Funkpeilung und Funkortung

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1

Funkpeilung

Einleitung

Aufgabe der Funkpeilung ist es, die Einfallsrichtung eines Funksignales festzustellen. Dabei ist nicht nur der ebene Einfallswinkel (Azimut[1] α), sondern auch der räumliche Einfallswinkel (Elevation[2] β) von Interesse.

In diesem Kapitel werden keineswegs alle Möglichkeiten der Funkpeilung sondern nur die Interessantesten aufgezeigt.

1.1 Richtantennen

Richtantennen sind Antennen mit einer Richtcharakteristik welche nicht Rotationssymetrisch ist. Durch mechanische Rotation der Antenne wird daher, je nach Winkel der Antenne zum einfallenden Signal, eine unterschiedlich große Amplitude empfangen, welche ausgewertet werden kann.

Bei einer Richtantenne mit kardioider Richtcharakteristik ist es z.B. sinnvoll das Minimum der Amplitude zu dedektieren, bei einer Antenne mit einer Keulencharakteristik muss jedoch das Maximum der Amplitude verwendet werden.

[1]Winkel in der waagrechten Ebene zwischen Nord-Richtung und Einfallsrichtung der Welle; positiv im Uhrzeigersinn

[2]Winkel in einer senkrechten Ebene zur Erdoberfläche, zwischen dieser und der Einfallsrichtung der Welle; positiv nach oben

1.2 Interferometerpeilung

1.2.1 Prinzip

Bei Interferometer-Peilern wird die Phasenbeziehung zwischen mehreren räumlich getrennten gleichartigen Einzelantennen zur Richtungsbestimmung genutzt.

Zur eindeutigen Bestimmung werden mindestens drei Antennen benötigt, die üblicherweise an den Eckpunkten eines rechtwinkeligen, gleichschenkeligen Dreiecks positioniert werden.

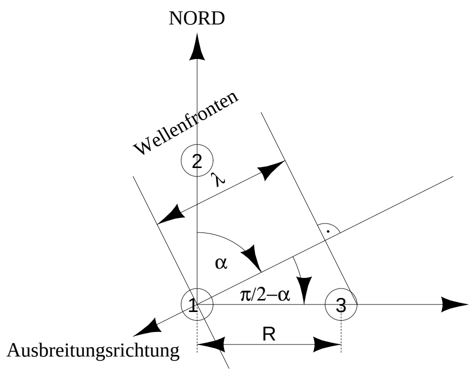

Abb. 1: Prinzip eines Interferometer-Peilers (Draufsicht)

1.2.2 Herleitung der Peilergebnisse

Wenn die Spannung an der Antenne 1 mit

$$u_1 = u_1(t) = \widehat{U}\sin(\omega_T t + \varphi_1) \tag{1.1}$$

angeschreiben wird, können die Spannungen der Antennen 2 und 3 analog als

$$u_2 = u_2(t) = \widehat{U}\sin(\omega_T t + \varphi_2) \tag{1.2}$$

$$u_3 = u_3(t) = \widehat{U}\sin(\omega_T t + \varphi_3) \tag{1.3}$$

angeschreiben werden, wobei sich die Phasen als:

$$\varphi_2 = \varphi_2(\varphi_1, \alpha, \beta) = \varphi_1 + \frac{2\pi R}{\lambda}\cos\beta\cos\alpha \tag{1.4}$$

$$\varphi_3 = \varphi_3(\varphi_1, \alpha, \beta) = \varphi_1 + \frac{2\pi R}{\lambda}\cos\beta\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \tag{1.5}$$

anschrieben lassen.

