

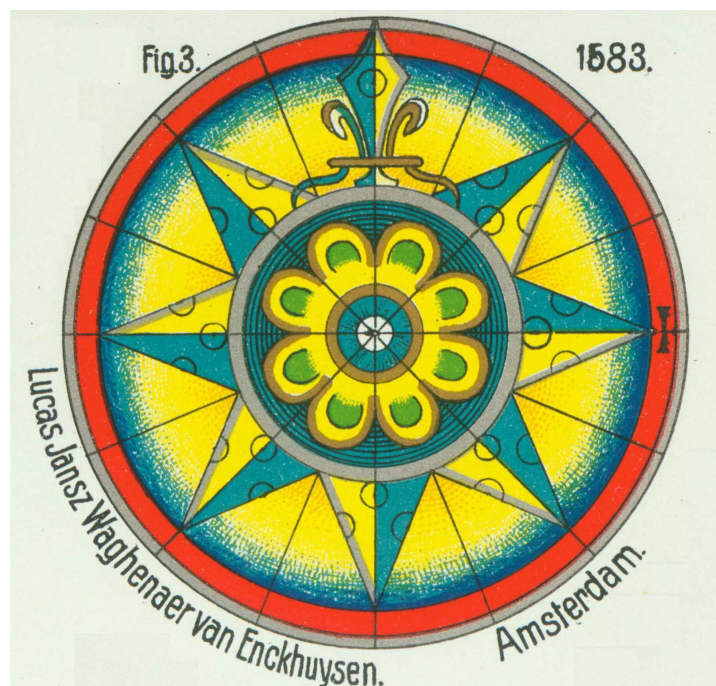
Nuncius Hamburgensis  
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften  
Band 14

---

Gudrun Wolfschmidt (Hrsg.)

*„Navigare necesse est“*  
Geschichte der Navigation

Begleitbuch zur Ausstellung in Hamburg und Nürnberg



2008

# Nuncius Hamburgensis

## Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften

---

Hrsg. von Gudrun Wolfschmidt,  
Bereich Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik,  
Department Mathematik, MIN-Fakultät, Universität Hamburg  
ISSN 1610-6164

*Diese Reihe „Nuncius Hamburgensis“  
wird gefördert von der Hans Schimank-Gedächtnisstiftung.  
Dieser Titel wurde inspiriert von „Sidereus Nuncius“ und von „Wandsbeker Bote“.*

<p>Wolfschmidt, Gudrun (Hrsg.): „<i>Navigare necesse est</i>“ – Geschichte der Navigation. Begleitbuch zur Ausstellung 2008/09 in Hamburg und Nürnberg. Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften; Band 14 Herstellung und Verlag: Books on Demand GmbH, Norderstedt 2008 (ISBN 978-3-8370-3141-6).</p>
--

Web-Seite der Ausstellung, zusammengestellt von Gudrun Wolfschmidt  
unter Mitwirkung von Karl Heinrich Wiederkehr:  
<http://www.math.uni-hamburg.de/spag/ign/events/navi-exh.htm>

*Abbildung auf dem Cover vorne und auf Titelblatt: Kompaßrose und Kreuzfahrtschiff  
„Europa“ und Radarturm in Hamburg am Köhlbrandt (Foto: Gudrun Wolfschmidt)*

*Abbildung Titelblatt innen: Kompaßrose, Lucas Jansz Waghenaer van Enckhuysen, Am-  
sterdam 1583 (Schück I, 1911, Tafel 21)*

*Abbildung Frontispiz und auf dem Cover hinten: Hamburger Sternwarte am Millerntor  
und Sextant*

*Zu besonderem Dank verpflichtet sind wir gegenüber der Hans Schimank-  
Gedächtnisstiftung, die uns zuverlässig finanzielle Unterstützung für die Ausstellung  
und das Begleitbuch gewährt hat.*

Bereich Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik, Department Ma-  
thematik, Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften (MIN), Uni-  
versität Hamburg, Bundesstraße 55 – Geomatikum, D-20146 Hamburg

