

Kurzer Abriss der Geschichte der Navigation

Dieser Beitrag soll die Geschichte der Navigation in kurzen Abrissen betrachten. Die Navigation, als Wissenschaft gehört zweifellos zu den interessantesten Gebieten, denn hier spiegeln sich sehr praktische Bedürfnisse der Seefahrt wieder. Wir wollen deshalb ein Bild zeichnen, das vor der Antike beginnt, das Mittelalter und die Zeit der Aufklärung durchstreift und in unserem Jahrhundert endet. Wenn das Fach der Navigation betrachtet wird, darf nicht nur der navigatorische Aspekt betrachtet werden, vielmehr finden sich hier Wissenszweige wieder, ohne denen die wissenschaftliche Navigation nie entstanden wäre, ja nicht mal existieren würde. Zu nennen sind hier die bekannten Grundlagenfächer, wie die Mathematik, die Astronomie, die Geodäsie und die Physik.

Spannen wir also den Bogen von der Antike über die Zeit der „Großen geographischen Entdeckungen“ bis ins 20. Jahrhundert hinein, begegnen wir dabei den Mittelmeervölkern genauso, wie z.B. dem europäischen, arabischen und ozeanischen Kulturkreis.

Der Beginn

Wenn Helios, der Sonnengott mit seinem Feuerwagen die Welt von Ost nach West überquert, um in der Nacht über den unterirdischen Fluß Eridanus wieder zum Anfangspunkt zurückzukehren, hat er den Südpunkt der Erde auf der Hälfte seiner Strecke durchwandert. Gleichzeitig mit Erreichen des Südpunktes bezieht der Feuerwagen seinen höchsten Stand und Helios steuert wieder der Erde zu, um die Nacht seiner Schwester Selene, der Mondgöttin, zu überlassen. Selene, die den Tag bei ihrem Liebhaber, dem schlafenden Zeussohn Emdymion in der Grotte des Berges Lathios in Karien verbringt, besteigt dann ihren goldenen Wagen und zieht ihrem Bruder Helios hinterher, um als mattes Nachtlcht die Erde zu beleuchten.

Und so sehen wir, zu lernen bei den alten Völkern, wie sich die Welt nach den Sternen zu richten vermag. Indem wir genau den Auf- und Untergang und den dazwischen liegenden Weg der Gestirne beobachten, können wir feststellen, dass vor uralter Zeit genau die gleichen Beobachtungen durchgeführt und aufgezeichnet worden sind.

„Wenn das Plejadengestirn die mächtige Kraft des Orion flieht und sich niedersenkt in des Meeres umdunstete Tiefe, alle Winde erheben sodann ihr wirbelndes Wehen, laß dann die Schiffe nicht länger auf dunklem Meere verweilen.“

„Fünfzig Tage, nachdem sich am Himmel die Sonne wendet bis zum Ende des Sommers, der so erschlaffenden Tage, kommt gleichzeitig die geeignete Zeit für die Menschen zur Seefahrt.“

Diese Zitate des griechischen Dichters Heloid (um 700 v. d. Z.) aus seinem Buch „Werke und Tage“ beschreiben den Wert damaliger Beobachtungen als unabdingbare Notwendigkeit für die praktische Navigation. So wie die Völker der Erde es schafften, in zahlreichen Hochkulturen aufzugehen, erreichten diese Kulturen auch einen beachtlichen Stand im Beobachten und den daraus resultierenden Gebrauch der Gestirne. Ob wir bei den Mittelmeervölkern der babylonischen, ägyptischen oder hellenistischen Kultur verbleiben oder unseren Blick wenden zu den Kulturen der Inka, Azteken, Maya, Chinesen, Inder Araber oder auch der Polynesier (Ozeanien), immer werden wir feststellen, dass der Himmel beobachtet, ausgewertet, bewertet und auch für praktische Belange der Astronomie (Navigation) benutzt wurde. So zum Beispiel waren es die astronomischen Phänomene der Tag- und Nachtgleichen oder die der Zeiteinteilung des Tages, des Monats und des Jahres nach der Sonne oder dem Mond, welche in allen Hochkulturen der frühen Menschheit Anwendung fanden.

Auch waren die „wandernden Sterne“, so von den Griechen mit dem bis heute erhaltenen Wort „Planet“ bezeichnet, bekannt. Zwar fand man lange Zeit keine Erklärung für diese sich doch so merkwürdig am Himmel verhaltenen fünf hellen Sterne, doch gab es immer wieder Versuche die so seltsamen Bewegungen in ein gesetzmäßiges Gefüge zu bringen.

Das Wagenrad ist kreisrund.
Die Töpferscheibe ist kreisrund
Der Ball ist kreisrund.
Die Erde ist kreisrund.
Der Kosmos ist kreisrund.

