

## Amplitudenmodulation (AM)

Johann-Markus Batke Johann-Markus Batke

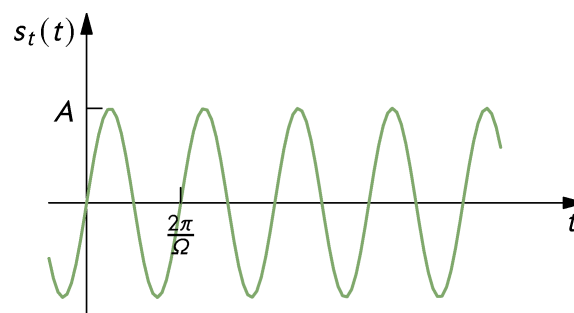
<2019-06-06 Do> Revision Time-stamp: <2022-11-05 Sa 11:15>

Ziel ist die Übertragung von Informationen, wobei die Darstellung der Information den Eigenschaften des Kanals angepasst werden muss. Geschieht dies über eine Verschiebung der Nachrichtenfrequenzen in einen höheren Bereich, so spricht man im Allg. von der **Modulation** eines **Trägers**. Wird ausschließlich die Amplitude des Trägers verändert, handelt es sich um **Amplitudenmodulation**.

**Träger** Das Trägersignal wird mit  $s(t)$  bezeichnet. Im unmodulierten Fall hat es die Form

$$s(t) = A \sin(\Omega t), \quad (1)$$

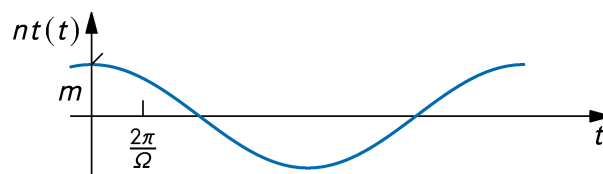
dabei sind  $A$  die **mittlere Amplitude** und  $\Omega$  die **Trägerkreisfrequenz**.



**Nachricht** Als zu übertragende **Nachricht**  $n(t)$  kommen im Rahmen der analogen Nachrichtentechnik Sprache, Musik, Bildinformationen in Frage. Zur Analyse des verwendeten Modulationsverfahrens wird häufig eine harmonische Schwingung, d.h. ein Ton herangezogen. In diesem Fall spricht man von **Eintonmodulation**. Es ist

$$n(t) = m \cos(\omega_N t), \quad 0 \leq m \leq 1 \quad (2)$$

mit dem **Modulationsfaktor**  $m$  und der Nachrichtenkreisfrequenz  $\omega_N$ .



**Spektrum** Durch die AM entsteht ein frequenzverschobenes Spektrum der Nachricht.

Man unterscheidet AM-Verfahren danach, ob auch der Träger im Spektrum erscheint oder nicht und spricht von „AM mit Träger“ bzw. „AM ohne Träger“.

Weiterhin unterscheidet man abhängig von der Anzahl der Seitenbänder zwischen Einseitenbandmodulation (ESB) und Zweiseitenbandmodulation (ZSB).

## 1 Beispiele

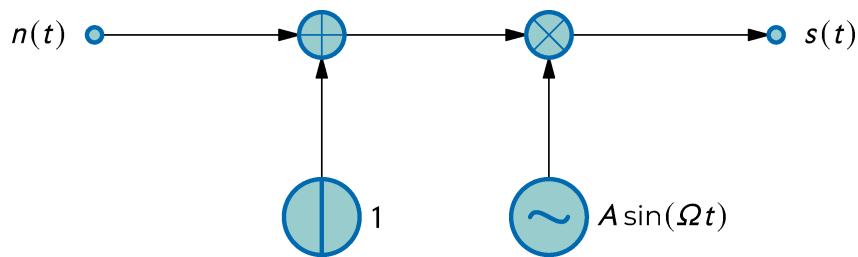
### 1.1 Zweiseitenbandmodulation mit Träger

Das Trägersignal hat die Form

$$s(t) = (1 + n(t))A \sin(\Omega t), \quad (3)$$

dabei muss sichergestellt sein, dass die Amplitude der Nachricht  $n(t)$  den Wert 1 nicht überschreitet.

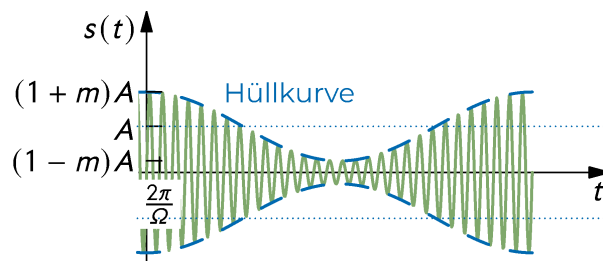
Das Blockschaltbild zur ZSB mit Träger zeigt Abbildung 1.



