Tiefpassfilter zeigt Abb. 12.18. Zur Dimensionierung gibt man die Grenzfrequenz, die hier negative Gleichspannungsverstärkung A_0 und die Kapazität C_1 vor. Dann folgt durch Koeffizientenvergleich mit (12.26):

$$R_2 = \frac{a_1}{2\pi f_g C_1} \quad \text{und} \quad R_1 = -\frac{R_2}{A_0}$$

Abbildung 12.19 zeigt den analogen Hochpass. Durch Koeffizientenvergleich mit (12.25) folgt die Dimensionierung:

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_g a_1 C_1} \quad \text{und} \quad R_2 = -R_1 A_\infty$$

Die bei den vorhergehenden Schaltungen angegebenen Übertragungsfunktionen besitzen nur in dem Frequenzbereich Gültigkeit, in dem der Betrag der Differenzverstärkung des Operationsverstärkers groß ist gegenüber dem Betrag von $\underline{A}$. Diese Bedingung ist bei höheren Frequenzen nur schwer zu erfüllen, da der Betrag der Differenzverstärkung wegen der notwendigen Frequenzgangkorrektur mit 20 dB/Dekade abnimmt und bei einem Standardverstärker bei 10 kHz nur noch etwa 100 beträgt.

12.4 Realisierung von Tief- und Hochpassfiltern 2. Ordnung

Nach (12.19) lautet die Übertragungsfunktion eines Tiefpasses 2. Ordnung allgemein:

$$A(s_n) = \frac{A_0}{1 + a_1 s_n + b_1 s_n^2} \tag{12.27}$$

Wie man der Abb. 12.15 entnehmen kann, besitzen die optimierten Übertragungsfunktionen zweiter und höherer Ordnung konjugiert komplexe Pole. Im Abschnitt 12.1 wurde gezeigt, dass solche Übertragungsfunktionen nicht mit passiven RC-Schaltungen realisierbar sind. Eine Realisierungsmöglichkeit besteht in der Verwendung von Induktivitäten, wie das folgende Beispiel zeigt.

12.4.1 LRC-Filter

Die klassische Realisierung von Filtern 2. Ordnung besteht im Einsatz von LRC-Filtern wie in Abb. 12.20. Der Koeffizientenvergleich mit Gl. (12.27) liefert die Dimensionierung:

$$R = \frac{a_1}{2\pi f_g C} \quad \text{und} \quad L = \frac{b_1}{4\pi^2 f_g^2 C}$$

Für einen Butterworth-Tiefpass 2. Ordnung entnimmt man aus Abb. 12.15 die Koeffizienten $a_1 = 1{,}414$ und $b_1 = 1{,}000$. Gibt man eine Grenzfrequenz $f_g = 10\,\text{Hz}$ und eine Kapazität $C = 10\,\mu\text{F}$ vor, folgt $R = 2{,}25\,\text{k}\Omega$ und $L = 25{,}3\,\text{H}$. Man erkennt, dass sich ein solches Filter wegen der Größe der Induktivität außerordentlich schlecht realisieren lässt. Die Verwendung von Induktivitäten lässt sich umgehen, indem man sie mit einer aktiven RC-Schaltung simuliert. Dazu kann man die Gyratorschaltung in Abb. 11.36 auf S.781 heranziehen. Der schaltungstechnische Aufwand ist jedoch beträchtlich.

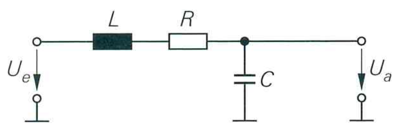

Abb. 12.20.
Passiver Tiefpass 2. Ordnung

$$A(s_n) = \frac{1}{1 + \omega_g R C s_n + \omega_g^2 L C s_n^2}$$