Als im Jahre 235 v.d.Z. der griechische Gelehrte Eratosthenes aus Kyrene (etwa 275 bis 195 v.d.Z.) die Leitung der Bibliothek im ägyptischen Alexandria übernahm, waren dort

hervorragende Schriften der griechischen Wissenschaft gelagert. Neue Erkenntnisse ergaben eine neue Weltanschauung. Während noch zu der Zeit des Herodot von Halikarnassos' (griechischer Geschichtsschreiber und Weltreisender um 450 v.d.Z.) die Gestalt der Erde als Scheibe angenommen wurde, waren die griechischen Astronomen und Gelehrten um 200 v.d.Z. von der Kugelgestalt der Erde überzeugt. Lange brauchte diese Überzeugung, um im alten Griechenland zu reifen. So wurde erstmals der Gedanke, der Kugelgestalt der Erde schon ca. 100 Jahre vor Herodots Zeit durch den Philosophen, Mathematiker und Astronomen Pythagoras von Samos angenommen. Dieser Philosoph gründete in Kroton (Crotone) Mitte des 6 Jh. v.d.Z. einen Geheimbund, dessen Aufgabe darin bestand, wissenschaftliche und philosophische Ansichten zu systematisieren und immer neue Erkenntnisse über das Weltbild zu gewinnen. Wissenschaftliche Erfolge, wie z. B. die Entdeckung, dass die Tonhöhe der Musik von der Länge der schwingenden Seite abhängig ist, prägten den Arbeitsstil dieses Bundes. Die vollkommenste Fläche erkannte man im Kreis. Der vollkommenste Körper war demzufolge die Kugel und die Zahl Zehn war die vollkommenste Zahl. Diese philosophische Grundlage war Ausgangspunkt für das Schaffen einer erneuerten gesetzmäßigen Ordnung im Universum. Die Erde musste und mit ihr alle im Weltraum vorhandenen Körper die Gestalt einer Kugel aufweisen. Die Bahnen der Planeten und der Sonne mussten Kreisbahnen um ein großes Zentralfeuer sein. Diese von mystischen Erscheinungsformen durchdrungene Erklärung der Welt, von der nicht umsonst nur Eingeweihte Kenntnis hatten, hätte wohl zum damaligen Zeitpunkt die ganze griechische Welt ins Schwanken gebracht. Denn die griechische Götterwelt war die andere, nämlich die praktische Welt und mit dem heftigen Widerstand der Priester, wie denen von Delphi, war wohl zu rechnen. So setzte sich diese philosophische Theorie nie ganz durch.

Der erste, wenn auch nur indirekte Beweis der Kugelgestalt der Erde vollzog sich in Auswertung einfacher irdischer und astronomischer Beobachtungen im 4. Jh. v.d.Z. Es war Eudoxos von Knidos und Platon, die gleichzeitig an der Akademie in Athen lehrten sowie Aristoteles, die sich intensiv mit diesen Beweisen befassten.

□□□□ Der Horizont bildet einen Gesichtskreis, der, je höher man steht, im Durchmesser zu nimmt.

□□□□ Schiffe, die von Ferne auf einen zu laufen, fahren einen Berg herauf, denn man sieht zuerst die Mastspitze und später erst den Schiffsrumpf.

□□□□ Wenn bei einer partiellen Mondfinsternis der Erdschatten auf dem Mond sichtbar wird, stellt er sich als Kreis dar.

□□□□ Im Süden sieht man andere Sterne als im Norden.

Diese Beobachtungen ließen die Vermutung zu, dass die Erde eine Kugel ist. Nun musste der Versuch unternommen werden, auch mathematisch die Kugelgestalt der Erde zu beweisen. Dikaiarchos aus Messene / Sizilien (heute Messina) ein Schüler des Aristoteles, führte zuerst geographische Vermessungen von Berghöhen durch. Er war es auch, der die damals bekannte Mittelmeerwelt mit einem Gradnetz versah. Seiner im Jahre 285 v.d.Z. verfassten Erdbeschreibung gab er eine Erdkarte bei, die sich durch das Vorhandensein einer Mittelachse und einer Längsachse auszeichnete. Die Mittelachse begann an der Straße des Herakles (Gibraltar) und endete am Imaos (Himalaja), während sich die Längsachse von dem Ort Syene in Oberägypten (Assuan) bis zur Halbinsel Gelibolu am Hellespont (Lysimacheia) zog (nicht parallel dem heutigen Äquator). Obwohl diese Karte die Expeditionen und Eroberungen des Alexanders des Großen darstellte, ist sie doch ein Beleg für den ersten Versuch der Konstruktion eines Gradnetzes der Erde.

Das war nun das Weltbild, das Eratosthenes kannte, als er als Geograph, Mathematiker und Astronom in Alexandria wirkte. Von der Erde kannte man erst 10% und von den Meeresteilen kannte man nur den Mittelmeerraum mit seinen angrenzenden Gewässern. Und dennoch die

Erde war als Kugel charakterisiert und zum Beweise dessen musste eine Vermessung derselben auch durchführbar erscheinen. So einfach uns heute auch die Vermessungsmethoden erscheinen mögen, die manchmal erst auf Grund ungewollter Zufälle möglich wurden, so großartig zugleich muss man die Ergebnisse betrachten, die erst zweitausend Jahre später auf ihre Richtigkeit hin überprüft wurden.