**Abbildung 1:** Blockschaltbild der ZSB mit Träger.

### 1.1.1 ZSB Eintonmodulation

Bei Eintonmodulation wird als Nachricht eine harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz  $\omega$  gewählt; es ergibt sich ein Signal  $s(t) = (1 + m \cos(\omega_N t))A \sin(\Omega t)$  wie in Abbildung 2.



**Abbildung 2:** ZSB mit Träger bei Eintonmodulation: die Nachricht bestimmt die Hüllkurve des Trägers.

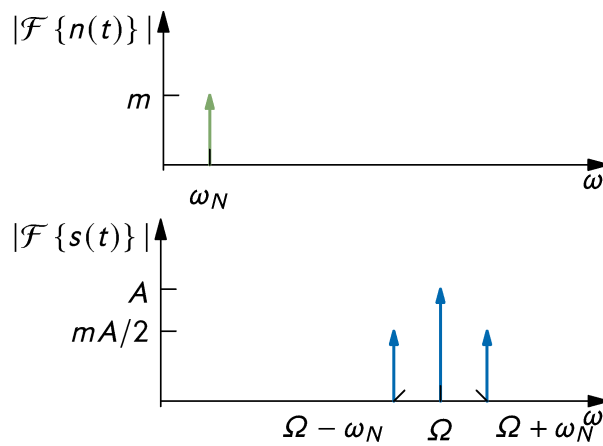
Das Spektrum errechnet sich mit Hilfe von

$$\sin \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} (\sin (\alpha + \beta) + \sin (\alpha - \beta)) \quad (4)$$

Das Spektrum der ZSB-AM mit Träger lässt sich dann leicht aus dem Term für das Sendesignal ablesen, es ist

$$s(t) = \underbrace{A \sin \Omega t}_{\text{Träger}} + \underbrace{\frac{mA}{2} \sin ((\Omega + \omega_N)t)}_{\text{oberes Seitenband}} + \underbrace{\frac{mA}{2} \sin ((\Omega - \omega_N)t)}_{\text{unteres Seitenband}}. \quad (5)$$

Abbildung 3 zeigt das Spektrum. Im Spektrum des Trägers entstehen ein *oberes* und ein *unteres Seitenband*.



**Abbildung 3:** ZSB-Spektrum für Eintonmodulation.

Die Bezeichnung **Seitenband** wird bei Eintonmodulation der Sache nicht ganz gerecht, da es sich um einzelne Frequenzen handelt. Erst bei einer Modulation mit einer Nachricht gewisser Bandbreite ergeben sich wirkliche Seitenbänder.

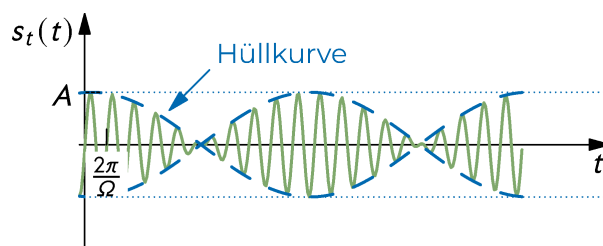
Der **Bandbreitenbedarf** des modulierten Trägers beträgt  $B_{\text{Träger}} = 2B_{\text{Nachricht}}$ .

## 1.2 Zweiseitenbandmodulation (ZSB) ohne Träger

Wird der Träger nicht gesendet, so wird Energie eingespart. Dies führt zur ZSB ohne Träger. Das Trägersignal hat die Form

$$s(t) = mn(t)A \sin(\Omega t)$$

Die Eintonmodulation ergibt damit ein Signal wie in Abbildung 4 dargestellt. Durch Vorzeichenwechsel der Nachricht entsteht beim Träger ein *Phasensprung* (meist erkennbar an einem Knick im Signal).



**Abbildung 4:** ZSB ohne Träger bei Eintonmodulation: die Nachricht bestimmt die Hüllkurve des Trägers, ist aber nicht mehr mit der Nachricht identisch.

Die Berechnung des Spektrums der ZSB ohne Träger erfolgt analog zur Berechnung der ZSB mit Träger. Das resultierende Spektrum zeigt Abbildung fig:spektrum\_zsbemot.