Durch Differenzbildung ergeben sich die Phasenverschiebungen zu

$$\Delta\varphi_{12} = \Delta\varphi_{12}(\alpha, \beta) = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi R}{\lambda}\cos\beta\cos\alpha \tag{1.6}$$

und

$$\Delta\varphi_{13} = \Delta\varphi_{13}(\alpha,\beta) = \varphi_3 - \varphi_1 = \frac{2\pi R}{\lambda}\cos\beta\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) \tag{1.7}$$

Durch Umformung erhält man

$$\cos\alpha = \frac{\Delta\varphi_{12}\lambda}{2\pi R}\frac{1}{\cos\beta} \tag{1.8}$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) = \sin\alpha = \frac{\Delta\varphi_{13}\lambda}{2\pi R}\frac{1}{\cos\beta} \tag{1.9}$$

wodurch der Azimut α innerhalb des Intervalls $[0;\pi]$ bestimmt werden kann:

$$tan\alpha = \frac{\Delta\varphi_{13}}{\Delta\varphi_{12}} \tag{1.10}$$

Die Elevation β wird durch einsetzten der Gleichungen (1.8) und (1.9) in den Pytagoräischen Lehrsatz

$$1 = \sin^2\alpha + \cos^2\alpha \tag{1.11}$$

als

$$\cos\beta = \frac{\lambda}{2\pi R}\sqrt{\Delta\varphi_{12}^2 + \Delta\varphi_{13}^2} \tag{1.12}$$

bestimmt.

Die Elevation ist also im Intervall $[0;\pi]$ eindeutig bestimmt. Ein Elevationswinkel $\beta > \frac{\pi}{2}$ bedeutet als das die Welle von hinten einfällt. Die Peilergebnisse können dann durch

$$\alpha \hat{=} \alpha + \pi \tag{1.13}$$

$$\beta \hat{=} \pi - \beta \tag{1.14}$$

ermittelt werden.

Hierbei wird jedoch noch

$$R\cos\beta \leq \lambda \tag{1.15}$$

zur eindeutigen Ermittlung der Phasenverschiebung gefordert, da die Phase in 360° mehrdeutig ist.

1.3 Dopplerpeilung

1.3.1 Grundprinzip

Die Dopplerpeilung arbeitet mit einer bewegten Empfangsantenne, wodurch ein Dopplerefekt zustande kommt.

Die Empfangsantenne `A` wird auf einer Kreisbahn mit dem Radius `R` bewegt, wodurch sich eine periodische Frequenzverschiebung entsprechend der Rotationsfrequenz der Antenne ergibt. Die Amplitude dieser Frequenzänderung (=Frequenzhub) ist vom Radius `R` und von der anzupeilenden Wellenlänge λ abhängig. Diese Faktoren werden durch die Konstruktion vorgegeben.

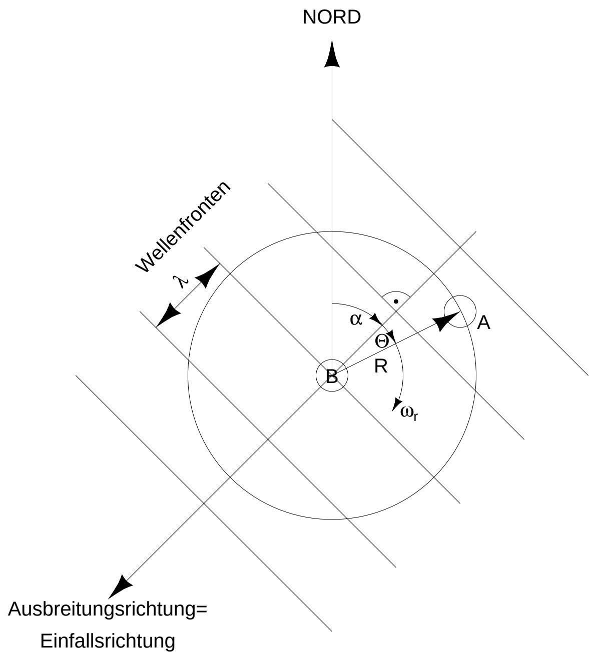

Abb. 2: Prinzip eines Doppler-Peilers (Draufischt)

Fällt jedoch eine Raumwelle mit einem Elevationswinkel β ein, erscheint die Antennenbahn als Ellipse, wodurch der Frequenzhub verringert wird[3]. Dadurch kann der Elevationswinkel β ermittelt werden.