Und so wollte es der Zufall, dass in Syene ein Brunnen gebaut wurde, der sich auf dem nördlichen Wendekreis befand. Zur Zeit der Sonnensommerwende (21. Juni) war im Brunnen das Abbild der Sonne zu sehen, denn sie stand dann genau im Zenit über dem Brunnen. Wenn man nun genau zeitgleich zu diesem astronomischen Ereignis in Alexandria den Höhenwinkel der Sonne misst, müsste es gelingen, den Erdumfang zu errechnen. So musste Eratosthenes überlegt haben, als er eine Halbkugel mit dem Stab in der Mitte in Alexandria aufstellte, um mit Hilfe der Schattenlänge den Sonnenwinkel zu erhalten. Und tatsächlich bedeckte der Schatten zur Sonnenwende $\frac{1}{50}$ tel des Umfangs der Schale. Die Sonnenhöhe betrug somit $7,2^\circ$ ($360^\circ : 7,2^\circ = 50$). Die Entfernung zwischen Syene und Alexandria entsprach also einem $\frac{1}{50}$ tel des Erdumfangs. Legt man nun das ägyptische Stadion mit 300 ägyptischen Ellen, gleich 157,5 m zu Grunde, errechnet sich der Erdumfang zu 39 375 km, da die damals amtliche Entfernung zwischen Syene und Alexandria mit 5000 Stadien angegeben war. Dieses Ergebnis, auch wenn die geringe Abweichung zum heutigen Wert eher wohl zufällig war, bestätigt dennoch die Erde als Kugel. Fehlerquellen, die Eratosthenes nicht wissen konnte, waren, dass Syene und Alexandria nicht genau auf einem Längengrad liegen. Es besteht ein Längenunterschied von $3^\circ 01'$ zwischen beiden Orten. Auch war der Nord-Südabstand etwas kleiner angesetzt, als wir ihn heute kennen. Doch ist der errechnete Wert höchst erstaunlich, wenn wir ihn mit den heutigen Werten vergleichen, nämlich für den Äquatorumfang 40.075,18 km und für den Erdumfang über die Erdpole 39.940,808 km (Werte nach dem internationalen Referenzellipsoid).

Auch wenn 100 Jahre nach dieser Messung, die Messwerte auf Grund der immer noch unzureichenden oder nicht vorhandenen Instrumente nicht genauer, sondern eher schlechter wurden, -z. B. hatte Poseidonius in Nordafrika und in Kleinasien an Hand von Gestirnmessungen einen Umfang von nur 32 000 km errechnet-, war doch die Kugelgestalt der Erde nicht mehr in Frage zu stellen. Leider hat der alexandrinische Geograph Klaudios Ptolemaios (lat. Claudius Ptolemaes) in seinen Schriften, die noch bis ins 16 Jh. in Europa ihre Unfehlbarkeit behielten, den Erdumfang des Poseidonios benutzt, und diesen damit viel zu klein angegeben. Dieser Fehleinschätzung verdanken wir es letztendlich, dass Kolumbus seine Reise nach Indien in westlicher Richtung antrat und Amerika wieder entdeckte.

Platon sagt „Alle Himmelskörper, insbesondere die Planeten sind nichts anderes als Lichter, die das Denken der ‘Weltseele’ zum Ausdruck bringen.“ Alle Himmelskörper können daher nur auf der geometrisch vollkommensten aller Bahnen angebracht sein, auf Kreisen. Das Dogma der Kreisbahnen war entstanden und nichts sollte an diesem Gesetz für lange Zeit in Europa etwas ändern.

Die Frage ist, wann begann die Navigation eine Wissenschaft zu werden, war doch die Navigation bis ins Mittelalter mit dem Beginn einer Hochseeravigation, die eine andere Art der Navigation verlangte, meist „nur“ eine Sache der Erfahrung und des Kennens eines bestimmten Teils einer Weltgegend.

Erst als man in Europa begann, sich von den Küsten zu lösen, die Zeit der „Großen geographischen Entdeckungen“ begann, musste man auch in der Navigation auf andere weiterführende Methoden zurückgreifen. Man griff auf die Sterne zurück und so wie sich die Astronomie und die Physik zusammen mit der Mathematik entwickelte, so entwickelte sich auch die Navigation. So war die Hochseeravigation im wesentlichen ein Zweig der Astronomie, gekoppelt mit Elementen der terrestrischen Navigation. Die Astronomie ist aber ein Wissenszweig, der ohne die Grundlagen der Mathematik und Physik überhaupt nicht auskommt. So geht eines nicht, ohne das andere.

Die Astronomie wiederum benötigte eine Wissenschaft, die sich mit den Eigenschaften, dem Aufbau und der Bewegung der unbelebten Materie befasst. Es müssen die Kräfte betrachtet werden, die die Bewegungen hervorrufen und es müssen schließlich auch die Energieformen der unbelebten Materie und deren Umwandlung beschrieben werden können. Wir müssen uns also der klassischen Physik erinnern, an dessen Entwicklung und Geschichte, wollen wir den Grundlagen der Astronomie und damit verbunden, den Grundlagen der Navigation auf die Spur zu kommen. Unter Zuhilfenahme der Grundwissenschaften, wie die Mathematik und die Physik, würde es eine Wissenschaft der Navigation nicht geben. Am Beispiel der Physik sei dies erläutert.