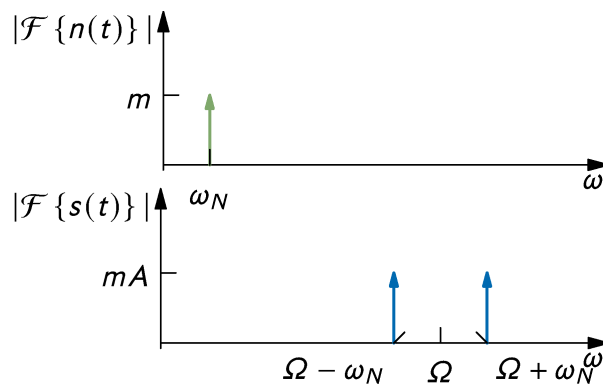


Abbildung 5: ZSB-Spektrum ohne Träger für Eintonmodulation.

### 1.3 Rundfunk

Die ZSB mit Träger wird im Rundfunk für die Wellenbereiche [Langwellen \(LW\)](#), [Mittelwelle \(MW\)](#) und [Kurzwellen \(KW\)](#) verwendet.

Bei der [Ultraschall \(UKW\)](#) wird die [Frequenzmodulation \(FM\)](#) eingesetzt, die Stereodarstellung der Nachricht ist ihrerseits eine AM.

### 1.4 Elektronische Schaltungen

- Die Multiplikation von Signalen erfolgt z.B. mit Hilfe eines [Ringmischers](#).
- Senderschaltung <http://www.jogis-roehrenbude.de/Bastelschule/MW-Sender.htm>
- Empfängerschaltung
  - einfachste Schaltung: Detektorempfänger <https://de.wikipedia.org/wiki/Detektorempf%C3%A4nger>
  - Sekundär-Detektor-Empfänger <http://www.jogis-roehrenbude.de/Sekundaer.htm>
  - Superhet-Empfänger <http://www.jogis-roehrenbude.de/Radiobasteln/Superhet/Superhet.htm>

### 1.5 Digitale Übertragung

Die Übertragung digitaler Daten kann per AM erfolgen; dabei wird ein Puls-förmiger Träger zur [Modulation](#) eingesetzt, es entsteht die [Pulse-Amplituden-Modulation \(PAM\)](#).

## 2 Aufgaben

### 2.1 Amplitudenmodulation

Gegeben sei ein System zur Amplitudenmodulation (AM). Dabei sind  $A$  die **mittlere Amplitude** und  $\Omega$  die **Trägerkreisfrequenz**. Die Nachricht werde mit  $n(t)$  bezeichnet.

- a) Zeichnen Sie das Blockschaltbild für ein System, das analoge AM **ohne** Träger implementiert.
- b) Zeichnen Sie das Zeitsignal des Trägers für Eintonmodulation. Nehmen Sie für den Trägerfrequenz die 10-fache Frequenz der Nachrichtenfrequenz  $f_0$  an. Zeichnen Sie den Träger für die Dauer einer Periode des Nachrichtensignals. Stellen Sie den Term für diesen modulierten Träger auf.
- c) Berechnen Sie das Spektrum des Einton-modulierten Trägers und skizzieren Sie es.

## 2.2 Modulation

Gegeben ist das Signal

$$s(t) = A \cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_0 t - \phi_0) \quad (6)$$

mit  $f_0 = 10 f_1$ .

- a) Welches Modulationsverfahren liegt vor? Geben Sie die vollständige Bezeichnung an.
- b) Zeichnen Sie ein Blockschaltbild zur Erzeugung von  $s(t)$ . Weisen Sie allen Größen den zum Modulationsverfahren gehörigen Fachausdruck zu.
- c) Bestimmen Sie das Spektrum  $|S(j\omega)|$  von  $s(t)$  und skizzieren Sie es.
- d) Zeichnen Sie das Zeitbereichssignal für  $A = 8 \text{ V}$  und  $\phi_0 = -\pi/2$  über eine Periode des Nutzsignals, geben Sie alle charakteristischen Werte an.

## 3 Verweise

- Steinbuch und Rupprecht [2] ausführliche Darstellung von AM in Abschnitt 7.2.
- Ohm und Lüke [1] AM für digitale Daten in Kapitel 10

## Literatur

- [1] Jens-Rainer Ohm und Hans Dieter Lüke. *Signalübertragung. Grundlagen der digitalen und analogen Nachrichtenübertragungssysteme*. 12., aktualisierte Auflage. Springer Vieweg, 2014. DOI: [10.1007/978-3-642-53901-5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-53901-5). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-53901-5> (siehe S. 5).
- [2] Karl Steinbuch und Werner Rupprecht. *Nachrichtentechnik. Nachrichtenübertragung*. Dritte, neu bearbeitete Auflage. 3 Bde. II. Berlin: Springer-Verlag, 1982 (siehe S. 5).