben. Eine solche Filterschaltung wird benötigt, wenn der Pilotton z.B. als Referenzsignal für Frequenzzähler, Sender etc. genutzt werden soll und lediglich ein herkömmlicher UKW-Rundfunkempfänger zur Verfügung steht.

Die Frequenz des Pilottons wird senderseitig sehr konstant auf 19 kHz gehalten, so dass sich dieses Signal sehr gut für Mess- und Abgleichzwecke eignet. Den Anteil des Pilottones kann man beispielsweise am Lautsprecherauszug eines üblichen UKW-Radios nachweisen. Zur Nutzung des Pilottonsignals ist es erforderlich, dieses mit Hilfe eines Bandpasses wesentlich stärker anzuheben, als die niederfrequenten Anteile. Ein solches Bandpassfilter soll hier mit Hilfe der Software AktivFilter 3 von [SoftwareDidaktik](#) dimensioniert werden.

3 Spezifikation

Der zu entwerfende Bandpass soll folgende Anforderungen erfüllen:

- Die **Mittenfrequenz** soll **19 kHz** betragen.
- Die **Güte** soll möglichst hoch sein, um den Pilotton möglichst stark im Vergleich zum NF-Signal anzuheben. In der Praxis zeigt sich, dass es oft problematisch ist, ein aktives Bandpassfilter mit einer Güte von wesentlich mehr als 25 aufzubauen, da es zum Schwingen neigt. Daher soll die Güte den Wert 25 haben. Daraus ergibt sich für das zu realisierende Filter eine **Bandbreite B** von:
$$B = f / Q = 19 \text{ kHz} / 25 = \mathbf{760 \text{ Hz}}$$
- Die **Ordnung** soll zwei betragen, damit eine Realisierung mit einem einzigen Operationsverstärker möglich ist.
- Die **Verstärkung der Mittenfrequenz** soll etwa 100 betragen, also **40 dB**. Diese Festlegung beruht auf der Annahme, dass der Pilotton mit etwa 10 mV zur Verfügung steht und für eine weitere Bearbeitung, z.B. mit einer PLL, ein Ausgangssignal von etwa 1 V wünschenswert ist.
- Die **Eingangsimpedanz** soll größenordnungsmäßig etwa **10 kOhm** betragen, jedoch darf der Wert auch niedriger sein.
- Die **Widerstandswerte** sollen aus der Reihe **E48** stammen.
- Es soll der **Operationsverstärker LF411** eingesetzt werden, weil er bei 19 kHz die geforderte Verstärkung bietet und sehr preiswert ist.

4 Der erste Entwurf

Sie starten AktivFilter 3 und rufen den Menüpunkt **DATEI, NEUES FILTER, BANDPASS MIT MEFACHGEGENKOPPLUNG** auf. Im Dialog machen Sie folgende Eingaben:

Bandpass mit Mehrfachgegenkopplung

Ordnung (2..30, gerade):

Mittelfrequenz [Hz]:

Verstärkung [dB]:

Bandbreite [Hz]:

Eingangsimpedanz [Ohm]:

Widerstandswerte

E12-Reihe

E24-Reihe

E48-Reihe

E96-Reihe

R2 kein Normwert

Charakteristik (falls Ordnung >= 4)

Bessel

Butterworth

Tschebyscheff

Welligkeit [dB]:
(0,01 ... 20)

