

## Der Operationsverstärker (OPV)

Operationsverstärker sind fester Bestandteil der elektrischen Signalverarbeitung und dienen zum einen der Signalverstärkung sowie als Realisierer arithmetischer Operationen. Als reales Bauteil kommen sie in ihren Eigenschaften sehr nahe an den theoretischen Idealverlauf heran, wie in folgender Tabelle 1 aufgeführt ist:

	idealer OPV	realer OPV
Verstärkung V	unendlich	$10^5$
Eingangswiderstand in Ohm	unendlich	$10^8$
Ausgangswiderstand in Ohm	0	20

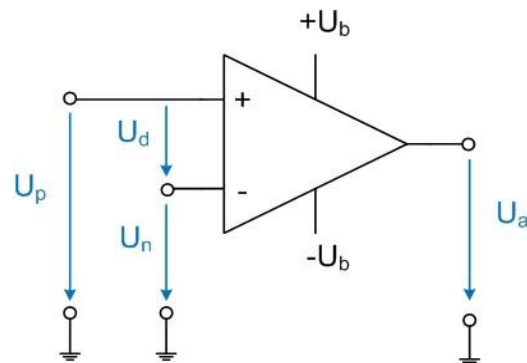


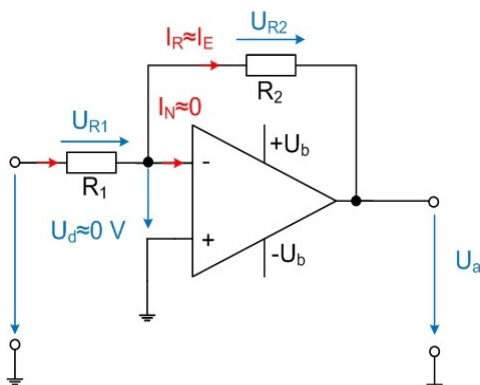
Tabelle 1: Vergleich idealer und realer OPV

Bild 1: Schaltzeichen des OPV (nicht DIN)

Das in Bild 1 aufgeführte Schaltzeichen ist eine Vereinfachung für die interne Schaltung eines OPV. Ein OPV besteht üblicherweise aus einer Anordnung von Widerständen, Dioden, Kondensatoren und Transistoren, die die gewünschten Eigenschaften umsetzen. Zusätzlich muss eine Betriebsspannungsquelle (+U<sub>b</sub>|-U<sub>b</sub>) zur Verfügung stehen, die eine Verstärkung erst möglich macht. Die beiden Eingänge eines OPV unterscheidet man in den invertierenden Eingang (-) und den nichtinvertierenden Eingang (+), die für eine mögliche Invertierung der Ausgangsspannung sorgen.

Die Potentialdifferenz U<sub>d</sub> läuft gegen null und ermöglicht eine sehr hohe Leerlaufverstärkung. Ist der Pluspol mit Masse verbunden, so wird am Minuspol das gleiche Potential erzeugt, welches aber nicht direkt mit Masse verbunden ist. Man spricht in diesem Falle von der virtuellen Masse.

Operationsverstärker ermöglichen mittels einfacher Verschaltungen die Implementierung mathematischer Zusammenhänge wie z.B. Addieren, Subtrahieren, Differenzieren, Integrieren und Invertieren. Die nun folgenden Schaltungen zeigen die jeweilige Operation und die in Gleichungen gefasste Beschreibung dazu:



### Der invertierende Verstärker

$$\begin{aligned}
 U_{R2} &= -U_a & I_N &= 0 \\
 I_{R1} - I_N - I_E &= 0 & \Rightarrow & I_{R1} = I_E \\
 \frac{U_e}{R_1} + \frac{U_a}{R_2} &= 0 & \rightarrow & U_a = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_e
 \end{aligned}$$

Bild 2: Invertierender Verstärker

Liegt z.B. am invertierenden Eingang eine positive Spannung U<sub>1</sub> an, so senkt der OPV mittels Gegenkopplung (R<sub>2</sub>) das Ausgangspotential auf unter 0V, um U<sub>d</sub> so klein wie möglich zu halten.

