

Von Funksignalen zu Satelliten

Die Geschichte der elektronischen, maritimen Navigation



Seit Jahrtausenden ist die Navigation ein zentrales Element der Seefahrt. Doch während sich Seeleute einst auf Sterne, Sonne und Landmarken verlassen mussten, hat die elektronische Navigation die maritime Welt grundlegend verändert. Diese Entwicklung ist eine Geschichte von technologischem Fortschritt, wissenschaftlicher Neugier und dem unermüdlichen Streben nach Sicherheit und Effizienz auf See.

- Kapitel 1: Die Anfänge – Funknavigation in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts
- Kapitel 2: Radar – Der Blick durch Nebel und Dunkelheit
- Kapitel 3: Decca, Omega & Co. – Der Wettlauf um Langstreckensysteme
- Kapitel 4: Der große Durchbruch – GPS und GNSS
- Kapitel 5: AIS – Verkehrsinformationen in Echtzeit
- Kapitel 6: ECDIS – Die digitale Seekarte
- Kapitel 7: Integration und Automation – Die digitale Brücke der modernen Schifffahrt
- Kapitel 8: Risiken und Redundanz – Navigieren mit Sicherheitsnetz
- Kapitel 9: Blick in die Zukunft der Navigation – Zwischen KI, Autonomie und neuen Dimensionen
- Kapitel 10: Elektronische Navigation in der Sportschifffahrt, beim Fahrtensegeln und Blauwassersegeln

Die Anfänge – Funknavigation in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts |

Kapitel 1

Mit der Erfindung des Radios begann ein neues Kapitel der Navigation. Schon im Ersten Weltkrieg kamen erste Funkpeilverfahren zum Einsatz. Der grundlegende Gedanke war einfach: Radiowellen breiten sich geradlinig aus – und wer ihre Richtung bestimmen kann, kann auch die Position eines Senders oder Empfängers abschätzen. Erste Peilempfänger auf Schiffen ermöglichten es, den Kurs zu justieren, Funksprüche zu orten oder im Notfall Hilfe zu finden.



Ein bedeutender Schritt folgte mit der Entwicklung von Systemen wie GEE (britisch) und LORAN (amerikanisch) im Zweiten Weltkrieg. GEE arbeitete im VHF-Bereich (Very High Frequency) und wurde vor allem in der Luftfahrt genutzt. LORAN hingegen war für maritime Anwendungen prädestiniert. Es basierte auf der Messung von Laufzeitunterschieden zwischen Signalen mehrerer synchronisierter Sendestationen. Aus diesen Laufzeitunterschieden konnten hyperbolische Positionslinien berechnet werden, deren Schnittpunkt die Position markierte.

LORAN-A erreichte eine Genauigkeit von rund 1–2 Seemeilen. In den 1950er Jahren wurde LORAN-C eingeführt – mit verbesserter Genauigkeit (unter 0,25 Seemeilen) und größerer Reichweite. Es wurde weltweit installiert und war bis in die 2010er Jahre in Betrieb. Parallel dazu nutzten viele Schiffe Funkpeilgeräte, die auf Lang- oder Mittelwellenstationen abgestimmt waren, um Peilungen zu festen Sendern an Land zu nehmen. Diese Technik, oft in Kombination mit klassischer Koppelnavigation, war Jahrzehnte lang der Standard auf See.

Radar – Der Blick durch Nebel und Dunkelheit | Kapitel 2

Während des Zweiten Weltkriegs wurde Radar zur entscheidenden Technologie. Ursprünglich



zur Flugzeugabwehr entwickelt, ermöglichte es auch Schiffen, Hindernisse wie Küstenlinien, andere Schiffe oder Eisberge zu orten – selbst bei völliger Dunkelheit oder schlechter Sicht. In der zivilen Schifffahrt hielt Radar in den 1950er Jahren Einzug und ist bis heute unverzichtbar.

Frühe Radargeräte arbeiteten im S-Band (um 3 GHz) oder X-Band (um 9 GHz) – je nach Einsatzzweck. S-Band-Radare waren weniger

störanfällig bei Regen, X-Band-Radare boten eine höhere Auflösung. Das Grundprinzip ist dabei

stets gleich geblieben: Ein Radar sendet elektromagnetische Impulse aus und misst die Zeit, bis ein Echo vom Zielobjekt zurückkehrt. Daraus lassen sich Entfernung und Richtung bestimmen.

Radarbilder zeigen die Umgebung in abstrahierter Form – als helle Punkte oder Flächen auf einem dunklen Bildschirm. Schon die ersten Systeme waren in der Lage, Inselgruppen, Fahrwassertonnen oder Küstenkonturen darzustellen. Mit wachsender Rechenleistung wurden Radar-Overlays auf elektronische Karten möglich. Moderne Radarsysteme nutzen heute Doppler-Effekte zur Unterscheidung zwischen bewegten und statischen Zielen und verfügen über automatische Zielverfolgung (ARPA – Automatic Radar Plotting Aid).

Radar hat sich so zu einem unverzichtbaren Hilfsmittel in der Navigation und Kollisionsvermeidung entwickelt – und war einer der ersten Schritte hin zur digitalen Brücke.

Decca, Omega & Co. – Der Wettlauf um Langstreckensysteme | Kapitel 3

In der Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelte sich ein regelrechter Wettlauf um großflächige, hochpräzise Navigationssysteme – insbesondere für militärische Zwecke, aber zunehmend auch für die zivile Schifffahrt. Die grundlegende Technologie basierte auf dem Prinzip der Hyperbelfunknavigation: Durch die Zeitdifferenz von Signalen, die von mehreren Sendestationen ausgestrahlt werden, lässt sich der Standort eines Empfängers berechnen – als Schnittpunkt mehrerer Hyperbeln.