Verteilung der Verstärkung

Alle Stufen mit gleicher Verstärkung

Stufenverstärkung abhängig von Q

Kapazitätswerte

vorgeben

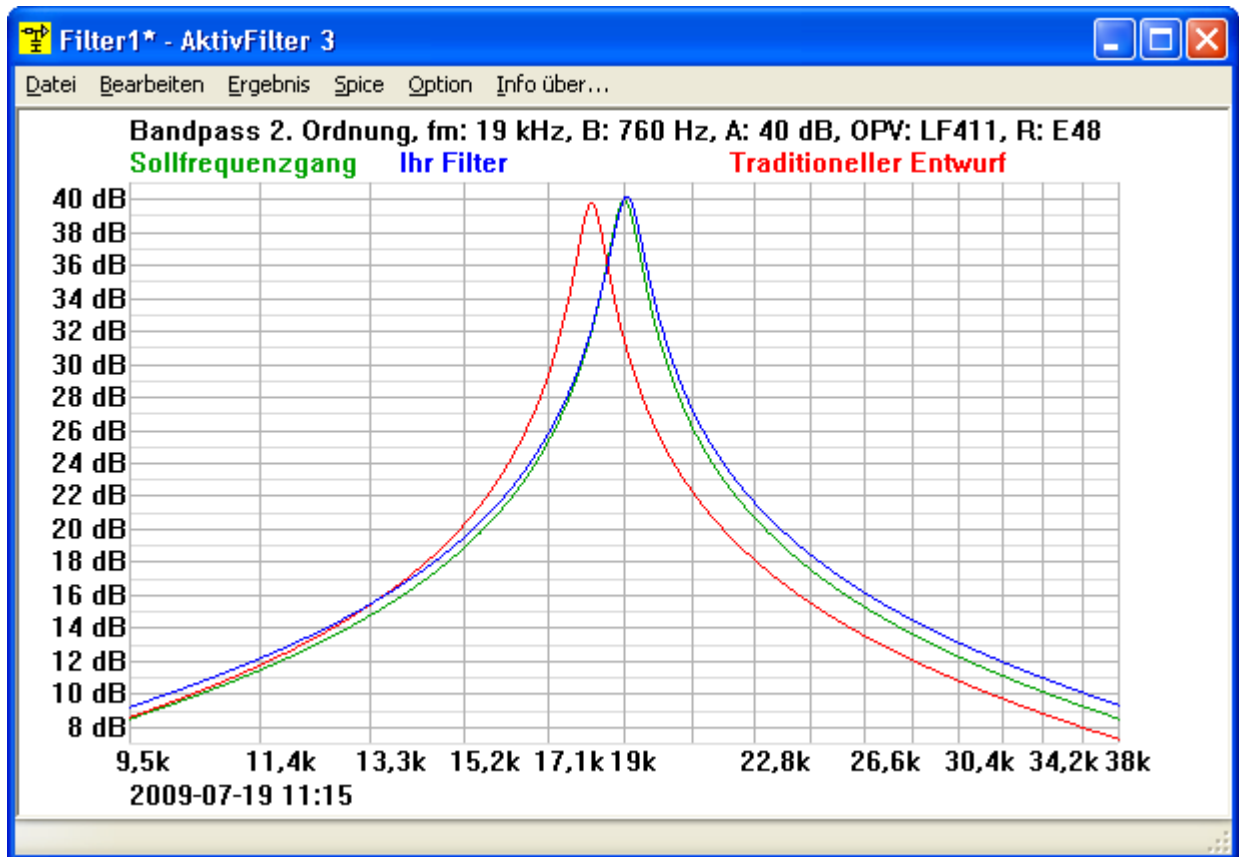
optimieren

Operationsverstärker

- HA-5137
- HA-5147
- HA-5190
- HA-5221
- HA-5222
- HA17082
- HA17083
- HA17084
- HA17558
- HA17741
- LF351
- LF353
- LF356
- LF357
- LF411**
- LF412
- LF441
- LF442
- LF444
- LF451
- LM107
- LM118
- LM124
- LM139
- LM148
- LM158
- LM193
- LM218