Die klassische Physik untersucht nun solche Vorgänge, die anschaulich in Raum und Zeit stattfinden und gliedert sich auf in Mechanik, Akustik, Optik, Wärmelehre, Elektrizität und Magnetik. Wenn wir uns mit den Geheimnissen der Navigation befassen wollen, so sind wir somit veranlasst, uns entsprechend den anstehenden Problemen und auf diese geltenden Gesetzmäßigkeiten der klassischen Physik zu berufen. Wenn wir den Anfang dieser Wissenschaft suchen, so müssen wir in der Geschichte schon bis weit vor der Antike zurück gehen. Wir dürfen auch nicht im Bereich des Abendlandes verbleiben, sondern wir müssen um die ganze Welt schauen. Vor allem das islamische Morgenland war hier noch weit vor dem damaligen Abendland bahnbrechend.

Als Begründer der klassischen Physik im eigentlichen Sinn gilt jedoch der englische Wissenschaftler und Naturforscher Isaac Newton (geb. 04.01.1643, gest. 31. 03. 1727). Newton stellte die Grundgesetze der Mechanik (Axiome) auf, entdeckte auf dem Gebiet der Optik die Farbzerlegung des weissen Lichtes, entwickelte das Spiegelteleskop und erarbeitete auf Grundlage der Keplerschen Gesetze das für die Positionsastronomie so wichtige Gravitationsgesetz. Wie vielseitig Newton seine Untersuchungen gestaltete, sehen wir an weiteren Erfolgen., so die Entwicklung der Differentialrechnung und die Erarbeitung der Grundlagen der Integralrechnung, wobei letzteres gleichzeitig, aber unabhängig mit dem Mathematiker Leibnitz geschah. Ohne die physikalischen Axiome, die auch die Grundsteine für das Erstellen der allgemeinen und speziellen Relativitätstheorie A. Einsteins sind, würde uns das Berechnen der Bewegungen der Himmelskörper (Standortbestimmung), würde uns der Bau von Navigationsgeräten, ja nicht einmal der Bau von modernen Schiffen gelingen, könnten wir die Zeit nicht interpretieren, das Wetter nicht analysieren, die Elektrizität nicht nutzen und vieles mehr. Somit können wir den Zeitpunkt der Entwicklung der Navigation zur Wissenschaft benennen. Es ist der Zeitpunkt, bei dem begonnen wurde, diesen Zweig auf Grundlage anderer Grundwissenschaften zu entwickeln und dieser Übergang war fließend.

Es geschah zuerst in Babylon

Und es dringt zu uns herüber, die Zeit, als die Menschen noch von Göttern geführt wurden. Denn höchst sonderbare Bewegungen führen die „wandernden Sterne“ durch, um auf diesem Weg den Menschen zu verkünden, was gut und was böse ist. Und es tritt hervor, Nabu, der Schreibende, um zu verkünden, was der Wille der Götter ist. Indem nun Nabu die Schicksalstafeln verkündete, war es die Himmelsgöttin Ishtar, die den Menschen das Leben und die Liebe verhieß. Jedoch Nergal beobachtet Ishtar und es kann zu Krieg, Unheil und Tod kommen, wenn Nergal seinen rötlichen Schein auf die Menschheit wirft. Den Mächtigsten, den so schrecklich hell Leuchtenden, den Gott Marduk zu befragen, wenn Gunst und Erbarmen gebraucht werden, liegt im Bereich der Priester, wenn es um Leben und Tod geht. Aber hier ist schließlich noch der Gott der siegenden Sonne. Nibit, der über Recht und Gerechtigkeit entscheidende, und er wird sich wohl erinnern, wem der Tod, wem das Leben und wem Gunst und Liebe zu kommt, denn er beschützt das Wachstum und die Felder.á

Denn er, Gott Marduk, hat am Anfang aller Dinge den Urdrache Tiamat überwunden und gespalten. Aus seinen beiden Teilen dieses riesenhaften Körpers formte er die Himmelskugel und die Erde. Und er nimmt das Blut Kingus, den er ebenfalls tötete und formt daraus die Menschen, die zum Dienst der Götter bestimmt sind.

Als droben noch die Himmel unbenannt,
als drunten noch die Erde ohne Namen,
Apsû, Erzeuger von Uranfang, und
Mummu-Tiamat, erste Mutter aller,
zusammenfließen ließen ihre Wasser, als sich kein Rohrwuchs noch, kein Sumpfland
zeigte,
als noch nirgends Götter waren, ihre Namen
noch unbekannt, ihr Schicksal ohne Lauf—
da stiegen aus den Wassern Götter auf...

So hat Marduk aus dem Chaos die Welt, den Kosmos und die Ordnung für diese Welt gemacht.

Er schuf Aufenthalte für die großen Götter,
legte ihre Sternbilder in Zeichen fest,
bestimmte das Jahr, teilte es in Abschnitte auf,
er bestimmte drei Konstellationen für jeden der zwölf Monate.

aus dem babylonischen Welterschöpfungsepos „Enûmae elis“
zur Zeit der Hammurabi-Dynastie um 1700 v.d.Z.