Das Decca-Navigationssystem wurde 1944 von Großbritannien eingeführt, zunächst zur Unterstützung der Landungsoperationen in der Normandie. Es arbeitete im Langwellenbereich (70–130 kHz) und nutzte ein Netz aus vier Sendern (eine Masterstation und drei Slave-Stations), die jeweils leicht unterschiedliche Frequenzen abstrahlten. Der Empfänger an Bord bestimmte die Phasendifferenzen dieser Signale und zeigte sie als sogenannte Decca-Linien auf einer farbcodierten Karte an. Die Genauigkeit betrug im Nahbereich wenige hundert Meter, auf größere Entfernungen bis zu 1–2 Seemeilen.

Decca wurde rasch in vielen Teilen Europas installiert – u. a. rund um die britischen Inseln, in der Nordsee, im Mittelmeerraum sowie in Fernost. Es war besonders bei der Fischereiflotte und bei Küstenschiffen beliebt, da es bei kontinuierlichem Betrieb eine exakte Rückverfolgung von Kurs und Fanggebieten erlaubte. In der Sportschifffahrt blieb es aufgrund der teuren Geräte und Lizenzkosten jedoch weitgehend unerschwinglich.

Parallel dazu entwickelte die US Navy das OMEGA-System – ein weltweit einheitliches

Funknavigationssystem, das in den 1970er Jahren vollständig in Betrieb ging. OMEGA nutzte acht Sendestationen auf verschiedenen Kontinenten, die Signale im sehr niederfrequenten Bereich (10–14 kHz) abstrahlten. Damit konnten Schiffe ihre Position global bestimmen – mit einer Genauigkeit von 2 bis 4 Seemeilen. Für die damalige Zeit war das ein Meilenstein, vor allem für U-Boote, Überseeschiffe und Flugzeuge auf Langstrecken.

Auch LORAN (Long Range Navigation) entwickelte sich weiter: Die verbesserte Version LORAN-C ersetzte das ältere LORAN-A-System ab den 1950er Jahren. Es bot Reichweiten von bis zu 1.500 nautischen Meilen und eine Genauigkeit von 0,1 bis 0,25 Seemeilen. Im Gegensatz zu Decca war LORAN-C durch digitale Technik besser für Automatisierung und Integration geeignet. Es wurde in Nordamerika, Europa und Teilen Asiens eingesetzt und blieb bis weit ins 21. Jahrhundert aktiv – teils als Backup-System für GPS.

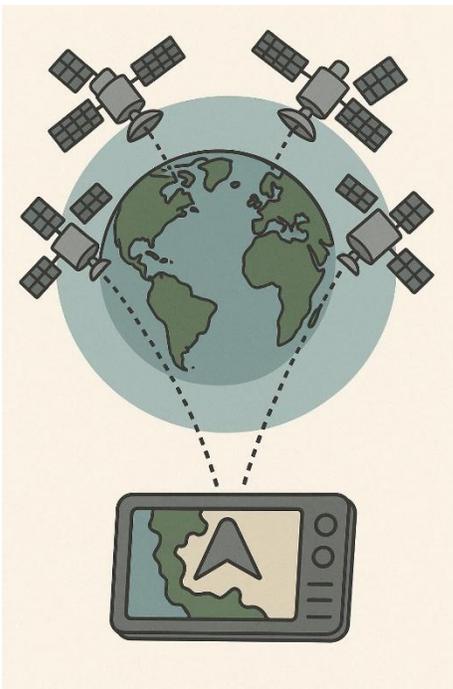
All diese Systeme verband der Wunsch nach globaler, wetterunabhängiger Navigation – noch bevor Satellitentechnologie verfügbar war. Sie waren nicht nur technisch beeindruckend, sondern auch strategisch bedeutend: Wer die Navigationssysteme kontrollierte, hatte Einfluss auf weltweite Handels- und Militärbewegungen.

Die Einstellung von Decca (1990er), Omega (1997) und LORAN-C (2000er) markierte das Ende der Ära terrestrischer Langstreckennavigation – aber ihre Konzepte und Techniken flossen direkt in die Satellitennavigation ein.

Der große Durchbruch – GPS und GNSS | Kapitel 4

Die Entwicklung der Satellitennavigation markierte den vielleicht wichtigsten Wendepunkt in der Geschichte der maritimen Navigation. Mit dem US-amerikanischen NAVSTAR-GPS-System (Global Positioning System), das ab den 1970er Jahren entwickelt und in den 1990er Jahren für die zivile Nutzung freigegeben wurde, begann das Zeitalter der globalen, hochpräzisen und jederzeit verfügbaren Positionsbestimmung.

Das Prinzip ist einfach, aber technisch anspruchsvoll: Eine Konstellation aus mindestens 24 Satelliten in mittlerer Erdumlaufbahn (ca. 20.000 km Höhe) sendet kontinuierlich Funksignale mit sehr genauer Zeitinformation. Ein GPS-Empfänger bestimmt seine Position, indem er die Signallaufzeiten zu mindestens vier Satelliten misst und daraus seine eigene Position in drei Raumdimensionen sowie die Zeit ableitet. Voraussetzung dafür ist eine extrem präzise Zeitmessung – weshalb die Satelliten mit Atomuhren ausgestattet sind.