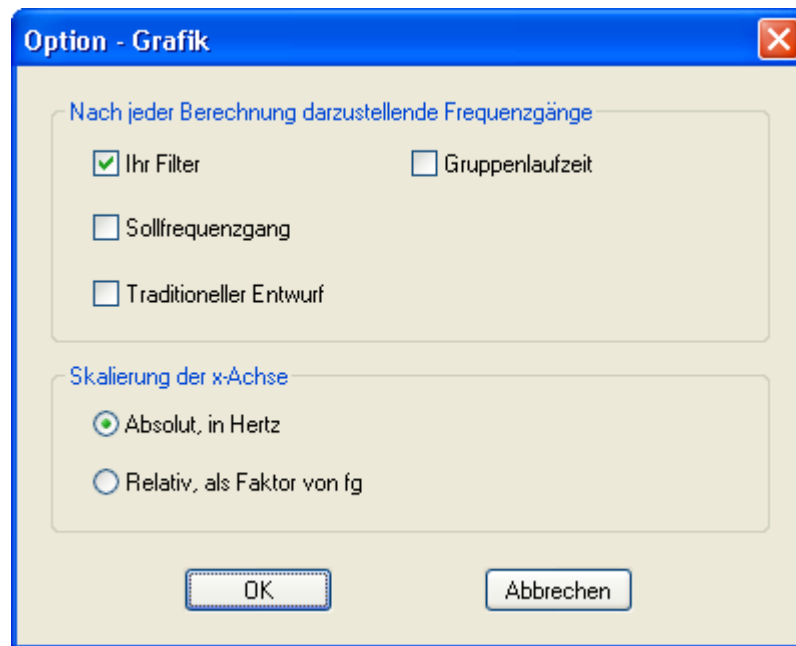
Die Kapazitätswerte sollen vorerst vom Programm optimiert werden, daher wählen Sie in diesem Dialog **KAPAZITÄTSWERTE OPTIMIEREN**.

Wenn Sie alles wie dargestellt eingegeben haben, klicken Sie auf **OK**. Die Berechnung wird gestartet und nach einiger Zeit sehen Sie den Amplituden-Frequenzgang Ihres Ergebnisses:

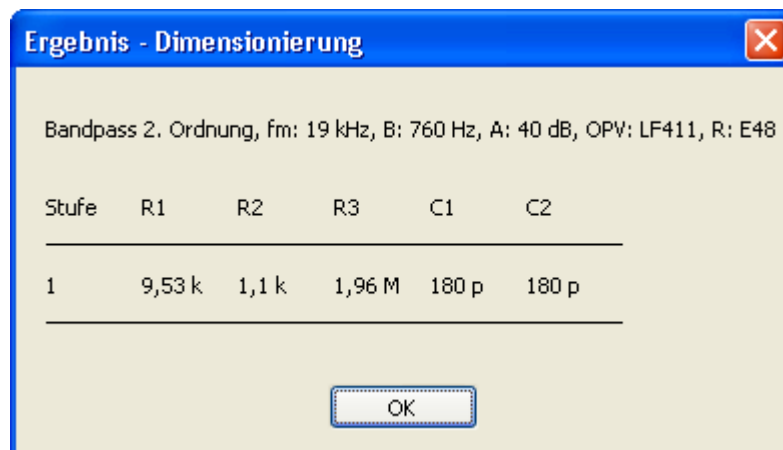


Der Sollfrequenzgang ist im Bild grün dargestellt. Der im Bild rot dargestellte traditionelle Entwurf berücksichtigt den Einfluss der OPV-Eigenschaften nicht. Blau dargestellt ist das Ergebnis der Rechenarbeit von AktivFilter 3: Das auf den Operationsverstärker abgestimmte Filter. Sie erkennen, dass der OPV einen mäßigen Einfluss hat, der zu dem relativ schlechten Ergebnis des traditionellen Entwurfs führt. Sie erkennen ferner, dass AktivFilter 3 in der Lage ist, das zu dimensionierende Filter nahezu ideal auf den OPV abzustimmen.

Der Übersichtlichkeit halber wollen wir jetzt die Darstellung des traditionellen Entwurfs und des Sollfrequenzgangs abschalten. Wählen Sie hierzu den Menüpunkt **OPTION, GRAFIK**. Entfernen Sie die Häkchen an den Feldern **SOLLFREQUENZGANG** und **TRADITIONELLER ENTWURF**. Schließen Sie den Dialog mit **OK**. Jetzt sehen Sie nur noch die blaue Kurve, die Ihr entworfenes Filter darstellt.