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
<i>Gudrun Wolfschmidt</i>	15
Von Kompaß und Sextant zu Radar und GPS – Geschichte der Navigation	
<i>Gudrun Wolfschmidt</i>	17
1.1 Anfänge der Navigation . . . . .	18
1.1.1 Orientierungskünste der Polynesier . . . . .	18
1.1.2 Odysseus und Pythéas – Navigation in der Antike . . . . .	19
1.1.3 Navigation der Wikinger . . . . .	27
1.2 Terrestrische Navigation . . . . .	29
1.2.1 Magnetismus und Navigation . . . . .	29
1.2.2 Globen, Portulane und die Entwicklung der Kartographie . . . . .	36
1.2.3 Navigation mit Kompaß, Log, Sanduhr und Pinnkompaß . . . . .	41
1.2.4 Magnetische Karten und Magnetischer Verein . . . . .	44
1.2.5 Der Weg zum Kreiselkompaß – Anschütz-Kaempfe und Einstein . . . . .	47
1.2.6 Wind und Meer – Navigation und Hydrographie . . . . .	51
1.2.7 Seezeichen . . . . .	56
1.2.8 Leuchttürme und Feuerschiffe . . . . .	59
1.3 Astronomische Navigation – Winkelmeßinstrumente und Ephemeriden . . . . .	65
1.3.1 Bestimmung der geographischen Breite, Polarstern und Ephemeriden . . . . .	65
1.3.2 Jakobsstab – Transfer von der Astronomie zur Navigation . . . . .	68
1.3.3 Quadrant . . . . .	69
1.3.4 Astrolab und Seeastrolab . . . . .	69
1.3.5 Davis-Quadrant – Backstaff . . . . .	72
1.3.6 Vollkreis – Reflexionskreis . . . . .	72
1.3.7 Oktant und Sextant . . . . .	73
1.4 Längenbestimmung auf See – Astronomische Methoden und Chronometer	78
1.4.1 Astronomische Methoden zur Längenbestimmung . . . . .	78
1.4.2 Zeitmessung – Von der Sonnenuhr zum Chronometer . . . . .	81
1.5 Sternwarte, Navigation und Seefahrt . . . . .	85
1.5.1 Der Nutzen der Astronomie für die Seefahrt (18. Jahrhundert) . . . . .	85
1.5.2 Repsolds Gründung der Hamburger Sternwarte am Millerntor . . . . .	86
1.5.3 Sternwarte und Navigationsschule unter Karl Rümker . . . . .	88
1.5.4 Sternwarte und Navigationsschule unter George Rümker . . . . .	89

1.5.5	Zeitbestimmung und der Hamburger Zeitball . . . . .	90
1.5.6	Firmen für Navigationsinstrumente . . . . .	93
1.5.7	Die Bedeutung der Deutschen Seewarte für die Navigation . . . . .	98
1.5.8	Die Navigationsschule in Hamburg (* 1749) . . . . .	104
1.5.9	Seefahrtsschulen und Navigationsunterricht . . . . .	106
1.6	Von der optischen und elektromagnetischen Telegraphie zur Funktechnik	109
1.6.1	Anfänge der Kommunikation . . . . .	109
1.6.2	Optische Telegraphie . . . . .	110
1.6.3	Elektromagnetische Telegraphie . . . . .	113
1.6.4	Heinrich Hertz – Entdeckungen der Elektrischen Schwingungen . . . . .	115
1.6.5	Drahtlose Telegraphie: Technische Anwendungen der Funktechnik (Marconi, Braun) . . . . .	116
1.6.6	Hülsmeier und sein Telemobiloskop – Anfänge des Radars . . . . .	127
1.6.7	Satellitenavigation GPS . . . . .	133
1.7	Literatur . . . . .	133
Sternenkompaß, Stabkarte und Heilige Kalebasse: Navigation in Ozeanien		
	<i>Michael A. Rappenglück (Gilching)</i>	145
2.1	Hochseetüchtige Segelboote . . . . .	146
2.2	Segeln nach Sternen und Asterismen – der Sternkompaß . . . . .	146
2.3	Navigation nach besonderen Land- und Seezeichen . . . . .	152
2.4	Die „Vogelnavigation“ . . . . .	152
2.5	Die Wellenbewegung des Wassers als Navigationshilfe . . . . .	152
2.6	Ein Set von Navigationshilfen: der Mensch, das Kanu, das wassergefüllte Rohr, der Schattenstab, der Windkompaß . . . . .	155
2.6.1	Das Kanu . . . . .	155
2.7	Das wassergefüllte Rohr . . . . .	156
2.8	Der Schattenstab . . . . .	157
2.9	Der Windkompaß . . . . .	157
2.10	Praktische Lehrgeräte: Stabkarte, Heilige Kalebasse und Steinkanu . . . . .	157
2.10.1	Stabkarte . . . . .	157
2.10.2	Die „Heilige Kalebasse“ – Lehrgerät, kosmografisches Modell, Na- vigationshilfe . . . . .	159
2.10.3	Das „Steinkanu“ – ein archaischer Fahrsimulator . . . . .	160
2.11	Navigation nach mentalen Karten . . . . .	160
2.12	Nautische Schulen: Initiation, Bildung, Mnemotechnik . . . . .	164
2.13	Ozeanische Kosmografien . . . . .	166
2.14	Literatur . . . . .	167
Landmarken, Gestirne, Winde, Leuchttürme – Nautik im Altertum		
	<i>Heidi Tauber (Hamburg)</i>	175
3.1	Seefahrt im östlichen Mittelmeer in der späten Bronzezeit (1600–1050 v. Chr.) . . . . .	176
3.1.1	Das Wrack von Gelidonya . . . . .	176