Die Genauigkeit für zivile Nutzer lag zunächst bei rund 10 bis 15 Metern, wurde aber mit der Abschaltung der künstlichen Signalverschlechterung (Selective Availability) im Jahr 2000 deutlich verbessert. Heute sind Genauigkeiten unter 5 Metern Standard – mit Differential-GPS (DGPS) oder satellitengestützter Korrektur (SBAS, WAAS, EGNOS) sind sogar unter 1 Meter erreichbar.

Neben GPS gibt es heute weitere globale Navigationssatellitensysteme (GNSS): das russische GLONASS, das europäische Galileo und das chinesische BeiDou. Moderne Empfänger können Signale aus mehreren dieser Systeme gleichzeitig verarbeiten („Multi-GNSS“) und erreichen dadurch eine höhere Ausfallsicherheit und Genauigkeit – auch in schwierigen Empfangssituationen wie Häfen oder Fjorden.

In der Schifffahrt wurde GPS rasch zum zentralen Navigationssystem. Es versorgt nicht nur Kartenplotter und ECDIS mit Positionsdaten, sondern auch AIS, Autopiloten, Funkanlagen (DSC), Notrufsysteme (EPIRB) und sogar Maschinensteuerungen. In der Sportschifffahrt hat GPS klassische Verfahren wie Kreuzpeilung oder Koppelnavigation weitgehend abgelöst – auch wenn sie als Backup weiterhin gelehrt und geschätzt werden.

Trotz aller Vorteile ist GPS nicht unfehlbar: Störungen durch Solarstürme, Funkschatten, Signalüberlagerung oder gezieltes „Jamming“ sind reale Risiken. Daher fordert die IMO für die Berufsschifffahrt Redundanz – also Backup-Systeme wie LORAN-C (in einigen Ländern reaktiviert), Inertialnavigation oder optische Verfahren.

GNSS hat die maritime Navigation revolutioniert – durch globale Verfügbarkeit, kontinuierliche Aktualität und eine zuvor ungekannte Integration mit anderen Systemen. Es bildet heute das Rückgrat der elektronischen Navigation.

AIS – Verkehrsinformationen in Echtzeit | Kapitel 5

Das Automatic Identification System (AIS) gehört zu den bedeutendsten Innovationen der maritimen Navigation des 21. Jahrhunderts. Es wurde ursprünglich für die Berufsschifffahrt entwickelt, um Kollisionen zu vermeiden und die Verkehrsüberwachung zu verbessern, hat aber inzwischen auch breite Anwendung in der Sportschifffahrt gefunden.

AIS ist ein automatisches Funkdatensystem, das über UKW-Frequenzen (meist auf Kanal 87B und 88B) statische und dynamische Schiffsdaten sendet und empfängt. Zu den gesendeten Daten

gehören unter anderem:

- MMSI-Nummer (eindeutige Schiffskennung)
- Schiffsname und -typ
- GPS-Position, Kurs über Grund (COG), Geschwindigkeit über Grund (SOG)
- Zielhafen, Abfahrtszeit, erwartete Ankunft
- Informationen über Abmessungen und Navigationsstatus

Diese Informationen werden alle paar Sekunden automatisch gesendet und von anderen AIS-Geräten in der Umgebung empfangen. Die Reichweite beträgt typischerweise 20 bis 30 Seemeilen, abhängig von Antennenhöhe und Wetterbedingungen.

AIS gibt es in mehreren Klassen:

- Klasse A ist für die Berufsschifffahrt vorgeschrieben und sendet mit höherer Leistung und Datenrate.



- Klasse B ist für kleinere Schiffe und Yachten konzipiert und sendet seltener mit geringerer Leistung.
- Zusätzlich gibt es Empfänger, die nur AIS-Daten empfangen, aber nicht senden.

Die Integration von AIS in Kartenplotter und ECDIS-Systeme hat die Navigationssicherheit erheblich erhöht. So können Schiffe potenzielle Kollisionskurse bereits frühzeitig erkennen – auch bei schlechter Sicht oder nachts – und gegebenenfalls über UKW-Funk Kontakt aufnehmen.

AIS ist nicht nur ein Sicherheitsinstrument, sondern auch ein wichtiges Werkzeug für die maritime Verkehrslenkung, Hafenüberwachung und Seenotrettung. Viele Küstenstaaten betreiben sogenannte AIS-Landstationen, die die Schiffsbewegungen entlang der Küste erfassen und in Verkehrszentralen auswerten.

Zudem ermöglichen satellitengestützte AIS-Systeme (S-AIS) mittlerweile auch die weltweite Überwachung von Schiffsbewegungen. Sie werden u. a. für Umweltüberwachung, Fischereikontrolle und Pirateriebekämpfung eingesetzt.

In der Sportschifffahrt erfreut sich AIS wachsender Beliebtheit – sei es zur Kollisionsvermeidung, zur Beobachtung anderer Yachten im Regattabetrieb oder zur Anzeige von Berufsschiffen bei Nacht und schlechter Sicht. Viele Seglerinnen und Segler schätzen zudem die Möglichkeit, über Onlineportale wie MarineTraffic oder VesselFinder verfolgt zu werden oder andere Schiffe unterwegs identifizieren zu können.

Gleichzeitig sollte man sich bewusst sein, dass AIS auch eine gewisse Transparenz schafft: Wer sendet, ist sichtbar – und das weltweit. In sicherheitskritischen Regionen wird deshalb gelegentlich bewusst auf das Aussenden verzichtet oder die Antenne deaktiviert.

