

2 Positionsbestimmung im Raum: Was ist Navigation?

„Die NAVIGATION (lat. navigatio, -onis „Schiffahrt“) ist ein Verfahren zur Positions- und Kursbestimmung ... sowie Planung, Durchführung und Überwachung von Bewegungen auf einem vorbestimmten Weg von einem Ausgangspunkt zu einem definierten Ziel.“

[Bibliographisches Institut F.A. Brockhaus, Mannheim]

Das folgende Kapitel über die Geschichte der Navigation soll einen kurzen Einblick in die Grundprinzipien der Positionsbestimmung im Raum und über deren Entwicklung von den Anfängen der Astronomie bis zum Einsatz von Navigationsverfahren in der Hochleistungstechnik des 21. Jahrhunderts geben.

Sonne, Mond und Sterne:

Um die Fragen „*Wo befinden wir uns?*“ und „*Wie gelange ich an ein gewünschtes Ziel?*“ beantworten zu können, wurden im Verlaufe der vergangenen Jahrhunderte verschiedene Techniken und Hilfsmittel entwickelt. Die Orientierung an den Himmelskörpern stellt dabei die älteste Form der Navigation dar. Besonders auf den Meeren, wo herausragende topographische Merkmale fehlen, orientierte man sich früh an den Gestirnen als den natürlichen Bezugspunkten (Abbildung 2.1).

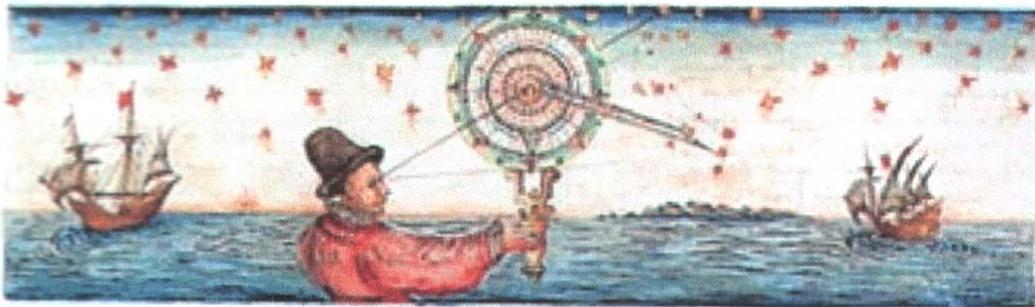


Abbildung 2.1: Antike Navigation mit Hilfe von Himmelskörpern. [Quelle: Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen]

Diese dienten als fester Bezugspunkt zur Routenplanung. Von großer Bedeutung war hierbei der Nordstern, „Polaris“, da dessen Stand am Firmament genau 90 Grad zum Äquator beträgt.

Die ersten Navigationsgeräte, wie das sogenannte Astrolabium (*astrum*, -i: das Gestirn; *labes*, -is: dahingleiten) „Der Sternenfinder“ (Abbildung 2.2A) oder auch „Quadranten“ (Viertelkreise mit 90°-Skala) (Abbildung 2.2B) vereinfachten ab der Jahrtausendwende die Navigation über die Positionsbestimmung von Polaris.

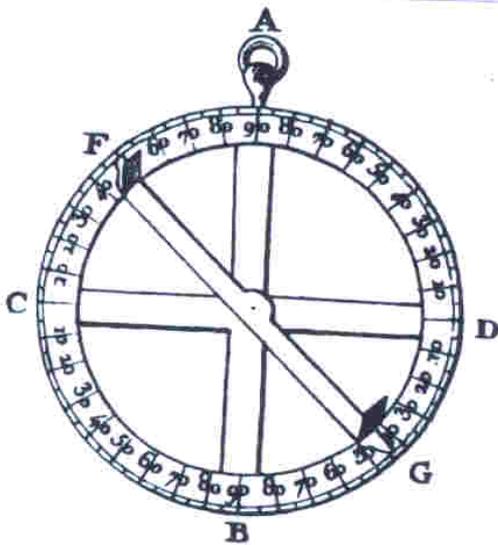


Abbildung 2.2A: Skizze eines Astrolabiums.
[Quelle: P.Ifland Ph.D., Univ. of Texas, USA]