3.1.2	Das Wrack von Uluburun . . . . .	177
3.1.3	Die Hafenstadt Ugarit . . . . .	179
3.2	Schriftliche Quellen zur Schiffahrtskunde . . . . .	182
3.2.1	Landmarken, Winde, Sternbilder – Darstellungen in der Odyssee .	182
3.2.2	Sternbilder in den <i>Phainomena</i> des Aratos . . . . .	185
3.2.3	Windrichtungen am „Turm der Winde“ in Athen . . . . .	187
3.2.4	Handbücher . . . . .	189
3.3	Häfen und Leuchttürme . . . . .	197
3.4	Schlussbetrachtung . . . . .	203
3.5	Quellen . . . . .	205
3.6	Literatur . . . . .	206
Navigation der Wikinger		
	<i>Perry Lange (Hamburg)</i>	209
4.1	Einleitung . . . . .	209
4.2	Das Wikingerschiff . . . . .	210
4.3	Die Schiffahrtsbedingungen . . . . .	212
4.4	Die Handelsrouten . . . . .	212
4.5	Die Navigation der Wikingerzeit . . . . .	214
4.5.1	Die Küstenschiffahrt . . . . .	214
4.5.2	Segelanweisungen . . . . .	214
4.5.3	Lot und Peilstange . . . . .	215
4.5.4	Seezeichen . . . . .	216
4.5.5	Betonnung . . . . .	216
4.5.6	Die Bedeutung des Windes für die Navigation . . . . .	217
4.5.7	Vögel als Hilfsmittel in der Navigation . . . . .	218
4.5.8	Der Leidarsteinn . . . . .	218
4.6	Hypothetische Navigationsinstrumente . . . . .	220
4.6.1	Die Peilscheibe vom Siglufjord . . . . .	220
4.6.2	Das Sonnenschattenbrett . . . . .	220
4.6.3	Der Sólarsteinn . . . . .	221
4.7	Literatur . . . . .	222
Anfänge der Großschiffsnavigation in Nordeuropa		
	<i>Albrecht Sauer (Bremerhaven)</i>	225
5.1	Das <i>Seebuch</i> (um 1470) . . . . .	229
5.1.1	Das Lot . . . . .	231
5.1.2	Der Kompass . . . . .	233
5.1.3	Loggescheit und Sanduhr . . . . .	235
5.1.4	Seekarten . . . . .	236
5.1.5	Maßangaben in Segelanweisungen und Reiseberichten . . . . .	237
5.1.6	Peilungen . . . . .	238
5.1.7	Lotsen . . . . .	239
5.1.8	Astronomische Navigation . . . . .	241