Eine weitere potenzielle Gefahr liegt in der Aktualität der AIS-Daten. Die von Schiffen gesendeten Signale haben immer ein gewisses „Alter“, das moderne Kartenplotter in Sekunden oder Minuten anzeigen. Ein Signal, das bereits 15 bis 20 Minuten alt ist, kann jedoch zu fatalen Fehleinschätzungen führen – insbesondere bei schnellen Kurswechseln oder in verkehrsreichen Seegebieten. Daher ist – wie bei allen Navigationsverfahren – eine fundierte Schulung im Umgang mit AIS essenziell, um dessen Vorteile sicher und verantwortungsvoll zu nutzen.

AIS ist heute ein unverzichtbarer Bestandteil moderner Navigation – mit enormem Potenzial, aber auch mit Herausforderungen, wenn es um Datenschutz, Signalmanipulation oder Überlastung der Kanäle geht.

ECDIS – Die digitale Seekarte | Kapitel 6

Mit dem Einzug der elektronischen Seekarte begann eine neue Ära der Schifffahrtsnavigation. Das Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) ist heute das zentrale Navigationsinstrument auf allen größeren Berufsschiffen – und ein Paradebeispiel für die Digitalisierung auf See.



Die grundlegende Idee von ECDIS ist einfach, aber wirkungsvoll: Statt auf gedruckten Papierkarten basiert die Navigation auf digitalen Seekarten, die auf einem Bildschirm dargestellt werden. Doch ECDIS ist weit mehr als nur ein digitales Kartenbild. Es integriert Positionsdaten (GNSS), Radar-Overlays, AIS-Ziele, Tiefeninformationen sowie Wind- und Stromdaten und verknüpft sie zu einer umfassenden, dynamischen Navigationsdarstellung.

Ein wesentliches Merkmal von ECDIS ist, dass es IMO-konform ist – also von der International Maritime Organization als vollwertiger Ersatz für Papierkarten zugelassen. Dies gilt allerdings nur bei Verwendung von offiziellen ENC-Karten (Electronic Navigational Charts). Diese werden weltweit von Hydrographischen Ämtern herausgegeben und folgen dem standardisierten S-57 bzw. S-101 Datenformat.

Ein ECDIS-System verarbeitet ENC-Daten zu sogenannten SENC (System Electronic Navigational Charts) – einem systeminternen Format, das für die Darstellung und Funktionserweiterungen optimiert ist. Im Gegensatz zu einfachen ECS (Electronic Chart Systems), wie sie oft auf Yachten oder kleinen Schiffen genutzt werden, verfügen ECDIS-Systeme über umfangreiche Warn- und Alarmfunktionen: z. B. bei Kursabweichungen, Untiefen, Fahrwasserbegrenzungen, Sperrzonen oder Annäherung an andere Fahrzeuge (in Kombination mit AIS und Radar).

Die Kartendarstellung ist skalierbar (Zoom), filterbar (z. B. Tiefenlinien ein-/ausblendbar), interaktiv (mit Wegpunkten, Kurslinien, ETA-Berechnungen) und kann automatisch mit Updates versorgt werden. Viele ECDIS-Systeme sind redundant ausgelegt (z. B. zwei Displays mit unabhängigen Datenquellen), wie es die SOLAS-Vorschriften fordern.

Für die Berufsschifffahrt ist ECDIS heute Pflicht – für viele Frachtschiffe und Tanker bereits seit 2012. In der Sportschifffahrt findet man meist einfachere ECS-Lösungen, z. B. auf Kartenplottern oder Tablets. Diese basieren oft auf kommerziellen Kartendaten (C-MAP, Navionics) und erfüllen nicht die strengen Anforderungen eines ECDIS – sind aber in Bedienung und Darstellung dem „großen Bruder“ oft sehr ähnlich.

Ein Problem bleibt jedoch: Die Qualität der Karten hängt von der Genauigkeit und Aktualität der ENC-Daten ab. Gerade in wenig vermessenen Seegebieten (z. B. Teilen des Pazifiks oder des Südpolarmeers) kann auch ein ECDIS keine bessere Information liefern als das zugrunde liegende Datenmaterial.

Integration und Automation –

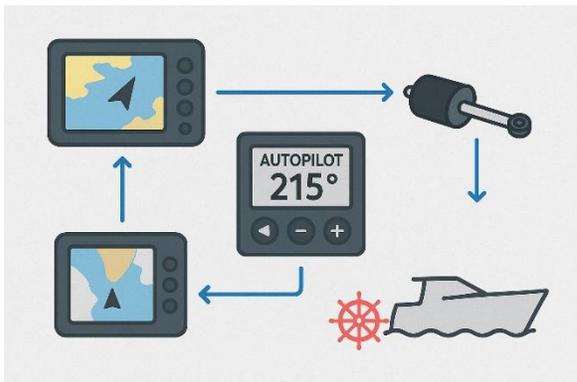
Die digitale Brücke der modernen Schifffahrt | Kapitel 7

Die elektronische Navigation hat sich in den letzten Jahrzehnten von einer Sammlung isolierter Einzelgeräte zu einem hochvernetzten Gesamtsystem entwickelt. Auf modernen Schiffen – egal ob Frachter, Kreuzfahrtschiff oder Fahrtenyacht – laufen heute eine Vielzahl digitaler Datenströme zusammen. Diese Integration bildet das Rückgrat der sogenannten digitalen

Brücke.