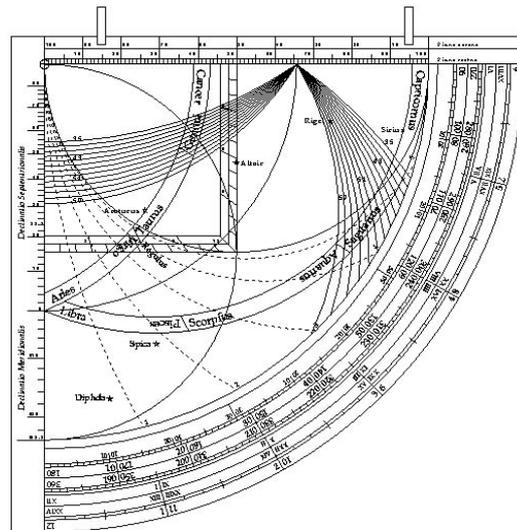


Abbildung 2.2B: Darstellung eines Quadranten.
[Quelle: P.Ifland Ph.D., Univ. of Texas, USA]

Die frühen Navigationsgeräte waren nicht ausschließlich zur Positionsbestimmung geeignet. Sie gaben auch Informationen über Sonnenauf- und -untergangszeiten. Solche auf Basis der Winkelmessung ausgerichtete Instrumente waren bis weit in das 14. Jahrhundert die Standardnavigationsgeräte der Seefahrer. Die mit ihnen gewonnenen Positionsmessdaten wurden zur Orientierung auf Land- und Seekarten verwandt. Zahlreiche Karten des Mittelalters wurden jedoch vornehmlich künstlerisch ausgestaltet und waren aufgrund ihrer zum Teil starken Verzerrung nur bedingt zur Navigation geeignet. Nach Übertragung der Kursdaten in die Karten erreichten die Seefahrer zwar zumeist wieder Festland, häufig jedoch nicht dort, wo sie ankommen wollten.

Erst um 1480 wurde unter Anleitung des portugiesischen Prinzen und Seefahrers Henry „Der Navigator“ auch der Sonnenstand, wiederum mit Hilfe eines Quadranten, zur Positionsbestimmung verwandt. Den nächsten Schritt in der

Entwicklung des Navigationsinstrumentariums stellt der so genannte „Jakobsstab“ (oder „Gradstock“) dar (Abbildung 2.3). Erste Beschreibungen durch den persischen Mathematiker Abu Ali al-Husain ibn Sina-e Balkhi (latinisiert: Avicenna) finden sich zwar bereits um das 11. Jahrhundert, es dauerte jedoch bis in das 14. Jahrhundert, bis der Jakobsstab seinen Weg nach Europa fand, wo er zwischen dem 15. und 17. Jahrhundert seine Blütezeit hatte. Der Name kommt von einer gewissen Ähnlichkeit mit dem Wanderstab der Jakobspilger. Er diente hauptsächlich zur Bestimmung der geographischen Breite durch Messen der Höhenwinkel von Fixsternen (meist des Polarstern) über dem nautischen Horizont.



Abbildung 2.3: Antike Zeichnung über die Anwendung eines Jakobsstabs.
[Quelle: P.Iffland Ph.D., Univ. of Texas, USA]

Abgelöst wurde der Jakobsstab um 1730 durch ein von John Hadley in England und Thomas Godfrey, einem amerikanischen Glaser, entwickeltes optisches, auf mehreren Spiegeln basierendes Instrument, dem Vorgänger des dann im 18. und 19. Jahrhunderts als Standardnavigationsinstrument eingesetzten „Sextanten“.

Navigation mit Funkwellen:

Der deutsche Physiker Heinrich Hertz (1857-1894) entdeckte Mitte der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts, dass sich elektromagnetische (Radio/Funk-)Wellen

gleichmäßig im Raum ausbreiten und damit die Möglichkeit zur Standortbestimmung eröffnen. Mit Hilfe von Signalen verschiedener Funkfeuer gelang es, auf die eigene Position zurückzuschließen. Hierbei senden ortsfeste Sender Funksignale aus, durch welche die Entfernungsunterschiede zu je zwei Sendern ermittelt werden können. Alle Punkte, die den gleichen Entfernungsunterschied zu den beiden Sendern haben, liegen auf einer Hyperbel. Ist ein dritter Sender vorhanden, kann eine zweite Hyperbel erzeugt werden. Der Schnittpunkt der beiden Hyperbeln ist der gesuchte Standort (Abbildung 2.4). Zur unrühmlichen Perfektionierung kamen Verfahren der Funknavigation vor allem in den beiden Weltkriegen.