Als das mächtige Babylon sich noch in zahlreiche Stadtstaaten gliederte, schuf jeder Stadtstaat sich auch seine eigenen Gottheiten. So hat vielleicht jeder Stadtstaat für sich den Mittelpunkt der Welt und des Kosmos beansprucht. Über 600 Götternamen sind bekannt, von denen aber viele miteinander verschmolzen sind. Schließlich setzte sich die Gottheit durch, die der mächtigste Stadtstaat beherbergte. So wurde die Herrschaft Enlils, des Hochgottes der Sumerer in Nippur durch die Marduks abgelöst. Denn Marduk war die höchste Gottheit des Stadtstaats Babylon und das babylonische Reich unter der Herrschaft Hammurapi (1728 bis 1686 v.d.Z.) war auf dem Weg zur Weltmacht. Babel war seine Hauptstadt und zugleich auch Mittelpunkt allen religiösen Lebens des Staates. Schließlich wurde die schon vorhandene Gestirnsordnung (Astralsystem) auf die Religion des Reichsgottes Marduk geprägt.

1Es hatte aber alle Welt einerlei Zunge und Sprache.

2Als sie nun nach Osten zogen, fanden sie eine Ebene im Lande Schinar und wohnten daselbst.

3Und sie sprachen untereinander: Wohlauf, laßt uns Ziegel streichen und brennen! -
und nahmen Ziegel
als Stein und Erdharz als Mörtel

4und sprachen: Wohlauf, laßt uns eine Stadt und einen Turm bauen, dessen Spitze bis
an den Himmel
reiche, damit wir uns einen Namen machen; denn wir werden sonst zerstreut in alle
Länder.

Aus der Bibel 1. Mose 11

Tatsächlich wurde der Babylonische Turm gebaut. Er war ein Bauwerk von vielen und diente vornehmlich der astronomischen Beobachtung. War er nun Hauptheiligtum des Gottes Marduk oder Ausdruck von Macht und Ansehen, auf jeden Fall war er eine astronomische Beobachtungsstation. Die Vorhersage von Finsternissen, die Beschreibung von Planetenstellungen oder die Stellung des Mondes und dessen Aussehen war Gegenstand der Betrachtung. Nach der Zugstraße der Sonne, des Mondes und der Planeten sind die babylonischen zwölf Tierkreisbilder entstanden, die wir teils heute noch kennen. Nach neuesten Ausgrabungsergebnissen soll dieser Turm 90 Meter hoch gewesen sein. Ob nun von diesem Turm aus oder von einer uns nicht bekannten anderen Beobachtungsstation die Meßgeräte zum Himmel gerichtet wurden, immer waren es Beobachtungsergebnisse, die die Richtigkeit im Glauben bestätigten. Astronomische Vorhersagen wurden zum astrologischen Werkzeug, um den Glauben zu stärken und die Götter sprechen zu lassen.

So sah man in Nabu, den Merkur; in Ishtar, die Venus; in Nibid, den Saturn; in Nergal, den Mars und in Marduk, den Jupiter, die Götter, die die babylonische Welt beherrschten.

So wie im alten Babylon die „wandernden Sterne“, neben der Sonne und dem Mond als Gottheiten verehrt wurden, so haben alle frühzeitigen Hochkulturen der Welt dies getan.

Vielleicht werden wir später diesen Göttern noch einmal begegnen, auch wenn sie uns unter einem anderem Namen und in einer anderen Zeitepoche erscheinen. Obwohl eingebettet in Mythen und Gottesbildern zeigen uns die Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen der vergangenen Hochkulturen erstaunliche Ergebnisse. Kenntnisse von überzeugender Wahrheitstreue gegenüber den Vorhersagen waren die Tatsache. Wollen wir hier einige dieser astronomischen Maßarbeiten vorstellen.

□□ Der französische Gelehrte Dr. Marcel Baudouin fand in der Nähe von Poire de Vie einen Steinblock, der eine Sternkarte aus der Jungsteinzeit darstellt. Dieser Stein (Stein von Merliere genannt) stellt in Kreuz- Stern- und Kreisform den Sternenhimmel der Steinzeit dar. An Hand der Sternenanordnung lässt sich dieser Stein vermutlich auf 7000 Jahre v.d.Z. zurück datieren.

□□ Etwa vor 4000 Jahren v.d.Z. entstanden in Europa monumentale Steinbauten. Diese Steinbauten z.B. bei Odry in Westpreußen, in Bützow/Mecklenburg in Frankreich und in Stonehenge bei Salisbury/Südengland, als das bekannteste Bauwerk, kennzeichneten die Positionen der Sonne am Himmel bei ihrem Aufgang bzw. Untergang zur Zeit der Winter- und Sommersonnenwende. Die Bestimmung der Jahreszeiten war dadurch gegeben.

□□ Dort, wo in Ägypten heute der Assuan-Staudamm seinen Standort hat, stand zur Zeit des Pharaos Rames II, am Mittellauf des Nils ein Tempel. Dieser Tempel, als Tempel von Abu Simbel bekannt, schloß im Innersten eine Kammer ein. In dieser Kammer, zu der ein 63 Meter langer Gang führte, befand sich eine Nische, in der die Statue von Rames II, umgeben von Ptah, dem Schöpfer des Himmels, von Amon-Re, dem Herrn der Sonnenstrahlen und von Harachte-Re, dem Symbol des über dem Himmelsbogen fliegenden Falken stand. Zweimal im Jahr fiel durch einen langen Schacht für wenige Minuten das Licht der aufgehenden Sonne. Die Statuen erschienen dann in einem unheimlichen und mystischen Licht. Diese Tage fielen auf den 20. Februar und dem 20. Oktober nach heutiger Zeitrechnung.

