

## 5 Pulsradar

Wenn du eine weise Antwort verlangst,  
musst du vernünftig fragen.

*Johann Wolfgang von Goethe*

### 5.1 Das Prinzip

Das Pulsradar (auch Impulsradar) stellt das historisch älteste Radarverfahren dar. Das Sendesignal besteht hier aus einer periodischen Folge von hochfrequenten Pulsen mit kurzer Dauer. Das Empfangssignal stellt im Prinzip eine zeitverzögerte und gegebenenfalls »verzerrte« Kopie des Sendesignals dar. Die Messung der Entfernung erfolgt dann wie im Abschnitt 4.1 beschrieben über die Messung der zeitlichen Differenz zwischen Sende- und Empfangssignal.

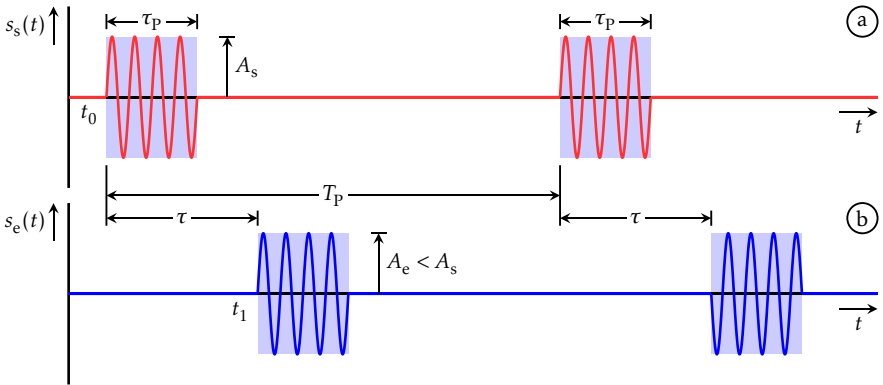
Anmerkung: Nach einem vergleichbaren Prinzip arbeitet auch das Sonar (Sound Navigation and Ranging), wie es beispielsweise in U-Booten sowie von Fledermäusen verwendet wird!

**Bild 5.1 a** zeigt den prinzipiellen Aufbau des Sendesignals eines Pulsradars. Die wichtigsten Parameter sind:

$\tau_p$  Pulsdauer

$T_p$  Pulsabstand (Pulse Repetition Interval, PRI)

$f_p = 1/T_p$  Pulsfolgefrequenz (Pulse Repetition Frequency, PRF)



**Bild 5.1** Prinzipieller Verlauf des Sendesignals (a) und des Empfangssignals (b) beim Pulsradar

$A_s$  Amplitude des Sendesignals

$f_s$  Frequenz des (hochfrequenten) Trägers

Anmerkung: Die Bezeichnungen Impulsdauer, Impulsabstand usw. wären genau genommen treffender, sind jedoch weniger gebräuchlich.

Das Empfangssignal (**Bild 5.1 b**) weist aufgrund der endlichen Laufzeit

$$\tau = \frac{2R}{c} \quad (5.1)$$

eine zeitliche Verzögerung gegenüber dem Sendesignal sowie eine Verringerung der Amplitude  $A_e < A_s$  auf. Die Pulsdauer sowie die Pulsfolgefrequenz bleiben unter normalen Umständen zumindest näherungsweise erhalten und werden im Allgemeinen nicht zur Informationsgewinnung verwendet.

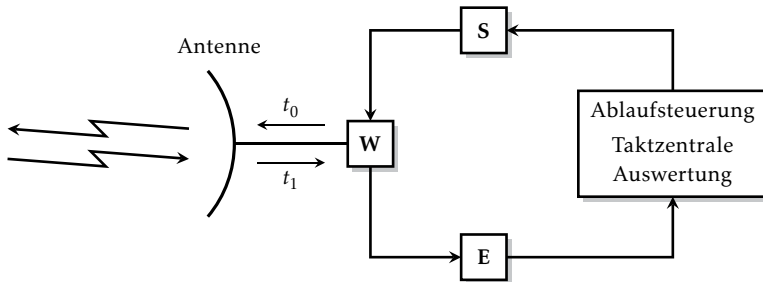
Hinweis: Wie leicht nachgeprüft werden kann, ergibt sich bei einer recht hohen Zielgeschwindigkeit von 1000 m/s eine relative Veränderung der Pulsdauer von rund 3,33 ppm. Dieser Wert ist bei Berücksichtigung typischer Randbedingungen unterhalb der Messgenauigkeit.