Der Grundgedanke: Alle relevanten Informationen aus Navigation, Antrieb, Kommunikation und Umweltbeobachtung sollen an zentraler Stelle zusammengeführt, ausgewertet und visualisiert werden. So entsteht ein umfassendes Lagebild – in Echtzeit.

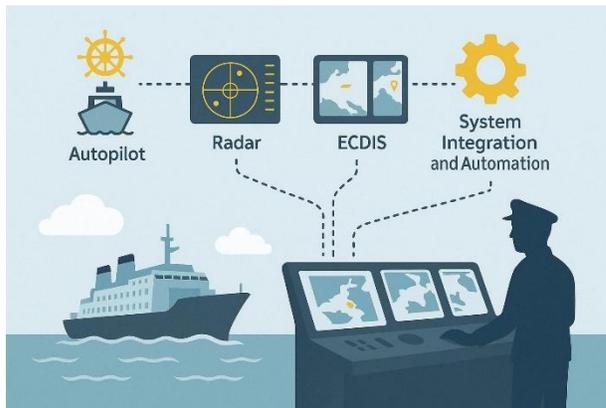
Im Mittelpunkt steht heute meist ein Multifunktionsdisplay oder ein ECDIS-



Terminal, das Daten aus den folgenden Quellen empfängt und kombiniert:

- GNSS-Empfänger liefern Positions-, Kurs- und Geschwindigkeitssignale.
- AIS-Systeme zeigen Schiffsverkehr an und ergänzen Kollisionswarnungen.
- Radar liefert Entfernungen und Zielverfolgungen, die oft als Overlay auf der Karte erscheinen.
- Autopiloten steuern Kurse automatisch anhand eingegebener Wegpunkte oder Sensorinformationen.
- Wind-, Tiefen- und Loggeber erfassen Umwelt- und Fahrtbedingungen.
- Funkgeräte mit DSC-Funktion (Digital Selective Calling) kommunizieren mit Rettungsdiensten.
- Wetterempfänger, z. B. Navtex oder Satellitenmodule, stellen aktuelle Prognosen bereit.
- Maschinen- und Energiesteuerung sendet Statusdaten über Temperatur, Drehzahl, Tankfüllstände.

Diese Integration wird über standardisierte Schnittstellen realisiert – traditionell NMEA 0183, heute meist NMEA 2000 oder herstellerspezifische Netzwerke wie Raymarine SeaTalk NG oder Garmin Marine Network.



Die enge Verzahnung der Systeme ermöglicht ein hohes Maß an Automatisierung: Routen werden vorgeplant, der Autopilot folgt automatisch dem Kurs, Radarziele werden verfolgt, AIS-Ziele farblich markiert, Winddrehungen in die Kursberechnung einbezogen, und Kursabweichungen automatisch gemeldet.

Doch: Automatisierung ist kein Ersatz für Aufmerksamkeit. Zahlreiche Havarien sind auf ein zu großes Vertrauen in Technik zurückzuführen – Stichwort Overreliance. Automatische Kollisionsvermeidung ist nur so gut wie die Datenlage.

Deshalb schreiben viele Reedereien heute eine Human-in-the-loop-Doktrin vor: Automatisierung ja – aber immer mit Kontrolle und Eingriffsmöglichkeit durch den Menschen.

In der Berufsschifffahrt entstehen heute sogenannte Integrated Bridge Systems (IBS): Hier werden alle Navigations- und Steuerungssysteme in einer modularen Architektur vereint. Systeme wie „TotalWatch“, „NaviBridge“ oder „Synapsis“ kombinieren Radar, ECDIS, Maschinensteuerung und Kommunikation in einer einheitlichen Benutzeroberfläche.

Auch im Yachtsport hält diese Entwicklung Einzug: Multifunktionsdisplays auf Segelyachten können heute AIS-Ziele verfolgen, Radarbilder überlagern, Wetterdaten darstellen, Wegpunkte per Fingertipp verschieben und sich mit Mobilgeräten synchronisieren.

Die Integration und Automatisierung haben die maritime Navigation sicherer, komfortabler und

effizienter gemacht. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Schulung, Systemverständnis und Fehlermanagement. Die „digitale Brücke“ ist ein Meilenstein – aber nur in Händen gut informierter Nutzer ein echter Gewinn.

Quellen

Quellen (Kapitel 7):

- IMO e-Navigation Strategy Implementation Plan (2014–2020)
- IHO S-100 Roadmap and MSDI (Marine Spatial Data Infrastructure) documents
- Raymarine, Garmin, Furuno, Simrad – Herstellerdokumentationen (2022–2024)
- NAVCEN (US Coast Guard Navigation Center): www.navcen.uscg.gov
- DNV – Integrated Bridge System Guidelines (Rev. 2023)

Risiken und Redundanz – Navigieren mit Sicherheitsnetz | Kapitel 8

So beeindruckend und präzise die elektronische Navigation heute ist – sie bleibt ein technisches System. Und jedes technische System ist störanfällig. In der maritimen Praxis bedeutet das: Wer sich ausschließlich auf GNSS-Daten, Plotteranzeigen und digitale Instrumente verlässt, segelt mit einem Risiko. Umso wichtiger ist es, die möglichen Schwächen zu kennen – und sich bewusst für Redundanz und Backup-Konzepte zu entscheiden.