□□ Im Jahre 2241 v.d.Z. wird in China ein Aufleuchten eines neuen Sternes bemerkt, der der Größe des Mondes gleichkommen soll. Es handelt sich hierbei um eine erstmalig beobachtete Supernova.

□□ Die Inder bauten in Form einer steilen Treppe eine riesige Sonnenuhr, dessen Treppengeländer in der Meridianebene lag. Die Schattenlinien des Geländers, auf eine Marmorplatte fallend, zeigten die Stunden an. Mit einem später angefügten Anbau konnten die Bramenpriester mittels einer in die Marmorplatte eingravierten Gradeinteilung Angaben über die Umlaufzeiten des Mondes, der Sonne und der Planeten festhalten.

□□ Um 265 v.d.Z. war der Grieche Aristarch von Samos der Meinung, die Sonne bildet den Mittelpunkt der Welt. Die Planeten und auch die Erde umkreisen die Sonne

So wurden astronomische Erkenntnisse, die spätere Grundlage der Navigation in aller Welt

Navigation am anderen Ende der Welt

Wollen wir ein Bild von längst vergangene Zeiten erhalten, in denen eine Orientierung auf dem Meer noch ohne technischen Fortschritt und ohne wissenschaftliche Grundlage geschah, so können wir dies heute noch tun. Wir müssen dorthin schauen, wo sich über 2 000 Jahre lang eine alte Navigation erhalten hat, die so perfekt ist, dass sie ohne eine wissenschaftliche Interpretation auskommt.

Es ist die polynesischen Navigation. Sie ist nachweisbar in mehr als 2 000 Jahren gewachsen. Dagegen ist die europäische Hochseefahrt erst ca. 600 Jahre alt. In den 2000 Jahren der polynesischen Entwicklung hat sich eine Navigation entwickelt, die nur vervollkommen werden konnte, weil sich das bestehende Gesellschaftssystem im Verlaufe dieser Zeit nicht verändert hat. Die Navigation musste besser sein, als die bestehende Entwicklungsstufe dieser Menschheitskultur, sonst hätten die Polynesier nie ein Land über die Weiten der Meere besiedelt. Mit der Übertragung der europäischen Zivilisation im 17., 18. und 19. Jahrhundert auf das Gebiet Polynesiens verschwand scheinbar diese Art der Navigation. Die Europäer hätten lernen können,... und heute erst wird versucht den wertvollen (wissenschaftlichen) Charakter dieser Navigation zu erkennen. Es waren Steinzeitmenschen, die aber aufgrund ihrer Anpassung an die See, der Natur (Strand, Wasser, Wellen, Vögel usw.) ihr Orientierungssystem genauso umsetzen konnten, wie z. B. die Nomadenvölker Asiens oder Afrikas ihre Orientierung in der Prärie oder Wüste gestalten mussten.

Wehe, wehe, o Tawhiri-matea,
Gott der Winde!
Laß deinen Westwind wehen, damit er uns auf
der Seestraße gleich nach Hause trägt,
nach Hawaiki.
Schließ, o schließ deine Augen,
die nach Süden blicken,
damit dein Südwind schläft.

Gesang des neuseeländischen Sternennavigators Kahu-koka auf seinen Weg von Neuseeland nach Hawaiki, dem heutigem Raiatea in der Nähe von Tahiti

So sehr sich zwischen der polynesischen Inselwelt Unterschiede, vor allen in den kulturellen Gebräuchen und Riten aufzeigen, so sehr aber auch muss eine mehr übergeordnete Zusammengehörigkeit angenommen werden. Soziologische, kulturelle und geschichtliche Untersuchungen beweisen heute, dass alle polynesischen Inselgruppen von Menschen des gleiches Kulturkreises bewohnt worden sind.

Die Polynesier besiedelten 1300 v.u.Z. von ihrem südostasiatischen Ursprungsland, den Inseln nördlich Neuguinea kommend, die Fidschi-Inseln. Um ca. 1100 v.u.Z. erreichten sie Tonga, Santa Cruz und auch Samoa. Weiter gingen ihre östlichen Entdeckungsfahrten nach Tahiti, den Cook- und den Tuamotu-Inseln. Die Osterinsel und Hawaii wurde vermutlich 600 u.Z: besiedelt. Zwei Jahrhunderte später wurde dann Neuseeland entdeckt und besiedelt. Das besondere Seefahrzeug ist allen Polynesiern gemeinsam das Doppelkanu.