Zur Unterscheidung eines aufmodulierten NF-Signales und des durch den Dopplereffekt zustandekommenden Signales, verwendet man als Referenz eine Stehende Antenne.

1.3.2 Technische Realisierung

Bei Einfall einer Sinus-Welle ergibt sich die Spannung der Referenzantenne `B` zu:

$$u_B(t) = U_0 \cos \omega t \tag{1.16}$$

[3]Deutlich wird dies durch die Vorstellung des Extremfalles, daß die einfallende Welle normal zur Rotationsebene der Antenn einfällt, wodurch keine Relativgeschwindigkeit zwischen Sender und Empfänger mehr zustande kommt.

Im Meßpunkt A ergibt sich gegenüber dem Referenzsignal eine Phasenverschiebung von

$$\varphi_D(t) = \frac{2\pi}{\lambda} R \cos\beta \cos\Theta \tag{1.17}$$

Durch einen Phasendetektor kann die sog. Doppler-Phase zwischen der Referenzantenne und der rotierenden Antenne ermittelt werden.

Rotiert nun die Antenne mit der Winkelgeschwindigkeit ω_r, so beträgt $\Theta = \omega_r t$ und der ortsabhängigige Spannungsverlauf:

$$u_A(t) = U_o \cos\left[\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} R \cos\beta \cos\omega_r t\right] \tag{1.18}$$

Die zeitabhängige Dopplerfrequenz beträgt also:

$$f_D(t) = \frac{1}{2\pi}\frac{d(\varphi_D)}{dt} = -f_{Dmax} \sin\omega_r t \tag{1.19}$$

mit

$$f_{Dmax} = \frac{\omega_r}{\lambda} R \cos\beta \; \ldots \text{ Frequenzhub} \tag{1.20}$$

Eine Richtungsbestimmung ist für den Zustand $f_D(t) = f_{Dmax}$ möglich, da sich die Antenne in diesem Zeitpunkt in Richtung des Senders bewegt. Der Elevationswinkel β kann direkt aus dem Frequenzhub f_{Dmax} bestimmt werden.

Die mechanische Bewegung einer Einzelantenne kann durch elektronisch gesteuerte Abtastung mehrerer kreisförmig angeordneter Antennen umgangen werden. Der Kreis wird dabei durch ein n-eck mit n Antennen angenähert. Bei dieser Methode ist genau auf den Aufbau zu achten, da sonst der Dopplereffekt nicht zustande kommt. Die Laufzeiten zur Schaltzentrale müssen gleich sein, also jede Antenne eine direkte Leitung zum Mittelpunkt haben.

Das Interpolationssignal wird durch Addition zweier Antennensignale erreicht, wobei eine Gewichtung in Form einer Sinus-, bzw. Cosinusfunktion erfolgt:

$$u_I(t) = \cos(\gamma) u_1(t) + \sin(\gamma) u_2(t) \tag{1.21}$$

Da die beiden Empfangsspannungen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ gleiche Frequenz haben, hat auch die Interpolationsspannung $u_I(t)$ diese Frequenz, die Phase liegt jedoch zwischen den beiden Eingangsphasen φ_1 und φ_2.

Kapitel 2

Funkortung

Einleitung

Die Funkortung dient zur Feststellung des Aufenthaltsortes eines Objektes mit Funktechnischen Mitteln. Man unterschiedet bei der Ortung prizipiell zwei Typen:

- Eigenortung

  Ortung am Ort des Objekts; der Ort ist unbekannt und soll bestimmt werden. Z.B. durch Funkfeuer, GPS.