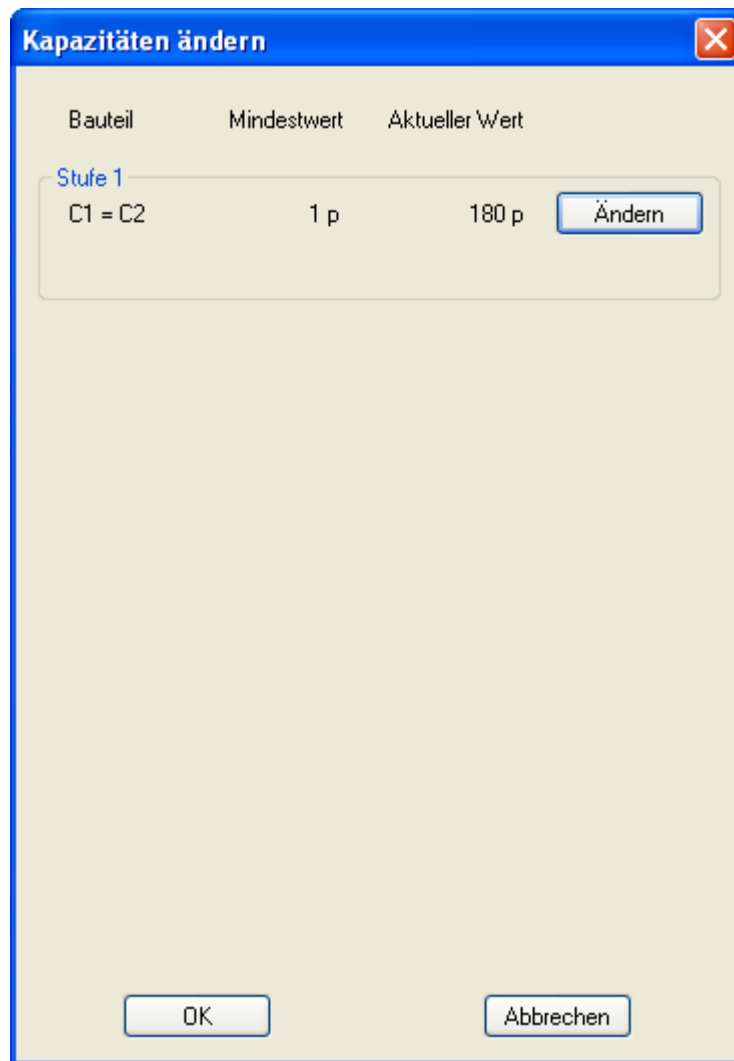
Öffnen Sie jetzt den Menüpunkt **ERGEBNIS, DIMENSIONIERUNG**, um das Berechnungsergebnis zu inspizieren:



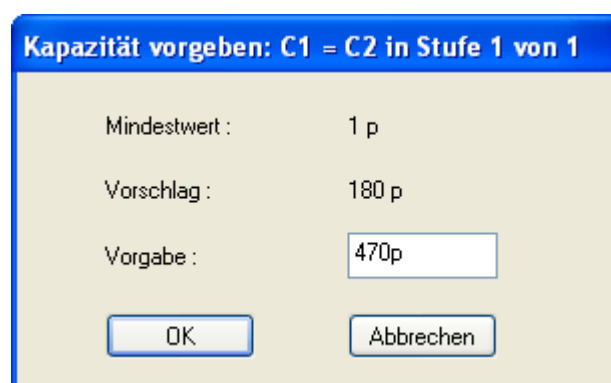
Was Ihnen möglicherweise nicht gefällt, ist der große Wert von R3 und die relativ kleinen Werte der Kapazitäten. Wie Sie gleich sehen werden, können Sie dies schnell und einfach korrigieren. Schließen Sie hierzu zunächst den Ergebnis-Dialog mit **OK**.

5 Ein verbessertes Design

Wählen Sie nun den Menüpunkt **BEARBEITEN, KAPAZITÄTEN ÄNDERN**. Der im folgenden Bild dargestellte Dialog öffnet sich:

