

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Funkpeilwesen</b>	<b>1</b>
1.1 Grundlagen der Funknavigation	1
1.1.1 Verfahrensübersicht	1
1.1.2 Funktechnische Grundlagen	4
1.1.3 Vorschriften	13
1.1.4 Nautische Unterlagen	14
1.2 Funkpeilung	15
1.2.1 Funkeigenpeilung	15
Funkpeilerprinzip – Bordpeilanlagen – Funkbeschickung – Funkbeschickung und Unsicherheit der Eigenpeilung – Wahl des Rahmenplatzes an Bord – Navigatorische Nutzung der Eigenpeilung	
1.2.2 Funkfremdpeilung	45
1.2.3 Zukünftige Entwicklung der Funkpeilung	47
1.3 Richtfunkfeuer	49
1.4 Drehfunkfeuer	51
1.4.1 Langwellendrehfunkfeuer	51
1.4.2 UKW-Drehfunkfeuer	51
1.4.3 Consol	52
<b>2 Hyperbelnavigation</b>	<b>59</b>
2.1 Grundlagen	59
2.1.1 Meßprinzipien	61
2.2 LORAN-Funkortungsverfahren	64
2.2.1 LORAN A	64
Senderorganisation – Wellenausbreitung – Prinzip des LORAN-A-Empfängers – Auswertung – Zuverlässigkeit des LORAN-A-Verfahrens	
2.2.2 LORAN C	68
Bedeckung – Senderorganisation – Signalformat – Wellen- ausbreitung – Reichweite – LORAN-A/C-Empfänger – Auto- matischer LORAN-C-Empfänger – Rechnergestützte LO- RAN-C-Empfänger – Bedienung des LORAN-C-Empfängers – Auswertung – Zuverlässigkeit des LORAN-C-Verfahrens	
2.3 Decca-Navigationsverfahren	76
2.3.1 Senderorganisation	76
2.3.2 Feinortung	79

2.3.3	Grobortung	79
	Mark-V-Grobortungsverfahren – Mark-X-Grobortungsverfahren – Streifen und Zonen	
2.3.4	Navigatorische Nutzung	81
	Fahren entlang einer Standlinie – Zwei-Ketten-Verfahren – Zuverlässigkeit des Decca-Navigationsverfahrens	
2.3.5	Decca-Empfänger	84
	Decca-Wegschreiber	
2.3.6	Andere Empfänger	89
2.4	Omega	89
2.4.1	Verfahrensgrundlagen	89
	Prinzip – Senderorganisation – Wellenausbreitung – Stantlienschema	
2.4.2	Navigatorische Nutzung	96
	Nautische Unterlagen – Planung der Omega-Nutzung für eine Reise – Auswertung der Omega-Beobachtungen – Einstellen der Zähler – Zuverlässigkeit der Ortung	
2.4.3	Omega-Empfänger	102
	Aufbau und Signalfluß im Omega-Empfänger – Empfängervarianten	
2.4.4	Sondersysteme mit dem Omega-Verfahren	104
	Differential-Omega – Direkte Abstandsmessung mit Omega	
2.5	NNSS – Transit	105
2.5.1	Einführung	105
	Historische Entwicklung – Verfahrensprinzip – Satellitenbewegung	
2.5.2	Aufbau und Wirkungsweise des NNSS	108
	Satellitenverteilung – Bodenorganisation – Satelliten – Satellitenmeßverfahren – Kurzzeitmessung – Einfangen und Verfolgen eines Satellitensignals – Auswertung	
2.5.3	Systematische und zufällige Fehler	112
	Das Referenzmodell der Erde – Refraktion – Koppelgenauigkeit – Zufällige Fehler	
2.5.4	Nautische Nutzung	116
	Beobachtbarkeit – Zusätzliche Möglichkeit des NNSS-Navigators	
2.5.5	Empfänger	118
	Bedienung – Kombinierte Empfänger	
<b>3</b>	<b>Radar</b>	<b>120</b>
3.1	Einführung	120
3.1.1	Zeichen, Abkürzungen und Symbole	120
3.1.2	Prinzip des Radar	121
3.1.3	Literaturhinweise	123
3.2	Radartechnik	124
3.2.1	Systemkomponenten einer Radaranlage	124