5.2	Einführende Literatur . . . . .	245
Zur Geschichte der Koordinatensysteme		
	<i>Ernst-Reinhold Mewes (Schleswig)</i>	247
6.1	Erdkoordinaten . . . . .	247
6.1.1	Der Weg zum international anerkannten Nullmeridian . . . . .	247
6.1.2	Der Tagesbeginn . . . . .	248
6.1.3	Die Datumsgrenze . . . . .	248
6.2	Himmelskoordinaten . . . . .	250
6.2.1	Das äquatoriale Koordinatensystem . . . . .	250
6.2.2	Das ekliptikale Koordinatensystem . . . . .	250
6.2.3	Die Präzession des Frühlingspunkts . . . . .	253
6.3	Danksagung und Literatur . . . . .	255
The ‘Magnetick Philosophy’ of William Gilbert – Navigation on see in the darkest night		
	<i>Thomas Sonar (Braunschweig)</i>	257
7.1	William Gilbert and the Gresham circle . . . . .	257
7.2	William Gilberts dip theory . . . . .	259
7.3	The Briggsian tables . . . . .	266
7.4	Bibliography . . . . .	275
Eisenschiff und Magnetkompaß – Entwicklung der Deviationslehre		
	<i>Bernd Wolfram (Hamburg)</i>	277
8.1	Vorbemerkung: . . . . .	277
8.2	Entdeckung der Deviation . . . . .	277
8.3	Erste systematische Untersuchungen . . . . .	280
8.4	Die Untersuchungen von George Biddell Airy . . . . .	283
8.5	Literatur . . . . .	287
Der Kreiselkompass und seine Geschichte		
	<i>Karl Heinrich Wiederkehr (Hamburg)</i>	289
9.1	Literatur . . . . .	296
Tierische Navigationsfehler? Zur Kultur- und Wissenschaftsgeschichte von Walstrandungen		
	<i>Klaus Barthelmess (Köln)</i>	299
10.1	Frühmittelalterliche Kultgegenstände . . . . .	300
10.2	Rechtsquellen . . . . .	300
10.3	Chronographische und historiographische Literatur . . . . .	300
10.4	Walstrandung und Heilsgeschichte . . . . .	301
10.5	Walknochen-Denkmäler an öffentlichen Gebäuden . . . . .	301
10.6	Walstrandungs-Gemälde an öffentlichen Gebäuden . . . . .	301
10.7	Flugblätter und Flugschriften . . . . .	302

10.8 Zeichnungen wissenschaftlichen, administrativen und künstlerischen Interesses . . . . .	304
10.9 Kommerzielle Schaustellung von Wale . . . . .	305
10.10 Moderne Medien . . . . .	306
10.11 Forschungstrends . . . . .	308
10.12 Literatur . . . . .	309
Entwicklung der Leuchttürme – unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Küsten	
<i>Matthias Hünsch (Hamburg)</i>	313
11.1 Historischer Überblick . . . . .	313
11.2 Funktion der Leuchtfeuer . . . . .	315
11.2.1 Standortbestimmung, Kompasspeilung, Standlinie . . . . .	316
11.2.2 Kennzeichnung von Fahrwassern . . . . .	317
11.2.3 Gefahrenbereiche . . . . .	318
11.2.4 Hafeneinfahrten . . . . .	319
11.3 Kennung der Leuchtfeuer . . . . .	319
11.4 Bauwerke . . . . .	320
11.4.1 Steintürme . . . . .	321
11.4.2 Betontürme . . . . .	321
11.4.3 Holztürme . . . . .	322
11.4.4 Eisentürme . . . . .	322
11.4.5 Aluminiumtürme . . . . .	323
11.4.6 Kunststofftürme . . . . .	323
11.4.7 Laternen . . . . .	323
11.4.8 Tageskennung . . . . .	324
11.5 Lichtquellen . . . . .	324
11.5.1 Lichtquellen des Altertums . . . . .	324
11.5.2 Kohlefeuer . . . . .	325
11.5.3 Dochtlampen . . . . .	325
11.5.4 Gasglühlicht . . . . .	326
11.5.5 Elektrische Lichtquellen . . . . .	327
11.6 Optiken . . . . .	330
11.6.1 Spiegel . . . . .	331
11.6.2 Glaslinsen . . . . .	332
11.6.3 Kombinationen aus Linsen und Spiegeln . . . . .	336
11.7 Kennungsgeber . . . . .	336
11.8 Leuchtfeuerwärter . . . . .	338
11.9 Zukunft der Leuchtfeuer . . . . .	339
11.10 Literatur . . . . .	339