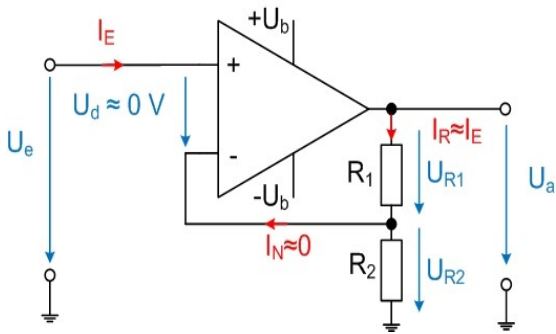


Bild 3: Nichtinvertierender Verstärker

### Der nichtinvertierende Verstärker

$$U_e = U_{R2} \quad I_E = 0$$

Spannungsteilerregel:

$$U_a = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot U_e$$

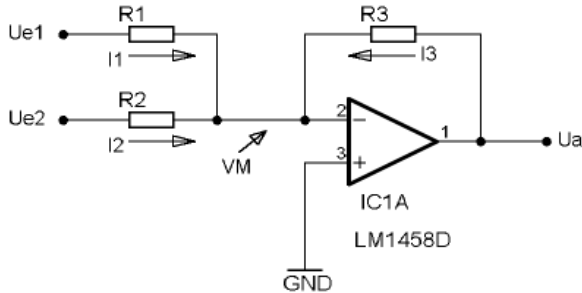


Bild 4: Summationsschaltung

### Die Summationsschaltung

$$U_a = -R_3 \left( \frac{1}{R_1} U_{e1} + \frac{1}{R_2} U_{e2} \right)$$

Für  $R_1 = R_2 = R_3$  gilt:  
 $U_a = -(U_1 + U_2)$

### Die Integrationsschaltung

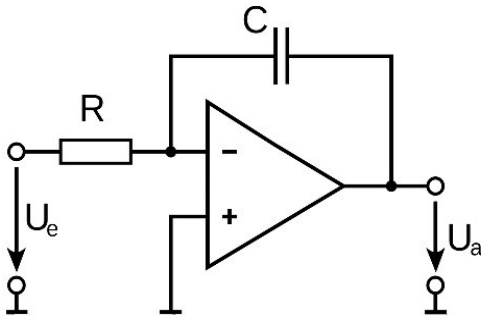


Bild 5: Die Integrationsschaltung

$$U_a = -\frac{1}{RC} \int U_e dt$$

### Die Differentiationsschaltung

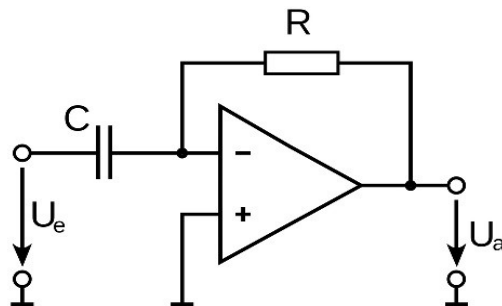


Bild 6: Die Differentiationsschaltung

$$U_a = -RC \frac{dU_e}{dt}$$

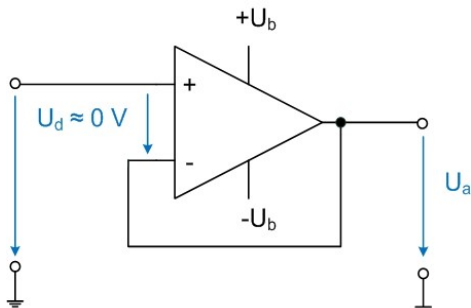


Bild 7: Der Impedanzwandler

### Der Impedanzwandler

Der Impedanzwandler verwirklicht in der elektrischen Messtechnik das Kompensationsverfahren, bei dem sich ausgangsseitig die zu messende Spannung einstellt, ohne das zu untersuchende System energetisch zu belasten.

$$U_e = U_a$$

Bildquellen:

Bild 1, 2, 3, 7: <http://www.elektro-archiv.de/?artikel=Operationsverstaerker>

Zugriff: 25.10.2014, 12:07 Uhr

Bild 4: <http://www.mikrocontroller.net/wikifiles/7/77/Op-addierer.png>

Zugriff: 25.10.2014, 11:45 Uhr

Bild 5, 6: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Differentiating\\_Amplifier.svg/1280px-Differentiating\\_Amplifier.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Differentiating_Amplifier.svg/1280px-Differentiating_Amplifier.svg.png)

Zugriff: 25.10.2014, 12:00 Uhr