- Fremdortung

  Ortung eines Objektes von bekannten festen Orten aus. Z.B. Radar.

2.1 Funkfeuer

2.1.1 Ungerichtete Funkfeuer

Ungerichtete Funkfeuer (NDB[1]) sind Sendeanlagen die ein Signal aussenden, welches mit den in Kapitel 1 vorgestellten Methoden angepeilt werden können.

Das ausgesendete Signal ist ungerichtet, daß heißt es kann aus jeder Richtung, vor allem auch aus der Luft, angepeilt werden.

Zur Identifikation eines Funkfeuers werden verschiedene Codes (meist Morsecodes) aufmoduliert, welche auch auf einer Karte eingetragen sind. Mit Hilfe

[1] NDB=Non Directional Beacon

dieser Karte, und einem angepeiltem Funkfeuer, kann eine Standlinie ermittelt werden. Nach Anpeilung zweier Funkfeuer ist eine Positionsbestimmung möglich.

Die $ICAO$[2] hat für ungerichtete Funkfeuer einen Frequenzbereich von 200 bis $750kHz$ vorgesehen.

2.1.2 Drehfunkfeuer

Grundprinzip

Ein Drehfunkfeuer kann mit folgendem Leuchtturm verglichen werden:

- Drehscheinwerfer

  Erzeugt entsprechend der Drehbewegung ein gerichtetes *Umlaufsignal* bestimmter Frequenz.

- Rundum-Blitz

  Tritt jedesmal als *Bezugssignal* auf, wenn der Drehscheinwerfer nach Norden scheint.

Der Empfänger kann also bei bekannter Frequenz durch Messung der Zeitspanne zwischen dem Eintreffen des Blitzliches, und dem Eintreffen des Lichtes des Drehscheinwerfers, den Azimut[3] bestimmen. Um zwischen Blitz und Drehlicht unterscheiden zu können, müssen beide Signale verschieden sein (z.B. verschiedene Farben).

Technische Realisierung

Der für den Betrieb von VOR[4]-Sendern freigegebene Frequenzbereich liegt zwischen 108 und $118MHz$.

Zur Unterscheidung von Bezugs- und Umlaufsignal werden beide Signale mit einer um $9600Hz$ verschiedenen Trägerfrequenz ausgesendet. Diese Frequenzabweichung der Trägersignale erzeugt man mittels Mischung, wodurch sich die Trägerfrequenz des Bezugssignales zu

$$f_B = f_U + 9600 \qquad [Hz]$$

[2]International Civial Aviation Organisation
[3]Abweichungswinkel von Nord
[4]VOR=**V**HF **O**mnidirectional **R**adio-Range

ergibt Der zweite Träger der sich durch die Mischung bei einer Frequenz von $F_U - 9600$ ergibt, wird nicht verwendet.

Das Bezugssignal wird trägt eine mittels Frequenzmodulation aufmodulierte Sinusfunktion und wird dauernd ausgesendet. Diese NF hat die gleiche Frequenz f_S wie die Drehfrequenz des Umlaufsignales, und eine Phasenlage $\varphi = 0$ wenn die antenne des Umlaufsignals nach Norden weist. Das Bezugssignal gehorcht also der Funktion:

$$s_B(t) = \sin\left[\omega_B + \Delta\omega_B \sin \omega_S t\right] t \tag{2.1}$$

Der angewendete Frequenzhub $\Delta f_{TB} = 16$ bei ausgefürhten Systemen.

Dem gerichteten Umlaufsignal wird mittels Amplitudenmodulation die gleiche Frequenz f_S aufmoduliert. Zusätzlich wird jedoch der Azimut α beaufschlagt, welcher eine Phasenverschiebung entprechend der derzeitigen Aussenderichtung bewirkt:

$$s_U(t) = \left[1 + m \sin(\omega_S t + \alpha)\right] \sin \omega_{TU} t \tag{2.2}$$

mit

$$m \leq 1 \ldots \text{Modulationsindex}$$

Dieses Signal wird mit einer rotierenden Dipolantenne oder einer anderen Antenne entsprechender Richtcharakteristik gesendet.