Vom Hafen auf die hohe See – Seezeichen auf der Elbe	
<i>Detlev Machoczek (Hamburg)</i>	341
12.1 Einleitung . . . . .	341
12.2 Pricken und Baken . . . . .	341
12.3 Tonnen . . . . .	343
12.4 Leuchttürme, Richt- und Leitfeuer . . . . .	346
12.5 Feuerschiffe in der Elbmündung . . . . .	348
12.5.1 Leuchtfeuertechnische Anlagen . . . . .	352
12.5.2 Akustische und Hochfrequenz-Ortungsanlagen . . . . .	352
12.6 Literatur . . . . .	355
J. Pintsch & Söhne: Die Leuchttonne –	
Mehr Licht für die Schifffahrt	
<i>Detlev Machoczek (Hamburg)</i>	357
13.1 Einleitung . . . . .	357
13.2 Julius Pintsch & Söhne . . . . .	357
13.3 Die Entwicklung der Leuchttonne . . . . .	358
13.4 Die Technik . . . . .	360
13.5 Literatur . . . . .	365
Die Gründung der Hamburger Sternwarte und der Navigationsschule auf der	
Henricus-Bastion am Wall	
<i>Jürgen Koch (Hamburg)</i>	367
14.1 Repsolds Memorandum an das Admiraltätskollegium vom 30. März 1811	
(Staatsarchiv Hamburg) . . . . .	367
14.1.1 Die Gründungsphase der Sternwarte . . . . .	369
14.2 Die Inbetriebnahme . . . . .	380
14.3 Die Sternwarte und die Navigationsschule werden Staatsinstitute . . . . .	384
Anfänge der meteorologischen Navigation im Südatlantik	
<i>Cornelia Lüdecke (München)</i>	387
15.1 Einleitung . . . . .	387
15.2 Matthew Fontain Maurys Segelanweisungen . . . . .	387
15.3 Georg Neumayers tägliche synoptische Südatlantikkarten . . . . .	389
15.4 Wladimir Köppens Windkarten . . . . .	392
15.5 Erich von Drygalskis internationale meteorologische Kooperation südlich	
30°S . . . . .	393
15.6 Schluß . . . . .	398
15.7 Literatur . . . . .	400
Georg von Neumayer und seine Verdienste in der Navigation	
<i>Karl Heinrich Wiederkehr (Hamburg)</i>	403
16.1 Einleitung . . . . .	403
16.2 Denkschrift zu einer meteorologisch-geophysikalischen Navigation 1856 . . . . .	403

16.3 Einführung der Deviationslehre beim Magnetkompass . . . . .	406
16.4 Literatur . . . . .	410
Zeitmessung in der Seefahrt mit speziellen Sanduhren	
<i>Bernhard Möller (Hamburg)</i>	413
17.1 Einleitung . . . . .	413
17.2 Glasen- und die Log-Sanduhr . . . . .	414
17.3 Glaskolben und Füllung . . . . .	415
17.3.1 Herstellung von Glaskolben und Glaskörperformen . . . . .	415
17.3.2 Einige Anmerkungen zum Schüttgut . . . . .	415
17.4 Beispiele für Glasen- und Wachsanduhren, 30 Minuten bis 4 Stunden . .	417
17.5 Beispiel für Logsanduhren, Laufzeiten 14 oder 28 Sekunden . . . . .	422
17.6 Anhang: Messanordnung zur Messung der Schiffsgeschwindigkeit . . . . .	425
17.7 Literatur . . . . .	426
Entwicklung des Chronometers	
<i>Manfred Lux (Wedel)</i>	429
18.1 Sprachverwirrung um den Begriff „Chronometer“: Seeuhr – Längenuhr – Chronometer . . . . .	429
18.2 Das „Längenproblem“ und seine Lösung durch John Harrison . . . . .	431
18.3 Johann Heinrich Kessels und seine Bedeutung für die Entwicklung der Chronometer in Deutschland . . . . .	435
18.3.1 Alexander von Humboldts königliches Geschenk . . . . .	435
18.3.2 Wer war nun der Altonaer Chronometermacher Johann Heinrich Kessel? . . . . .	436
18.4 Kessels „Altonaer Schule“ und die Nachfolger Kessels in Altona und Ham- burg . . . . .	438
18.5 Von der Manufaktur zur industriellen Fertigung – Die 100jährige Geschichte der Wempe Chronometerwerke in Hamburg . .	440
18.5.1 Gründung der Chronometerwerke in Hamburg (1905) . . . . .	441
18.5.2 Zeitzeichengeber . . . . .	443
18.5.3 Übernahme der Chronometerwerke durch Wempe . . . . .	443
18.5.4 Entwicklung des Einheitschronometers und die Kriegsproduktion .	446
18.5.5 Der Neuanfang nach 1945 . . . . .	447
18.6 Zeitbestimmung und Zeitbewahrung – Wechselbeziehungen zwischen Astronomen und talentierten Uhrmachern . . . . .	448
Bemerkungen zur modernen Astronomischen Navigation	
<i>Reinhard A. Krause (Bremerhaven)</i>	451
19.1 Literatur . . . . .	458
Radarnavigation in der Seeschifffahrt	
<i>Harald Goldbeck-Löwe (Hamburg)</i>	461
20.1 Schiffe im Nebel . . . . .	461