3.2.2	Radarsignalverarbeitung	125
	Steuerimpulsgenerator – Modulator – Sendestufe – Wellenleiter – Antennenweiche (TR-Zelle) – Antenne – Empfänger	

3.2.3	Digitale Verarbeitung der Radarsignale . . . . .	135
	Digitalisierung – Signalverbesserungstechniken – Synthetisches Radarbild mit digitalem Scan-Converter – Farbradar	
3.2.4	Hilfsmittel der Radarbildauswertung . . . . .	140
	Peilscheibe – Feste Abstandsringe – Veränderlicher Entfernungsmeßring – Elektronisches Peillineal – Plotaufsatz – Antikollisionssysteme	
3.2.5	Realisierung besonderer Darstellungsarten . . . . .	143
	Relativdarstellungen – Absolute Darstellung (True Motion)	
3.2.6	Kontrolleinrichtungen der Radaranlage . . . . .	145
3.2.7	Kombination mehrerer Radaranlagen . . . . .	147
3.2.8	Aufstellung der Radaranlage . . . . .	149
	Radarantenne – Sende-Empfangs-Einheit – Anzeigeeinheit	
3.2.9	Wartung der Radaranlage . . . . .	149
3.2.10	Gefährdung durch Radaranlagen . . . . .	150
	Hochfrequenzstrahlung – Röntgenstrahlung – Radioaktive Strahlung	
3.2.11	Bedienung der Radaranlage . . . . .	151
	Vor dem Einschalten – Einschalten der Anlage – Einstellen des Bildes – Abschalten der Anlage	
3.3	Radarziele und ihre Darstellung . . . . .	153
3.3.1	Abbildung und Auflösung von Zielen . . . . .	153
	Radiale Länge des Radarechos und radiales Auflösungsvermögen – Azimutale Breite des Radarechos und azimutales Auflösungsvermögen – Vergrößerung des Radarechos und Verminderung des Auflösungsvermögens durch Strahlung der Leuchtschicht-Kristallite – Echoimpulsleistung – Dämpfung – Beeinflussung der Echogröße durch Impulsdauer und Antennenumdrehungsfrequenz – Beeinflussung des Radarechos durch Mehrwegeausbreitung – Nahauflösung – Nah-echodämpfung – Regenenttrübung	
3.3.2	Radarreichweite . . . . .	162
	Radarhorizont, Radarkimm – Über- und Unterreichweiten	
3.3.3	Störungen des Radarbildes . . . . .	165
	Schattensektoren – Indirekte und Mehrfachechos – Nebenzipfelechos – Überreichweitenechos bzw. Echos auf der 2. Ablenkspur – Störungen durch fremde Radargeräte	
3.4	Darstellungsarten . . . . .	170
3.4.1	Begriffe . . . . .	170
3.4.2	Relativ-vorausorientierte Anzeige (Head-Up) . . . . .	171
3.4.3	Relativ-nordstabilisierte Anzeige (North-Up) . . . . .	172
3.4.4	Relativ-sollkursstabilisierte Anzeige (Course-Up) . . . . .	173
3.4.5	Absolute Anzeige (True Motion) . . . . .	174
3.4.6	Neuentwicklungen . . . . .	175
3.4.7	Darstellungsart und Fahrtgebiet . . . . .	175
3.5	Einsatz von Radar in der Navigation . . . . .	176
3.5.1	Interpretation des Radarbildes . . . . .	177
	Probleme der Identifizierung – Erfassungsabstände radarauffälliger Ziele – Identifizierungshilfen in der Seekarte – Dekungsverfahren Radarbild/Seekarte – Weitere Identifizierungshilfen	

3.5.2	Ortsbestimmungen mit Hilfe von Radar . . . . .	180
	Radarpeilung – Radarabstandsmessung – Beispiele für Ortsbestimmungen – Genauigkeitsstaffelung	