1. Technische Risiken – Ausfall, Alterung, Spannung

Elektronik ist empfindlich. Feuchtigkeit, salzhaltige Luft, starke Temperaturschwankungen und Erschütterungen setzen Geräten zu – besonders auf See. Selbst modernste Geräte sind nicht immun gegen Korrosion, Kontaktprobleme, verschlissene Steckverbindungen oder instabile



Stromversorgung. Auch Softwareprobleme, fehlerhafte Updates oder ein eingefrorener Plotter können mitten auf See zum Sicherheitsrisiko werden.

Praxisbeispiel: Auf einem Törn in der Ägäis fiel durch einen defekten Inverter die komplette Stromversorgung im Cockpitbereich aus – inklusive Plotter, AIS und Autopilot. Nur dank einer ausgedruckten Übersichtskarte und dem Kompasskurs konnte die Crew sicher in die geplante Bucht einlaufen.

2. GPS-Störungen – Die unsichtbare Gefahr

GNSS-Signale sind extrem schwach. Entsprechend leicht lassen sie sich stören oder überlagern:

- Jamming (Störung durch Funksender)
- Spoofing (gezielte Irreführung durch gefälschte Signale)
- Abschattung durch hohe Ufer oder Stahlkonstruktionen
- Sonnenstürme oder atmosphärische Anomalien

Praxisbeispiel: Im Bereich des Schwarzen Meeres wurden 2019 mehrfach GPS-Ausfälle durch militärische Spoofing-Versuche gemeldet. Einige Schiffe „bewegten“ sich virtuell in Richtung russischer Häfen, obwohl sie in Wahrheit still vor Anker lagen.

3. Menschliche Risiken – Vertrauen, das trügen kann

Ein Kartenplotter zeigt Position, Kurs und AIS-Ziele. Doch wie aktuell und korrekt sind diese Daten wirklich? Eine AIS-Zielinformation, die 15 Minuten alt ist, kann in engen Fahrwassern lebensgefährlich sein.

Praxisbeispiel: Ein Sportboot wurde auf der Elbe beinahe von einem Binnenschiff gerammt – weil die AIS-Position des Binnenschiffs 2 km hinter der tatsächlichen lag. Der Skipper hatte sich blind auf die Anzeige verlassen.

4. Redundanz – Sicherheit durch Vielfalt

- Zweiter GPS-Empfänger (z. B. als USB-Dongle für Tablet)
- Papierseekarten und Kursdreieck
- Ersatzplotter oder Tablet mit Navionics/OpenCPN
- Notfallnavigation mit Logge, Kompass, Peilung

Praxisbeispiel: Ein Blauwassersegler auf dem Weg von Panama nach Galápagos verlor durch einen Blitzschlag seine gesamte Elektronik. Mit Handpeilkompass, Logbuch und Sonnenstand konnte er seinen Kurs fortsetzen und die Inselgruppe sicher erreichen.

5. Klassische Navigation – Robust und zeitlos

Papierkarten, Peilkompass, Handlot und Kursberechnung per Bleistift sind nicht altmodisch – sie sind unabhängig von Strom, Software und GPS. Jeder Skipper sollte sie beherrschen – nicht nur theoretisch, sondern praktisch erprobt.

Fazit

Elektronische Navigationssysteme sind präzise und leistungsfähig. Doch ihre Schwächen liegen im Ausnahmefall. Redundanz, Fehlerkultur und fundierte Ausbildung sind die besten Versicherungen gegen das Unerwartete.

Quellen (Kapitel 8):

- US Coast Guard Navigation Center: navcen.uscg.gov/gps
- European GNSS Agency: www.gsa.europa.eu
- IMO Guidelines on Resilience of Navigation Systems (MSC.1/Circ.1575)
- UKHO Mariners Handbook (NP100), 2022
- DNV Safety Reports on ECDIS and GNSS Dependency, 2021–2023

Blick in die Zukunft der Navigation – Zwischen KI, Autonomie und neuen Dimensionen | Kapitel 9

Die maritime Navigation befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel. Während Satellitennavigation, Radar und ECDIS heute Standard sind, werfen neue Technologien bereits ihre Schatten voraus – und eröffnen ungeahnte Möglichkeiten, aber auch neue Herausforderungen.

1. Künstliche Intelligenz an Bord

Schon heute kommt künstliche Intelligenz (KI) in der Schifffahrt zum Einsatz – etwa bei der Analyse von AIS-Verkehrsdaten, der Optimierung von Routen oder der automatischen Zielerkennung auf dem Radar. In Zukunft könnte KI aber noch wesentlich mehr leisten:

- Prädiktive Navigation: Systeme lernen aus Wetterdaten, Seeverhalten und Verkehrsmustern und schlagen proaktiv Kursänderungen vor.
- Anomalieerkennung: KI erkennt ungewöhnliche Kursabweichungen, sich nähernde Ziele oder gefährliche Konstellationen schneller als der Mensch.
- Autonome Entscheidungsunterstützung: KI priorisiert Warnmeldungen, bewertet Ausweichmanöver und berücksichtigt rechtliche Rahmenbedingungen (z. B. KVR).

Beispiel: Das Projekt MUNIN erprobt, wie autonome Frachtschiffe mit KI-Navigation zwischen europäischen Häfen operieren könnten – ohne direkte menschliche Steuerung an Bord.