20.2	Entwicklungen bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs . . . . .	462
20.3	Radarnavigation an Bord von Seeschiffen . . . . .	465
20.3.1	Die ersten Geräte in der Handelsschiffahrt . . . . .	465
20.3.2	ARPA, Raster Scan Scope und Digitalisierung . . . . .	470
20.3.3	ECDIS, GPS, AIS und Systemintegration . . . . .	474
20.4	Navigationsunterstützung durch Landradarketten . . . . .	480
20.4.1	Konzept und erste Realisierungen im Ausland . . . . .	480
20.4.2	Planung der ersten Radarkette im Hamburger Hafengebiet . . . .	480
20.4.3	Ausbau der Radarketten an der Deutschen Bucht . . . . .	482
20.5	Das Verkehrssicherungssystem Elbe – ein Beispiel . . . . .	485
20.6	Glossar . . . . .	489
20.7	Literatur . . . . .	491
Flugnavigation und Sextanten		
	<i>Hans Blank (Hamburg)</i>	495
21.1	Die Entwicklung der Flugnavigation . . . . .	495
21.1.1	Organisationen der Flugnavigation . . . . .	497
21.2	Einleitung: Navigationsinstrumente bis zum 18. Jahrhundert . . . . .	498
21.3	Sextanten zur Flugnavigation . . . . .	500
21.3.1	Künstliche Horizonte . . . . .	500
21.3.2	Libellensextant . . . . .	500
21.3.3	Pendelsextanten . . . . .	502
21.3.4	Kreiselsextant . . . . .	502
21.4	Motorflug . . . . .	503
21.4.1	Atlantiküberquerungen . . . . .	503
21.5	Moderne Flugzeugsextanten . . . . .	505
21.5.1	Periskop-Sextant . . . . .	507
21.5.2	Automatischer photoelektrischer Sextant . . . . .	507
21.5.3	Fairchild A-10A . . . . .	507
21.6	Schlussbetrachtung . . . . .	509
21.7	Literatur . . . . .	509
Funknavigation und -lenkung von Luftfahrzeugen und Raketen im Zweiten Weltkrieg		
	<i>Thomas Lange (Hamburg)</i>	513
22.1	Funkführungs- und Navigationsverfahren . . . . .	515
22.1.1	Die zivilen Funklandeverfahren . . . . .	515
22.1.2	Das X-Verfahren im „Battle of Britain“ . . . . .	516
22.1.3	Der Knickebein-Leitstrahl, the „Crooked Leg“ . . . . .	519
22.1.4	Das Y-Verfahren, der „einäugige Wotan“ . . . . .	521
22.1.5	GEE – Hyperbelnavigation der englischen Bomber . . . . .	524
22.1.6	OBOE – der gefürchtete Bumerang . . . . .	526
22.1.7	H2S – Angriff mit der Zentimeterwelle . . . . .	529
22.2	Funklenkverfahren . . . . .	532
22.2.1	Fernlenkung von ballistischen Raketen . . . . .	532

22.2.2 Fernlenkung von Flugabwehrraketen . . . . .	534
22.3 Zusammenfassung . . . . .	537
22.4 Quellenangaben . . . . .	538
Abbildungsverzeichnis	540
Autoren	553
Nuncius Hamburgensis	563
Index	567