Die Phasenlage der beiden demodulierten NF Signalen

$$s_B(t) = \sin \omega_S t \tag{2.3}$$

und

$$s_U(t) = \sin(\omega_S t + \alpha) \tag{2.4}$$

unterscheiden sich also um den Winkel α, welcher dem Azimut entspricht.

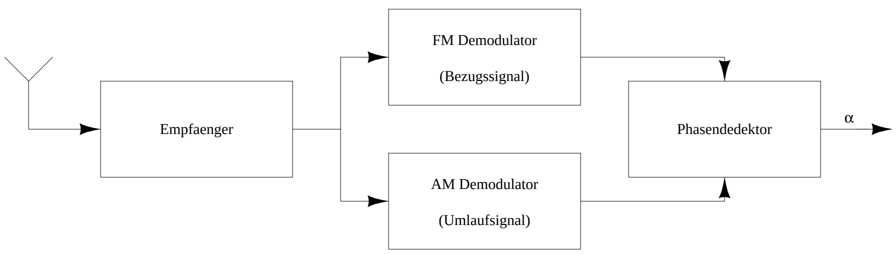

Abb. 3: VOR-Empfänger

Der Empfänger muß also Bezugs- und Umlaufsignal getrennt demodulieren, und kann durch einen Phasendetektor die Phasenverschiebung der beiden NF-Signale, und damit den Azimut α bestimmen.

2.2 GPS

2.2.1 Grundprinzip

Das GPS[5] ist ein Eigenortungsverfahren, daß auf der Laufzeit- bzw. Laufzeitdifferenzmessung von Funksignalen basiert, welche von Satelliten abgestrahlt werden.

Das GPS System umfaßt derzeit 24 Satelliten, welche sich auf 6 Umlaufbahnen, zu je 4 Satelliten in einer Höhe von 20000 km, um die Erde befinden.

Zur besseren Verständlichkeit wird die Funktionsbeschreibung zuerst nur Eindimensional durchgeführt. Es wird auch gezeigt, daß die Erweiterung auf 2-, bzw. 3 Dimensionen nur ein kleiner Schritt ist.

2.2.2 Laufzeitmessung

In der Abbildung sind ein Sender `S`, ein Objekt `O` und eine Phantompostiotion `P` auf einer Geraden eingezeichnet. Gesucht ist die Position des Objektes `O`.

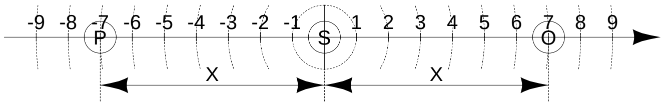

Abb. 4: Postitionsbestimmung mittels Laufzeitmessung in einer Dimension

Zur Messung der Laufzeit des Signales vom Sender zum Objekt, müssen Sender und Objekt über synchronisierte Uhren verfügen. Die Laufzeit des Signales entspricht dann der Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden und Empfangen des Signales. Die Zeitdifferenz kann dadurch ermittelt werde, daß der Sender seinem Signal aufmoduliert, wann er dieses Signal abgesendet hat. Die Laufzeit Δt entpricht dann der Differenz der Zeitinformation am Signal t_S und der Empfangszeit t_E:

$$\Delta t = t_E - t_S \tag{2.5}$$

[5] Global Positioning System

Wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signales bekannt ist, kann daraus direkt der Abstand x ermittelt werden:

$$x = v\Delta t \tag{2.6}$$

Es ist offensichtlich, daß dieses Ergebnis zweideutig ist (Phantomposition). Das Hauptproblem dieses Verfahrens ist, daß die Uhren des Senders und des Empfängers synchronisiert sein müssen, was in der Praxis schwer zu erreichen ist. Man ist daher dazu übergegangen nicht direkt die Laufzeit zur Postionsbestimmung heranzuziehen, sondern die Laufzeitdifferenz zweier Sender.