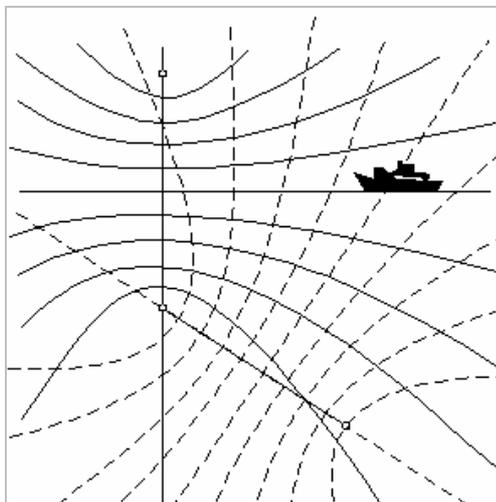


Abbildung 2.4:
Positionsbestimmung per Funknavigation. [Quelle:
Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen]

Signale aus dem Weltraum - Navigationssatelliten:

Nachdem es in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts gelungen war, Satelliten in den Weltraum zu senden, stand neuen Navigationstechniken der Weg offen. In den siebziger Jahren erlangten Navigationssysteme Bedeutung, die auf dem sogenannten Doppler-Effekt basieren. Hierbei umkreisen 6 Navigationssatelliten in 1.100 km Höhe die Erde. Sie senden Funksignale mit bekannten Frequenzen aus. Aus den Differenzen zwischen den empfangenen und den ausgesandten Frequenzen kann der Beobachter seinen Standort ermitteln.

Seit den achtziger Jahren werden unabhängig voneinander das Global Positioning System (GPS) und das Global Orbiting Navigation Satellite System

(GLONASS) u.a. zur Verkehrsführung genutzt. Bei GPS kreisen je 4 Satelliten in 6 Umlaufbahnen, bei GLONASS je 8 Satelliten in 3 Umlaufbahnen in ca. 20.000 km Höhe um die Erde. Weltweit können jederzeit Positionsdaten von mindestens 4 dieser Satelliten gleichzeitig empfangen werden (Abbildung 2.5). Mit diesen Informationen können Flugzeuge sowohl in der Luft, als auch beim individuellen Landeanflug exakt und sicher geführt werden. Rettungsdienste werden via Satellitennavigation zu ihren Einsatzorten geleitet, Verkehrsströme können gelenkt und überfüllte Straßen entlastet werden.

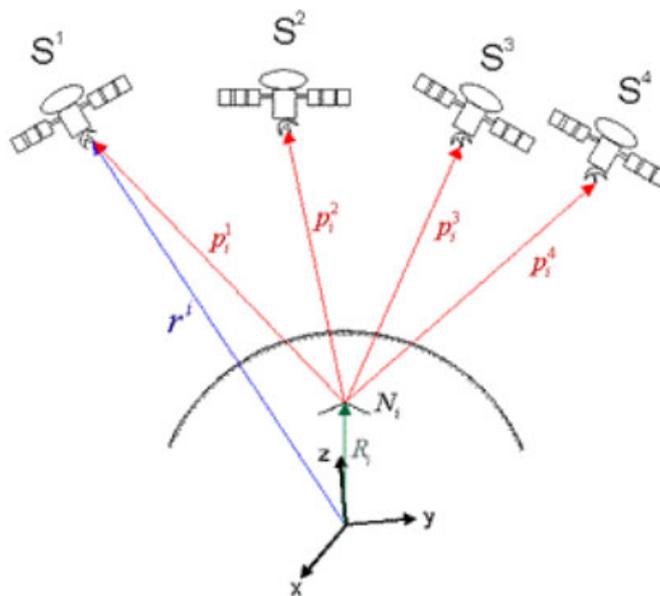


Abbildung 2.5: Positionsbestimmung über Satellitennavigation.
[Quelle: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Direktion Nord]

Dank fortschreitender Miniaturisierung nehmen Navigationssysteme seitdem Einzug in viele Bereiche unseres täglichen Lebens. Mit Hilfe navigierter Steuerungsverfahren werden Arbeitsschritte in der Produktionstechnik automatisiert oder z.B. Bewegungsabläufe in der Filmindustrie per Navigationstechnik für die spätere digitale Verarbeitung aufgezeichnet. Somit war es nur folgerichtig, Navigationsverfahren für diffizile Aufgabenstellungen der Medizin, wie die millimetergenaue Ortung intrakranieller Läsionen oder die Steuerung feiner Operationsinstrumente, einzusetzen.