Dieses polynesisches Doppelboot ist ca. 20 m lang, 40 bis 70 Personen fanden Platz, einschließlich lebender Tiere und Frischwasser. Aber auch Boote bis zu 40 m Länge und bis zu 10 m Breite und mit Platz für zwei- bis dreihundert Personen wurden gebaut. Die Geschwindigkeit betrug (nach J. Cook) 7 bis 9 kn. Für eine Fahrt z. B. von Tahiti nach Hawaii, das sind 2200 sm, wurden ca. 20 Tage benötigt. Die Seetüchtigkeit dieser Boote war besser als die der Wikingerboote. Zwei Anker aus Stein, vorn einen großen, hinten einen kleineren zur Bestimmung der Abdrift gehörten ebenso zur Ausrüstung, wie das Segel und das Pattel. Schließlich hatte man sogar eine Feuerstelle an Bord.

In der Volksdichtung der Polynesier sind zahlreiche Erzählungen von Langfahrten überliefert. So berichtet beispielsweise die Dichtung vom einem Häuptling Te Fatu von der westpolynesischen Insel Rotuma, der mit seinem Sohn Maro Te Tini eine der längsten Hochseefahrten unternahm. Sie besegelten, so die Sage, zunächst alle Gesellschaftsinseln, danach südlich die Tubuai-Inseln und dann weiter nordwestlich die Cook-Inseln (Rarotonga). Von den Cook-Inseln segelten sie dann weiter zur Nordinsel Neuseelands, um von dort aus zur Insel Rotuma, der Heimatinsel des Seefahrers zu gelangen. Schließlich kehrte Te Fatu nach mehreren Jahren wieder zu seiner Frau namens Toa Huri Papa auf Bora Bora zurück. Anlässlich dieser Reise steht ein Heiligtum zum ewigen Gedenken namens Fare Rua „das Haus der beiden“ (gemeint ist Vater und Sohn) an der Meeresküste der Insel Bora Bora. So ist dieser Navigator mittels der polynesischen Navigation durch die halbe Südsee gesegelt.

Hinweise auf eine polynesische Navigation lassen sich auf vielen ozeanischen Inseln finden. So wurde durch Fornander 1878 eine astronomische Plattform natürlicher Art auf Hawaii entdeckt. Die aufgehende Sonne berührt hier zur Sommer- und Wintersonnenwende gerade den nördlichen und südlichen Klippenfelsen.

Im Süden des Stillen Ozeans auf Tonga und hier auf der größten der einhundertachtundfünfzig Inseln, mit Namen Tongatapu, befindet sich ein steinernes

Bauwerk. Dieses Werk der polynesischen Baukunst, die Archäologen nennen es auf Grund seiner Bauform Trilithon, zeigt sich eine zeichnerische Hauptlinie. Sie zeigt das Azimut der aufgehenden Sonne am Tag des 21. Juni, also zum Zeitpunkt der Tag - und Nachtgleichen an und stellt so einen großen Kalender dar.

Die astronomischen „Beobachtungsstationen“ auf Tonga, auf den Gilbert-Inseln, auf Rapa Nui usw., sprechen eine eigene Sprache, wenn es um die polynesishe Astronomie geht.

Tau bedeutet in der Sprache der Tonganer Jahr. Genau diesen Ausdruck verwendet die Bevölkerung der Freundschaftsinseln für die Yamernte. Dieses Tau hatte zwölf Monate: 1. Liha Mua; 2. Liha Mui; 3. Vai Moa; 4. Vai Mui; 5. Fakaafu Mui; 6. Fakaafu Mate; 7. Hilinga Kelekele; 8. Hilinga Meaa; 9. Adao; 10. Fufuune Kinanga; 11. Ulu Enga und 12. Tanu Manga. Der Monat wurde nicht in Tage, sondern in Nächte eingeteilt. Wochen waren verständlicher Weise, da sie auf die jüdische Kulturwelt zurück gehen, nicht bekannt. Der Tag begann bei toe laa, dem Sonnenaufgang und er endete mit dem efiafi, dem Abend. Auch begann das Jahr auf vielen polynesischen Inseln mit dem ersten Aufgang der Plejaden im Osten. Ein Monat hatte 29 bzw. 30 Tage.

Aber hier endeten die astronomische Begriffsauffassung dieser eigentlichen Steinzeitkultur keinesfalls. So hatten die Tonganer den Himmel in drei Teile geteilt, die sie Fanakanga nannten. Es gab einen südlichen, einen mittleren und einen nördlichen Teil der Himmelskugel. Jeder Teil hatte seine besonders auffälligen Sternbilder. Im südlichen Teil war es Tolo, das Kreuz des Südens und Lua a Tangana, das Sternbild der Zwillinge Castor und Pollux, während im mittleren Teil das Sternbild Mataliki, die Plejaden und Matamemea, der Mars vorherrschend waren.