2.2.3 Laufzeitdifferenzmessung

Bei der Standortbestimmung mittels Laufzeitdifferenzmessung (in einer Dimension), werden zwei Sender mit bekannten Koordinaten benötigt. Wenn sich das Meßobjekt an einer beliebigen Position *zwischen* beiden Sendern befindet, kann man beide Zeitmarken empfangen, und die Differenz beider bilden:

$$\Delta t = t_{S2} - t_{S1} \tag{2.7}$$

Wenn der Abstand der Sender

$$E = x_1 + x_2 \tag{2.8}$$

beträgt, ergibt sich

$$x_1 = \frac{E}{2} - v\Delta t \tag{2.9}$$

bzw.

$$x_2 = E - x_1 = \frac{E}{2} + v\Delta t \tag{2.10}$$

Da nun die Position des Objektes (in einer Dimension) bekannt ist, kann auch dort die genaue Systemzeit nach Empfang eines verzögerten Zeitsignales eines Senders ermittelt werden:

$$t = t_S + \frac{x_1 - x_{S1}}{v} \tag{2.11}$$

Hyperbel-Ortungssysteme

Wenn man die Laufzeitdifferenzmessung auf die Ebene ausweitet (siehe Abb.) ergeben sich als Standlinien Hyperbeln. Das in der Abbildung gezeigte Objekt `O` befindet sich also auf einer Standlinie die der Bedingung $t_{S1} - t_{S2} = 2$ gehorcht. Bei der räumlichen Anwendung im GPS ergibt sich für den Empfang von zwei Zeitsignalen ein räumliches Hyperboloid als Standfläche.

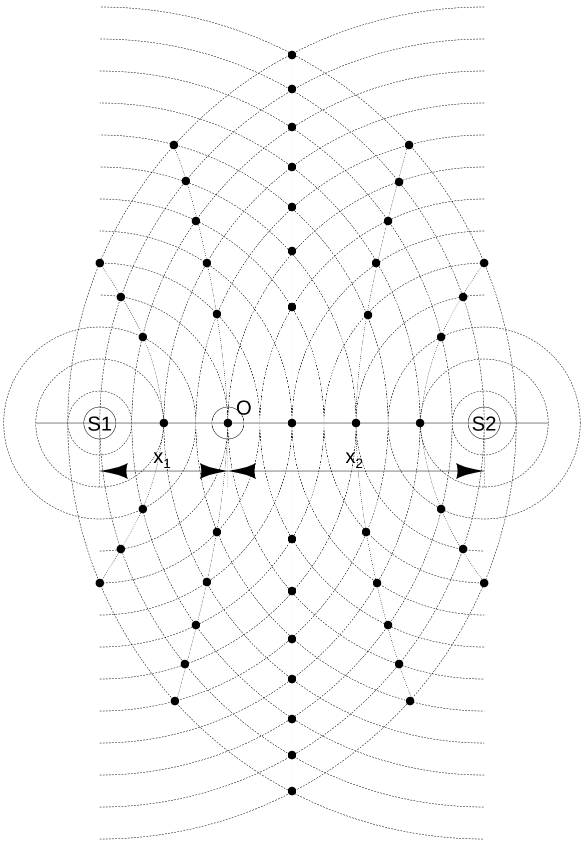

Abb. 5: Hyperbelstandlinien der Laufzeitdifferenzmessung

Hyperbel-Ortungssysteme sind auch bei bodengestützten Ortungssystemen im Einsatz. Derzeit ist z.B. das LORAN-C System in Betrieb, welches durch niedrige Trägerfrequnez $f_T = 100kHz$ eine Reichweite von bis zu 1500km hat. Das LORAN-C System wird vorwiegend in der Seefahrt benutzt.