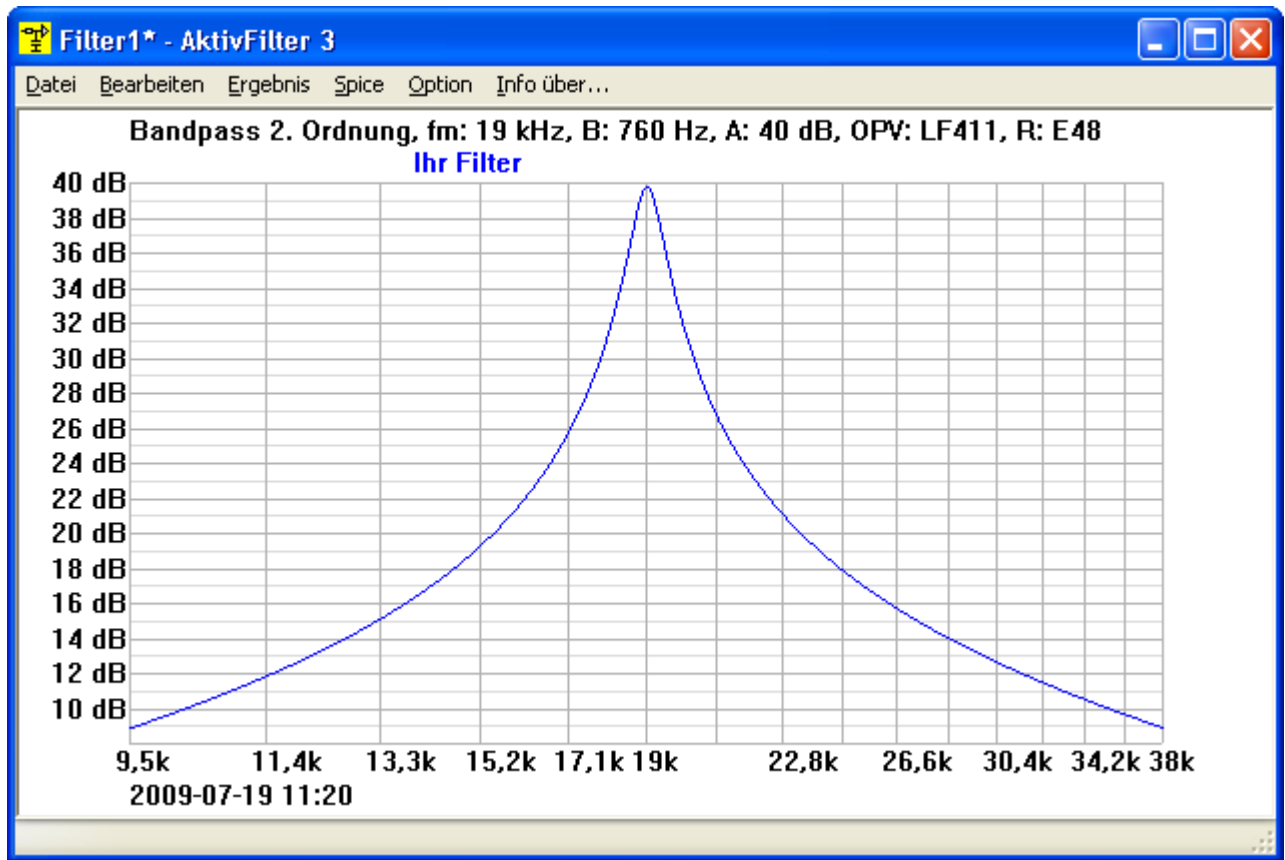


Klicken Sie jetzt auf den Knopf **ÄNDERN**. Im nun erscheinenden Dialog „Kapazität vorgeben“ können Sie den neuen Wert der beiden Kapazitäten vorgeben. Geben Sie hier einfach **470p** ein:



Klicken Sie dann auf **OK**, um diesen Dialog zu schließen. Sie sehen wieder den vorherigen Dialog, in dem jetzt der aktuelle Wert von C1=C2 in 470 p geändert angezeigt wird. Schließen Sie diesen Dialog durch Anklicken von **OK**.

Nachdem die Berechnung abgeschlossen ist, wird abermals das Ergebnis dargestellt:



Eine Inspektion der Dimensionierung zeigt jetzt Bauteilwerte, die Ihnen zusagen sollten:

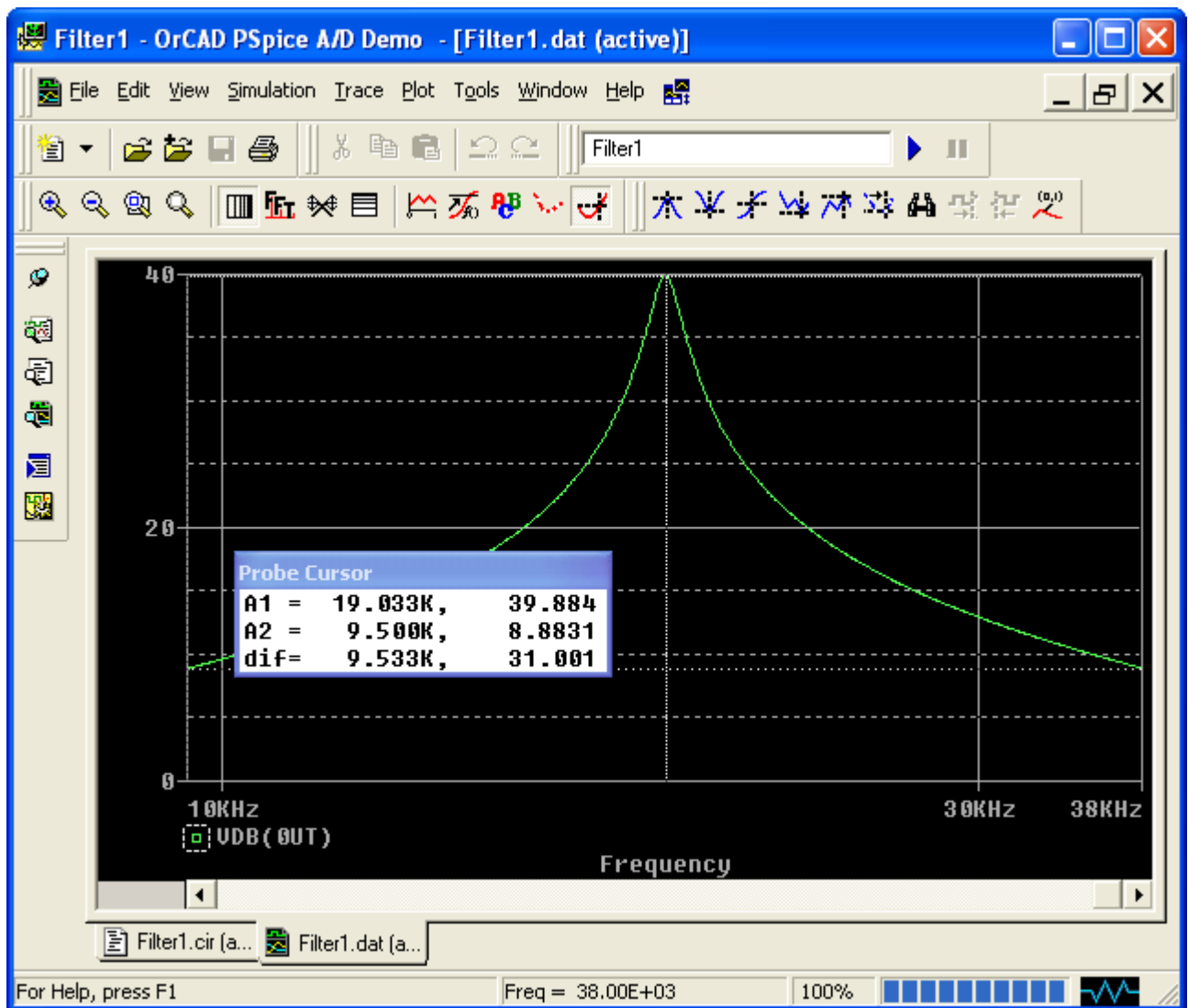
Ergebnis - Dimensionierung

Bandpass 2. Ordnung, fm: 19 kHz, B: 760 Hz, A: 40 dB, OPV: LF411, R: E48

Stufe	R1	R2	R3	C1	C2
1	3,83 k	422	750 k	470 p	470 p

OK

Schließen Sie diesen Dialog mit **OK** und klicken Sie dann auf **SPICE, AMPLITUDENGANG IN dB**. Wählen Sie in PSpice den Menüpunkt **SIMULATION, RUN** oder klicken Sie einfach auf den blauen nach rechts zeigenden Pfeil unterhalb der Menüleiste. Wenn Sie im anschließend erscheinenden PROBE-Fenster den Cursor einschalten und das Maximum suchen lassen, erhalten Sie folgendes Ergebnis:



Die Mittenfrequenz des Filters beträgt also 19,033 kHz. Das ist ein vollauf überzeugendes Ergebnis, da die Bandbreite des Filters $B = f_m / Q = 19 \text{ kHz} / 25 = 760 \text{ Hz}$ beträgt. Damit liegt die Mittenfrequenz des Filters sehr dicht an der Frequenz des zu filternden Pilottons.