3.5.3	Radarnavigation in verschiedenen Seegebieten . . . . .	183
	Hohe See – Ansteuern einer Küste – Küstenbereich – Revierfahrt – Binnenschiffahrt	
3.5.4	Parallel-Indexing . . . . .	186
	Zweck und Prinzip – Vorbereitung – Ausführung und Überwachung – Beispiel zu dem Parallel-Indexing-Verfahren – Anwendungsmöglichkeiten	
3.6	Auswertung des Radarbildes zur Kollisionsverhütung . . . . .	190
3.6.1	Grundsätze . . . . .	190
	Auswertungsmethoden – Allgemeine Leistungsgrenzen der Bildauswertung – Bewegungen, Vektoren – Kurse und Kursdifferenzen	
3.6.2	Anforderungen der SeeStrO an die Bildauswertung . . . . .	193
3.6.3	Ermittlung der absoluten Bewegung . . . . .	194
	Wegedreieck – Berechnung der Geschwindigkeiten und zurückgelegten Wege – Abschätzen der absoluten Bewegung – Erkennen von festliegenden Objekten, Mitläufern und Gegenkommern	
3.6.4	Ermittlung von CPA und TCA . . . . .	198
3.6.5	Ermittlung eines Manövers zur Vermeidung des Nahbereichs . . . . .	199
	Vorhersagedreieck – Vektorielle Berechnung der neuen relativen Bewegung; Differenzvektor – Wahl der „richtigen Tangente“ – Auswirkung des Zeitverlustes auf den Passierabstand	
3.6.6	Erkennbarkeit des Manövers auf dem Radar des anderen Schiffes . . . . .	208
3.6.7	Ermittlung der Auswirkungen eines Manövers des eigenen Schiffes auf die relativen Bewegungen weiterer Echos . . . . .	209
3.6.8	Trial-Manöver . . . . .	210
3.6.9	Drehsinn und Betrag des Echoknicks ( $\delta$ ) . . . . .	211
	Winkel $\delta$ bei Fahrtänderungen – Winkel $\delta$ bei Kursänderungen	
3.6.10	Ermittlung des frühesten Zeitpunkts für die Wiederaufnahme des alten Kurses bzw. der alten Geschwindigkeit . . . . .	215
3.6.11	Plotverfahren . . . . .	216
	Relativplot – True Plot	
3.6.12	Plotmedien . . . . .	219
	Papierplot – Bildauswertung auf dem Reflexions-Zeichenaufsatz (Plotscheibe) – Verwendung von Folien	
3.7	Automatische Radarbildauswertegeräte (ARPA) . . . . .	222
3.7.1	Vorbemerkung . . . . .	222
3.7.2	Gesamtanlage . . . . .	222
	Aufbau und Arbeitsweise – Technische Aufgaben von ARPA – ARPA-Bedien- und Anzeigefeld	
3.7.3	Technik der Zielerfassung und Zielverfolgung . . . . .	225
	Unregelmäßigkeiten von Radarechos – Erfassungs- und Verfolgungsfenster – Zielerfassung – Zielverfolgung und Zieldatenfilterung	

3.7.4	Die Funktionen von ARPA . . . . .	229
	Zielerfassung (Akquisition) – Vektordarstellung – Vergangenheitsdarstellung – Alphanumerische Anzeige von Zieldaten – Potentielle Kollisionsorte – Gefahrengebiete um potentielle Kollisionsorte – Manöversimulation – Automatische Warnungen – Fahrtmessung durch Referenzechos – Navigationslinien	
3.7.5	Grenzen und Fehler . . . . .	236
	Fehler der Sensoren und deren Auswirkungen – ARPA-spezifische Mängel und deren Auswirkungen – Anwendungsgebiet – Fehler durch menschliche Interpretation – Unsicherheit – Verhalten des Radarbeobachters	
3.8	Radarhilfsmittel . . . . .	240