Pseudo Ranging

Da bei der Laufzeitdifferenzmessung zwei Signale (bzw. vier beim realen GPS) gleichzeitig empfangen werden müssen, hat man einen Weg gesucht den Empfangsteil nicht mehrfach ausführen zu müssen um die Herstellungskosten zu reduzieren. Das dabei entstandene Prinzip nennt man Pseudo Ranging.

Dabei wird für jedes empfangene Signal ein sog. Pseudo Range als Differenz des empfangenen Zeitsignales T_x und der Uhrzeit des Empfängers T_E berechnet:

$$PR_x = T_x - T_E \qquad (2.12)$$

Werden z.B. zwei Messungen im Abstand von einer Sekunde durchgeführt, ergeben sich die Pseudo Ranges zu:

$$PR_1 = T_1 - T_E \tag{2.13}$$

und

$$PR_2 = T_2 - T_E + 1s \tag{2.14}$$

wodurch sich die Laufzeitdifferenz zu

$$\Delta t = PR_1 - PR_2 = T_1 - T_E - T_2 + T_E - 1s = T_1 - T_2 - 1s \tag{2.15}$$

ergibt.

Es ist ersichtlich daß sich die Systemzeit T_E des Empfängers in (2.15) herauskürzt. Die Uhr muss zwar genau sein, aber nicht synchron laufen.

2.3 Radar

Einführung

RADAR[6] ist ein Fremdortungsystem das grundsätzlich nach zwei Prinzipien funktionieren kann:

- Primärradar

  Beruht auf der Reflexion einer gebündelt ausgestrahlen Energie durch das Fremdobjekt. Das Fremdobjekt ist passiv.

- Sekundärradar

  Beim Sekundärradar wird an Bord des Fremdobjektes ein Transmitter duch das vom RADAR ausgesendete Signal aktiviert. Das Fremdobjekt *antwortet* also, und kann dabei zustätzliche Daten übertragen. Sekundärradar wird vor allem in der Luftfahrt eingesetzt. Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht weiter auf diesen Typ eingegangen.

Weiters können RADAR-Systeme nach der Anordnung ihrer Sende- und Empfangsantennen unterschieden werden:

[6] Radio Detecting And Ranging

- Monostatisches RADAR

  Der Abstand zwischen Sende- und Empfangsantenne ist klein gegenüber der Zielentfernung. Häufig wird eine kombinierte Sende- und Empfangsantenne verwendet.

- Bistatisches RADAR

  Die Sende- und Empfangseinrichtungen sind in räumlich großem Abstand angeordnet.

2.3.1 Impulsradar

Beim Impulsradar werden hochfrequente Sendeimpulse ausgesendet. Zur Bestimmung der Zielentfernung wird die halbe Laufzeit des Echos herangezogen. Für die Systemreichweite sind vorallem die Pulsdauer τ_P und die Pulswiederholfrequenz f_P verantwortlich.

Daraus ergibt sich die Entfernung zum Fremdobjekt als

$$R = \frac{c\Delta t}{2} \tag{2.16}$$

Die maximale Verfahrensreichweite ergibt sich bei $\Delta t = \frac{1}{f_P}$ zu

$$R_{max} = \frac{c}{2f_P} \tag{2.17}$$

Die Entfernungsauflösung wird durch die Pulsbreite τ_P bestimmt:

$$R_{aufl} = \frac{c\tau_P}{2} \tag{2.18}$$

2.3.2 CW-Radar

Das CW-Radar sendet permanent mit der Sendefrequenz f_S. Ausgewertet wird die Phasenverschiebung zwischen Sende- und Empfangssignalen. Da die Phasenverschiebung um $k2\pi$ mehrdeutig ist, kann dieses Verfahren nicht für die Entfernungsmessung herangezogen werden. Bei bewegten Fremdobjekten ergibt sich jedoch eine Dopplerverschiebung die zur Bestimmung der Radialgeschwindigkeit des Fremdobjektes herangezogen werden kann.