Für die Entfernungsbestimmung könnte prinzipiell auch die Veränderung der Amplitude und somit der Leistung oder die Signallaufzeit verwendet werden. Wie in den Kapiteln 2 und 3 bereits deutlich wurde, ist die Dämpfung auf dem Weg Sender–Ziel–Empfänger insbesondere aufgrund der Fluktuationen der Rückstreuläche jedoch eine statistische Größe mit zu starken Schwankungen, als dass hieraus zuverlässige Aussagen abgeleitet werden könnten. Diese Aussage gilt allgemein auch für andere Radarverfahren.

Wesentlich zuverlässiger ist hingegen die Auswertung der Signallaufzeit  $\tau$ , aus der sich gemäß der Beziehung

$$R = \frac{c\tau}{2} \quad (5.2)$$

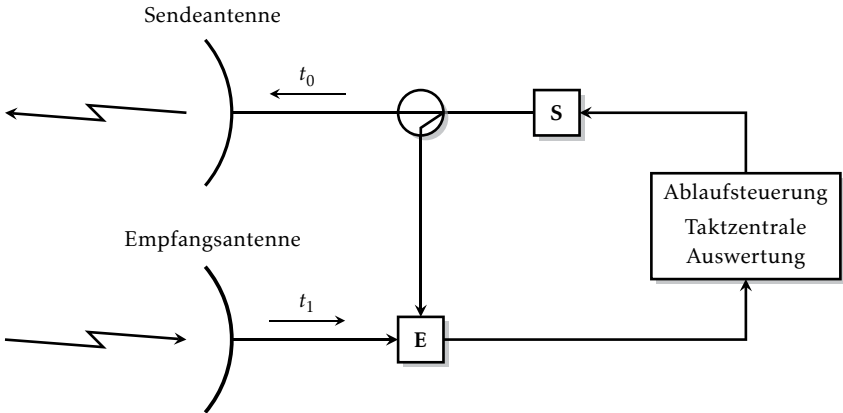
die Entfernung ergibt.



**Bild 5.2** Funktionsschaltbild des Pulsradars  
(E: Empfänger, S: Sender, W: Sende-Empfangs-Weiche)

**Bild 5.2** zeigt das schematisierte Funktionsschaltbild eines Pulsradars. Der von der Taktzentrale gesteuerte Sender S erzeugt das Sendesignal, das über die Sende-Empfangs-Weiche W und die Antenne zum Zeitpunkt  $t = t_0$  abgestrahlt wird. Über dieselbe Antenne wird das Empfangssignal zum Zeitpunkt  $t_1 = t_0 + \tau$  aufgenommen und über die Sende-Empfangs-Weiche an den Empfänger E weitergeleitet. In der Auswertung wird die Zeitdifferenz zwischen den ausgesendeten und den empfangenen Pulsen bestimmt sowie daraus die Zielentfernung ermittelt. Prinzipiell ist auch die Verwendung von zwei getrennten Antennen für Senden und Empfangen möglich. In diesem Fall entfällt die Sende-Empfangs-Weiche; stattdessen muss ein geringer An-

teil des Sendesignals dezidiert in den Empfangszweig eingespeist werden (**Bild 5.3**).



**Bild 5.3** Funktionsschaltbild des Pulsradars bei Verwendung von zwei Antennen (E: Empfänger, S: Sender)

Ohne auf den signaltheoretischen Hintergrund einzugehen, ist hier festzuhalten, dass sich die praktische Bandbreite des hochfrequenten Sendesignals näherungsweise aus dem Kehrwert der Pulsdauer zu

$$B_s = \frac{1}{\tau_p} \quad (5.3)$$

ergibt – symmetrisch zur Sendefrequenz. Die spektrale Verteilung des Empfangssignals stimmt mit derjenigen des Sendesignals weitgehend überein, abgesehen von der Doppler-Frequenz bei bewegten Zielen. Diese ist jedoch typischerweise gering gegenüber der Mittenfrequenz, sodass vereinfacht gilt  $f_{e,0} \approx f_{s,0}$  und  $B_e = B_s$ .