3.8.1	Radarreflektoren . . . . .	240
	Metallische Reflektoren – Dielektrische Reflektoren	
3.8.2	Radarfunkfeuer, Radarbaken . . . . .	241
	Ramark – Racon	
3.8.3	Radartagebuch . . . . .	242
3.9	Landseitige Verkehrsüberwachung und -beratung . . . . .	243
3.9.1	Ausrüstungsstand mit Landradaranlagen . . . . .	243
3.9.2	Aufgaben der Revierzentralen . . . . .	243
3.9.3	Technischer Aufbau der Verkehrssicherungssysteme . . . . .	246
3.9.4	Erläuterungen zum nautischen Betrieb . . . . .	248
<b>4</b>	<b>Integrierte Navigation und NAVSTAR GPS . . . . .</b>	<b>251</b>
4.1	Zweck und Aufgaben der integrierten Navigation . . . . .	251
4.1.1	Defizite der einzelnen Navigationssysteme . . . . .	252
4.1.2	Aufgaben und Möglichkeiten der integrierten Navigation . . . . .	252
	Anwendungsbereiche – Steigerung der Ortungsgenauigkeit – Automatische Bahnregelung – Redundanz – Automatische Ketten- und Senderwahl – Selbstkontrolle	
4.1.3	Verschiedene Integrationsstufen . . . . .	253
4.2	Prinzipielle Wirkungsweise . . . . .	254
4.2.1	Überblick . . . . .	254
4.2.2	Eingabe und Eigenschaften der Meßdaten . . . . .	254
4.2.3	Datenverarbeitung . . . . .	255
	Glättung – Filterung – Datenauswahl und Datengewichtung – Module der Datenverarbeitung – Literaturhinweise	
4.3	Darstellung verschiedener integrierter Navigationssysteme . . . . .	257
4.3.1	Allgemeines . . . . .	257
	Systemaufbau – Software (Programme) – Bedienung und Dateneingabe – Bildschirmanzeige der Navigationsdaten – Weitere Datenausgabe und Datenverteilung – Unsicherheiten	
4.3.2	Integrierte Navigationsanlage INA . . . . .	259
4.3.3	Integrierte Navigationsanlage INDAS V . . . . .	261
4.3.4	Nautomat . . . . .	262
4.3.5	DATABRIDGE . . . . .	263
4.3.6	Magnavox MX 1105 . . . . .	264
4.3.7	Weitere Systeme . . . . .	266

4.4	Satellitennavigationssystem NAVSTAR GPS . . . . .	266
4.4.1	Prinzip . . . . .	267
	Ortsbestimmung – Geschwindigkeitsbestimmung	
4.4.2	Charakteristische Merkmale . . . . .	268
4.4.3	Hauptbestandteile des GPS-Systems . . . . .	268
	Weltraumsegment – Bodenkontrollsegment – Empfängersegment	
4.4.4	GPS-Signale . . . . .	270
	Frequenzen – Codierung – C/A-Code (S-Code) – P-Code – Zeit im GPS-System – Navigationsnachricht	
4.4.5	GPS-Empfänger . . . . .	272
4.4.6	Unsicherheiten und Fehlerquellen . . . . .	273
	Positionsunsicherheit – Fehlerquellen – Differential-GPS	
4.4.7	Betriebliche Aspekte und Perspektiven (Stand 1984) . . . . .	274
	Betriebliche Aspekte – Planung – Kosten – Bedenken	
<b>5</b>	<b>Physik . . . . .</b>	<b>276</b>
5.1	Physikalische Größen und Einheiten . . . . .	276
	Physikalische Größen – Größenarten – Basisgrößen, Basiseinheiten – Größengleichungen – Dimensionen – Einheitengleichungen – Zahlenwertgleichungen – Zugeschnittene Größengleichungen – Einheitensysteme – Das Internationale Einheitensystem, Definition der 7 Basiseinheiten des SI-Systems – Atomphysikalische Einheiten für Masse und Energie	