Beenden Sie jetzt PSpice.

6 Das Ergebnis speichern

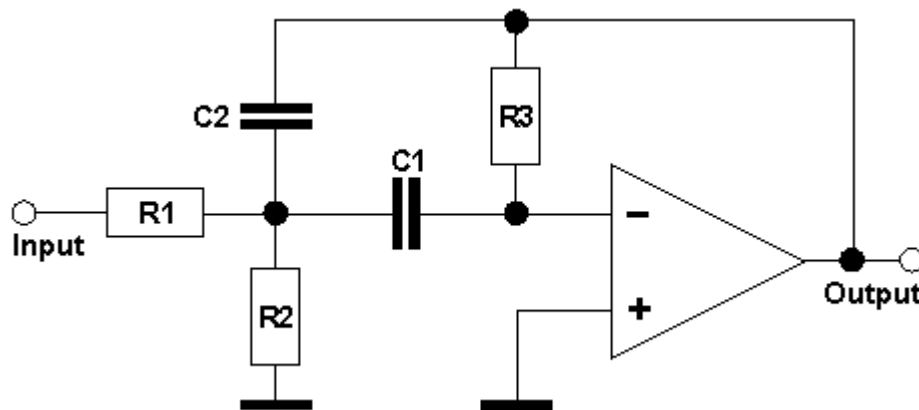
Sie sind mit Ihrem Design zufrieden und wollen Ihr Ergebnis abspeichern. Klicken Sie hierzu auf **ERGEBNIS, SPEICHERN**. Das Entwurfsergebnis wird als HTML-Datei gespeichert; als Dateinamen geben Sie z.B. **Pilottonfilter** ein. Die nächste Seite zeigt das Aussehen der abgespeicherten HTML-Seite.

Filterdesign "Pilottonfilter"

Spezifikation

Typ: Bandpass
Ordnung: 2
Struktur: Mehrfachgegenkopplung
Mittenfrequenz: 19 kHz
Verstärkung: 40 dB
Bandbreite: 760 Hz
Operationsverstärker: LF411
Alle Widerstände: E48

Schaltung einer Stufe



Bauteilwerte

Stufe	R1	R2	R3	C1	C2
1	3,83 k	422	750 k	470 p	470 p

Datum: 2009-07-19 11:20, Designer: Stefan Bayer

Erstellt mit AktivFilter 3, © 2001-2009 Stefan Bayer, SoftwareDidaktik www.softwaredidaktik.de

7 Die Spezifikation speichern

Jetzt sollten Sie Ihre Spezifikation abspeichern, also Ihre Vorgaben, die zu Ihrem Design geführt haben. Wählen Sie hierzu den Menüpunkt **DATEI, SPEZIFIKATION SPEICHERN**. Die Spezifikationsdatei hat immer die Dateinamenserweiterung AFS (AktivFilter-Spezifikation). Beenden Sie jetzt AktivFilter 3.

8 Die Spezifikation laden

Suchen Sie die Spezifikationsdatei im Explorer oder gehen Sie über das Windows-Startmenü in „Zuletzt verwendete Dokumente“ (in Windows XP) oder „Dokumente“ (z.B. in Windows 2000). Klicken Sie dort Ihre Spezifikationsdatei an (Doppelklick im Explorer). Sofort wird AktivFilter gestartet und berechnet wieder Ihr Filter. Sie könnten jetzt an Ihrem Filterentwurf weiterarbeiten, Kapazitäten ändern oder Änderungen an Ihrer Spezifikation vornehmen – und schließlich eine neue Spezifikationsdatei abspeichern. Das ist die professionelle Arbeitsweise, die mit AktivFilter 3 möglich ist. Die von Ihnen abgespeicherte Spezifikationsdatei kann von jedem geladen werden, der über eine AktivFilter 3 Professional Edition oder Personal Edition verfügt. Auf diese Weise können Sie z.B. Ihre Arbeitsergebnisse an andere Mitarbeiter weiter geben.