2. GNSS der nächsten Generation

Die Zukunft der Navigation bleibt satellitengestützt – aber auf deutlich höherem Niveau. Neue Entwicklungen umfassen:

- GPS III / Galileo High Accuracy: Genauigkeiten < 10 cm durch neue Frequenzen und Verschlüsselung.
- Dual-Frequency-Empfang: Reduziert atmosphärische Fehler.
- Authentifizierungssignale: Schutz vor Spoofing durch kryptographische Sicherung.
- Megakonstellationen: Private Anbieter wie Starlink testen ergänzende Navigationsmöglichkeiten.

Konzepte wie PPP (Precise Point Positioning) und RTK (Real-Time Kinematic) werden zunehmend auch für kleinere Schiffe zugänglich.

3. Alternative Navigationsverfahren

Abhängigkeit von GNSS ist eine der größten Schwachstellen. Forschungsprojekte entwickeln daher Alternativen:

- Quantennavigation (z. B. Atominterferometrie)
- Lidar-basierte Umgebungsnavigation
- Automatisierte Sternnavigation mit CCD-Kameras

Diese Systeme sind derzeit noch in Pilotphasen, aber mittelfristig für zivile Schifffahrt denkbar.

4. Autonome Schiffe

Die norwegische „Yara Birkeland“ fährt weitgehend autonom. Weitere Pilotprojekte in Japan, China, Südkorea und Nordeuropa zeigen die technische Machbarkeit. Herausforderungen bleiben rechtlicher Natur, z. B. Verantwortlichkeiten bei Kollisionen.

5. Vernetzung und Big Data

- Cloudbasierte Kartendienste mit Echtzeitdaten
- Shared Situational Awareness zwischen Schiffen und Landstationen
- Fernsteuerung und Monitoring aus Kontrollzentren

Gleichzeitig steigt das Risiko von Cyberangriffen. Sicherheit, Verschlüsselung und Redundanz werden zur Pflicht.

Fazit

Die Zukunft der maritimen Navigation ist digital, vernetzt und automatisiert – aber sie verlangt mehr denn je nach kritischem Denken, technischer Bildung und ethischer Verantwortung. Mensch und Maschine werden gemeinsam navigieren müssen – sicher, flexibel und lernbereit.

Quellen

Quellen (Kapitel 9):

- European Maritime Safety Agency (EMSA): Reports on Maritime Digitalisation (2020–2024)
- IMO e-Navigation Strategy, MSC Guidelines on Autonomy and Cybersecurity (2022)
- GSA: Galileo High Accuracy Service documentation (2023)
- MUNIN Project (EU/FP7): www.unmanned-ship.org
- ESA Navigation Science Office: Future GNSS Technologies Briefing Papers
- Fraunhofer CML: Studien zu autonomer Navigation (2021–2024)

Elektronische Navigation in der Sportschiffahrt, beim Fahrtensegeln und Blauwassersegeln | Kapitel 10

Die elektronische Navigation hat in der Sportschiffahrt eine bemerkenswerte Entwicklung durchlaufen. Während sie in der Berufsschiffahrt bereits seit den 1980er Jahren Einzug hielt, dauerte es in der Freizeitschiffahrt länger, bis GPS, elektronische Seekarten und multifunktionale Displays zum Standard wurden. Heute ist selbst auf kleinen Yachten ein elektronischer Kartenplotter kaum mehr wegzudenken.

In der Küstenfahrt nutzen viele Seglerinnen und Segler tragbare Plotter oder Tablets mit Navigations-Apps wie Navionics, C-MAP, OpenCPN oder iSailor. Diese Systeme basieren häufig auf vereinfachten ECS (Electronic Chart Systems), die nicht IMO-konform sind, aber für die private Navigation gut geeignet sind. Sie zeigen GPS-Position, Kurs, Geschwindigkeit, Tiefenlinien, AIS-Ziele und Wetterdaten an – meist übersichtlich, intuitiv bedienbar und kostengünstig.

Im Bereich des Fahrten- und Blauwassersegelns stellt die Navigation höhere Anforderungen:



Redundanz, Ausfallsicherheit und Energieeffizienz spielen hier eine zentrale Rolle. Viele Langfahrtsegler setzen auf eine Kombination aus fest installiertem Plotter, Tablet oder Laptop mit externer GPS-Antenne, AIS-Empfänger oder Transponder sowie klassischer Papiernavigation. Die Fähigkeit, auch ohne Elektronik – etwa bei Stromausfall – mit Papierkarte, Kursdreieck und Handpeilkompass navigieren zu können, bleibt weiterhin eine wichtige Kernkompetenz.

Auch Autopiloten, Windinstrumente, Tiefenmesser, Funkgeräte mit DSC-Funktion, Wetterempfänger und SSB-Funkanlagen sind heute eng mit dem Navigationssystem verknüpft. Die NMEA-Schnittstellen (0183 oder 2000) sorgen dafür, dass Daten ausgetauscht, verarbeitet und auf unterschiedlichen Anzeigen dargestellt werden können.

Elektronische Navigation eröffnet neue Möglichkeiten: Wetterrouting mit GRIB-Daten, AIS-basierte Kollisionswarnung, Kursplanung mit Tidenprognose, Integration mit Radar oder sogar Satellitenbildern. Gleichzeitig ist der verantwortungsvolle Umgang mit dieser Technik entscheidend: Bedienfehler, Softwareabstürze, Kartenlücken oder übermäßiges Vertrauen in die Elektronik können zu gefährlichen Fehleinschätzungen führen.

Daher bleibt eine fundierte Ausbildung unverzichtbar. Skipperinnen und Skipper sollten die Grundlagen der terrestrischen Navigation ebenso beherrschen wie den Umgang mit elektronischen Systemen – insbesondere unter Stress oder bei Nacht.