5.2	Raum und Zeit . . . . .	282
	Größen und Einheiten – Geometrische Größen – Kinematische Größen – Weitere Begriffe aus der Schwingungslehre – Der Dopplereffekt – Zeitskalen	
5.3	Mechanik . . . . .	290
	Größen und Einheiten – Kinetische Größen – Einige Bemerkungen zum Begriff Gewicht – Die Newtonschen Axiome	
5.4	Akustik . . . . .	298
	Größen und Einheiten – Weitere Begriffe aus der Akustik	
5.5	Thermodynamik . . . . .	302
	Größen und Einheiten – Die drei Hauptsätze der Thermodynamik	
5.6	Elektrizität und Magnetismus . . . . .	310
	Größen und Einheiten – Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes – Schwingkreis – Wärme- und Lichtwirkung des elektrischen Stromes – Galvanische Elemente – Akkumulatoren – Elektrische Maschinen – Umformung elektrischer Energie an Bord – Einige einfache elektrische Meßinstrumente – Begriffe aus der Elektronik	
5.7	Optische und verwandte elektromagnetische Strahlung . . . . .	334
	Größen und Einheiten	
5.8	Atom- und Kernphysik, Strahlenschutz . . . . .	338
	Größen und Einheiten – Der Bau der Atome – Radioaktivität und Strahlenschutz – Grundregeln für den Strahlenschutz	

5.9	Allgemeine Prinzipien der Physik . . . . .	349
	Die Erhaltungssätze der Physik – Formen der Energie	
5.10	Umrechnung einiger Einheiten in SI-Einheiten . . . . .	352
	Nach Zeichen geordnet – Umrechnung von Masse-Einheiten – Umrechnung von Kraft-Einheiten – Umrechnung von Druck-Einheiten – Umrechnung von Arbeits- bzw. Energie-Einheiten – Umrechnung von Leistungseinheiten	
<b>6</b>	<b>Datenverarbeitung . . . . .</b>	<b>366</b>
	Zusammenstellung einiger Begriffe	
<b>7</b>	<b>Formelsammlung für die Funknavigation . . . . .</b>	<b>384</b>
7.1	Allgemeine Erläuterungen . . . . .	384
7.1.1	Anwendung der Formeln . . . . .	384
7.1.2	Alphabetisches Verzeichnis der in der Formelsammlung verwendeten Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes . . .	385
7.2	Kurs- und Peilungsbeschickungen . . . . .	386
7.2.1	Kursbeschickungen . . . . .	386
7.2.2	Peilungsbeschickungen . . . . .	387
7.3	Besteckrechnung . . . . .	387
7.3.1	Besteckrechnung nach Mittelbreite . . . . .	387
7.3.2	Besteckrechnung nach vergrößerter Breite . . . . .	388
7.3.3	Fahrt, Fahrzeit und Distanz . . . . .	388
7.4	Ausbreitung elektrischer Wellen . . . . .	389
7.4.1	Lichtgeschwindigkeit . . . . .	389
7.4.2	Fortpflanzungsgeschwindigkeit . . . . .	389
7.5	Funkpeilwesen . . . . .	389
7.5.1	Funkbeschickung . . . . .	389
7.5.2	Koeffizienten der Funkbeschickungsformel . . . . .	389
7.5.3	Eigenpeilungen über große Distanzen . . . . .	390
	Konstruktion der Funkstandlinie mit Hilfe der Peilungsdifferenz – Ort aus zwei Eigenpeilungen und Besteckversetzung	
7.5.4	Drehfunkfeuer . . . . .	391
	Meterwellenbereich – Langwellenbereich (Consolfunkfeuer)	
7.6	Satellitennavigation . . . . .	391
7.7	Radar . . . . .	392
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>393</b>