Die Phasenverschiebung zwischen Sende- und Empfangssignal kann als

$$\Delta\varphi = \varphi_S - \varphi_E = \omega\Delta t = 2\pi f\frac{2R}{c} = 2\pi f\frac{2R}{\lambda f} = \frac{4\pi R}{\lambda} \tag{2.19}$$

angeschrieben werden. Wenn die Radialentfernung R als Zeitfunktion angeschrieben wird

$$R(t) = R_0 \pm v_r t \tag{2.20}$$

kann aus den Gleichungen (2.20) und (2.19) die Dopplerfrequenz

$$f_D = \mp\frac{\Delta\varphi(t)}{2\pi} = \mp\frac{2v_r}{\lambda} \tag{2.21}$$

bestimmt werden.

2.3.3 FM/CW-Radar

Das FM/CW-Radar ist eine Weiterentwicklung des CW-Radars um auch Entfernungsmessungen sinnvoll durchführen zu können. Dazu wird dem dauernd ausgesendeten HF-Signal zusätzlich ein niederfrequenteres Signal mittels FM aufmoduliert. Der Dopplereffekt zwischen Sende- und Empfangssignal kann weiterhin zur Geschwindigkeitsbestimmung herangezogen werden, jedoch kann anhand des niederfrequenteren Signales eine Entfernungsbestimmung durchgeführt werden, da dieses Signal eine weitaus größere Wellenlänge aufweist, und die Mehrdeutigkeit in 2π dadurch ausgeweitet wird.

Anhang A

Physikalische Grundlagen

A.1 Dopplereffekt

Die Ausbreitung Elektromagnetischer Wellen unterliegt dem Dopplereffekt[1]; Bewegen sich Sender und Empfänger aufeinander zu, so ist die empfangene Frequenz f_E größer als die gesendete Frequenz f_S und umgekehrt. Die Frequenzdifferenz f_D ist von der Relativgeschwindigkeit v_r zwischen Sender und Empfänger abhängig.

Gemäß der Doppler-Gleichung gilt:

$$f_E = \frac{f_S \left(1 + \frac{v_r}{c}\right)}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_r}{c}\right)^2}} \tag{A.1}$$

[1] Christian Dopller (1803-1853) österr. Physiker und Mathematiker

Anhang B

Dokumenteninformation

Das vorliegende Dokument wurde mit folgender Software erstellt:

Betreibssystem:	S.u.S.E. Linux 5.3 (Kernel 2.0.35)
	http://www.suse.de/
Textsatzsystem:	TEX 3.14159
Seitenlayout:	LATEX–Report
Abbildungen erstellt mit:	Xcircuit 2.0

Die Vorliegende Version des Dokumentes umfasst:

Blatt:	19
Letzte Änderung:	14. April 1999
TEX- Dateigröße:	$\sum$ ca. 25000 Bytes
Bilddaten:	$\sum$ 56195 Bytes
Gesamtwerk als PostScript:	ca. 220 kBytes
	http://www.fatalmind.com/download/

Verfasser

Name:	Markus Winand
Anschrift:	Maderspergerstr. 1/911
	A-1160 Wien
e-mail:	mws@fatalmind.com

Literaturverzeichnis

[1] Erwin Lertes: *Funkortung und Funknavigation,* Vieweg Verlag 1995, ISBN 3-528-04936-7, TU-Bibliothek

[2] Frank Schrödter: *GPS-Satelliten-Navigation,* Franzi‘s Verlag 1994, ISBN 3-7723-6682-1, HTL-Wien 10 – Schulbibliothek

[3] Svoboda/Trieb: *Physik Band 1,* R. Oldenbourg Verlag Wien 1991, Schulbuch-Nr. 2841, HTL-Wien 10 – Schulbibliothek