Elektronische Navigation in der Sportschifffahrt ist heute mehr als ein Hilfsmittel – sie ist ein zentrales Werkzeug für Sicherheit, Komfort und strategische Planung. Wer ihre Möglichkeiten kennt und verantwortungsvoll nutzt, segelt sicherer und entspannter – auch auf langen Passagen jenseits der Küste.

1. Entwicklung der elektronischen Navigation in der Sportschifffahrt

Noch in den 1980er-Jahren navigierte die große Mehrheit der Yachtskipper klassisch: mit Seekarte, Kompass, Handpeilung, Kursdreieck und Logge. Elektronische Unterstützung beschränkte sich auf ein Echolot, ein UKW-Funkgerät – und wenn vorhanden – ein Decca- oder LORAN-Empfänger. Der große Wandel kam mit GPS: Als die zivile Nutzung ab 2000 nicht mehr künstlich verschlechtert wurde (Selective Availability), konnten plötzlich auch kleine Boote ihre Position mit wenigen Metern Genauigkeit bestimmen.

Seither hat sich eine regelrechte Digitalisierung der Sportschifffahrt vollzogen: Kartenplotter, AIS-Transponder, Autopiloten, digitale Windmesser, Wettermodule und Radar sind heute selbst auf Mittelklasse-Yachten weit verbreitet. Viele Crews navigieren inzwischen mit einem Mix aus fest installiertem Kartenplotter und mobilen Geräten wie Tablets oder Smartphones.

2. Gerätelandschaft und Systeme an Bord

Die technische Ausstattung variiert stark – je nach Fahrtgebiet, Budget und Anspruch. Dennoch lassen sich typische Komponenten nennen:

- **Plotter** (z. B. von Raymarine, Garmin, B&G): fest installiert, oft mit Touchscreen, vernetzt über NMEA 2000
- **GPS-Antenne**: intern oder extern, teils doppelt ausgeführt
- **AIS**: Klasse B Transponder (aktiv senden und empfangen), mit Zielanzeige im Plotter
- **Autopilot**: Kurssteuerung nach Wegpunkten, Wind oder GPS-Daten

- **Tablet-Navigation:** mit Apps wie Navionics, iSailor, OpenCPN, teilweise mit Bluetooth-GPS oder WiFi-AIS gekoppelt
- **Wetterdaten:** über GRIB-Download via Iridium/Starlink/SSB oder Internet (z. B. PredictWind, Windy, Squid)
- **Radar:** auf Hochseeyachten zunehmend Standard, insbesondere auf Langfahrt

Viele Systeme sind heute modular aufgebaut und kommunizieren über Netzwerke (z. B. NMEA 2000, SeaTalk, WLAN). Das ermöglicht z. B. die Anzeige von AIS-Informationen auf Tablets, die Steuerung des Autopiloten vom Cockpit aus oder die Übertragung von Wetterdaten direkt auf die elektronische Karte.

3. Praxis auf See – Einsatz und Nutzen

Die elektronische Navigation bietet auf See eine Vielzahl konkreter Vorteile:

- **Schnelle Kursplanung** per Touch mit Tiden- und Wetterdaten
- **Navigationswarnungen** (z. B. bei Untiefe, Sperrzone, Kollisionskurs)
 - **Sichere Nachtfahrt** durch AIS-Ziele und Radar-Overlay
 - **Stressreduktion** in engen Passagen dank Echtzeit-Positionsanzeige
 - **Entspanntes Crewhandling:** Autopilot und Remote-Steuerung erlauben Alleinfahrten



Ein typisches Beispiel aus der Praxis:

„Auf unserer Mittelmeeretappe von Korfu nach Lefkas lief die Navigation komplett über Tablet. AIS war per WiFi angebunden, Kurslinie, SOG und ETA stets im Blick. Beim Passieren der Levkas-Brücke gab der Autopilot exakt den Bugkurs vor, während wir per Tablet die Öffnungszeiten kontrollierten.“

4. Redundanzkonzepte und Backups

Auch auf Yachten gilt: Redundanz ist Sicherheit. Viele Skipper setzen bewusst auf eine doppelte Struktur:

- **Zweiter GPS-Empfänger** (z. B. per USB, Bluetooth oder im AIS-Modul)
- **Tablet mit Offline-Karten** als Backup zum Plotter
- **Papierseekarten** für zentrale Reviere (z. B. Kanal, Karibik, Kapverden)
- **Handkompass, Peilkompass, Kursnotizen im Logbuch**
- **Powerbank oder Solar-Ladegerät** für mobile Navigation bei Stromausfall

Gerade im Blauwassersegeln gilt: Wer sich nur auf einen Plotter verlässt, handelt fahrlässig. Tropische Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit, Blitzschläge oder Seewasser sind ständige Gegner der Elektronik.

5. Ausbildung und Navigationskultur

Die moderne Navigation fordert ein neues Kompetenzprofil. Neben dem klassischen Wissen (Peilung, Koppeln, Kursberechnung) sind heute auch digitale Fähigkeiten gefragt:

- Interpretation von AIS-Daten
- Bedienen von Plottern und Apps
- Verständnis von Netzwerkprotokollen (NMEA)
- Einschätzen der Datenaktualität und GPS-Qualität
- Lesen und Interpretieren von GRIB-Files

Text und Bild erstellt von [Hubert Schierl](#) mit KI-Unterstützung durch ChatGPT, GEMINI