Die Hawaiianer unterschieden zwischen Hokupaa (Fixsternen) und Hokuhele (Planeten). Die Venus hieß Mamamalo, wenn sie als Morgenstern und Naholoholo, wenn sie als Abendstern sichtbar war. Auf anderen Inseln hieß die Venus auch Taurua. Die Plejaden hießen Mata Rii (kleine Augen), auf manchen Inseln auch die „sieben kleinen Schwestern“. Das Kreuz des Südens hieß Taua, der Orion Uru Merenore, der Mars Fetia Uru „flammender Stern“

Von den Gilbert-Inseln ist bekannt, dass dessen Astronomen mit Hilfe der Plejaden jeden zehnten Tag einen bestimmten Standort an Land festlegten. Mit Hilfe von Antares wurde dann die herbstliche Tag- und Nachtgleiche fixiert. Für die Durchführung der Beobachtungen wurden Plattformen angewandt, dessen Steinfiguren spitz waren und die eine Höhe von 0,6 m bis 3,7 m hatten. Das Ritual dieser morgendlichen Beobachtung, das te kauti, sollte Kraft für die Liebe und für den Krieg verleihen. Auch befinden sich auf den Gilbert-Inseln zwei große Steinkomplexe. Die eine Plattform liegt am Nordrand des Butaritari-Atolls. Sie stellt ein steinernes Kanu mit einer Länge von 18 m dar und ist so aufgestellt, dass ein Sternpfad zu den 264 km entfernten nordwärts liegenden Marschall-Inseln erkennbar ist. Die zweite Plattform befindet sich im Südtteil der Gilbert-Insel. Er wird Te Atibu ni Borau genannt. Als E. V. Ward 1946 diese Plattform untersuchte fand er dreizehn Korallenplatten unverändert vor. Er konnte dieser Anordnung noch weitere vier Platten hinzufügen. Aus der bestehenden Anordnung dieser Steinplatten in Dreiergruppen konnte man die Richtung zu den verschiedenen Inseln ablesen.

Die polynesischen Navigatoren wussten, welche Sterne zu welcher Zeit über welche Inseln ziehen. Der Antritt einer Fahrt erfolgte meistens nachmittags bei schönem Wetter. Die Fahrt richtete sich nach einem oder mehreren nacheinander anzusteuern den Leitsternen. Dazu bestimmte man manchmal zwei Hilfssterne, links und rechts davon, die nicht höher als ca. 40° standen.

Die Fahrt wurde angetreten, wenn der Leitstern in einer für die Navigation günstigen Position stand. Die Navigatoren von den Kiribati-Antollen wussten z. B., dass sie den größten Erfolg

für den Verlauf ihrer Fahrt hatten, wenn Antares (Sternbild Skorpion) an der Ostseite (im Juli) aufzugehen begann.

Der Neuseeländer Dr. David Lewis, er ist Jahre lang mit den letzten polynesischen Navigatoren durch die Südsee gesegelt, um die geheimnisvolle Kunst um Kaveinga kennen zu lernen, hat praktisch und theoretisch bewiesen, dass es möglich ist, eine andere ausgefeiltere Navigation anzuwenden, als die europäische.

Die wichtigsten Forschungsergebnisse Lewis' lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1.) Tonganische Navigatoren bestimmten den ungefähren Ort auf See mittels der Wassertemperatur und tatsächlich beträgt der mittlere Temperaturunterschied des Wasser zwischen dem Norden und dem ca. 1600 km entlegenem Süden des im 19. Jahrhunderts durch die Tonganer befahrenen Seegebietes 4°C.
- 2.) Die polynesischen Seefahrer prägten sich die Punkte, an denen bestimmte Sterne auf- und untergingen, als eine Art Sternenuhr nach dem Muster einer Sonnenuhr ein. Dem Magnetkompass traute man nicht, denn so ein Kompass kann die falsche Richtung zeigen, die Sterne tun das nie (magnetische Missweisung).
- 3.) Man richtet den Kurs nach einem Stern aus, der auf dem geplanten Kurs auf- oder untergeht oder segelt in einem bestimmten Winkel zu ihm. Wenn dieser Stern zu hoch steigt, wählt man einen anderen der gleichen Reihe. Bis Tagesanbruch braucht man vielleicht acht oder zehn davon. Dies ist, was man Kaveinga nennt, den Sternenweg.
- 4.) Am Tag steuert man nach dem Winkel der Sonne. Man merkt sich am Schattenwurf des Mastes die Position, an der die Sonne gerade aufgeht, und um 12.00 Uhr mittags wird sie natürlich genau nördlich von einem stehen (Tonga liegt auf der südlichen Erdhalbkugel). Den jeweiligen Stand am Vor- und am Nachmittag muss man sich nach und nach einprägen, bis man irgendwann eine Uhr im Kopf hat. Außerdem wird man von den verschiedenen Meeresdünungen und Winden geleitet, denn sowohl Wind wie Dünung folgen unverkennbaren Mustern.
- 5.) So steuerte man auch bei wolkenverhangenen Nachthimmel nach Lichtstreifen, -le tapa oder auch uloa e tahi (Ruhm der Meere) genannt- die ca. zwei Meter unter der Wasseroberfläche, nach zwei Richtungen zuckten und die heute noch ein ozeanisches Rätsel darstellen. Man nimmt an, dass es sich hierbei um fluoreszierende Organismen handelt, die von Meeresströmungen erfasst worden sind. Eine sichere Erklärung dafür gibt es aber heute immer noch nicht.

Lewis fand auch in Mikronesien, u. a. auf den Karolinen-Inseln etwa fünfzig Sternenweg-Navigatoren.

Als Dr. D. Lewis selbst mit seinem Katamaran Rehu Moana, benannt nach dem Maoriwort für „Meeresgischt“ die Anwendung der polynesischen Navigation testete, segelte er, von Europa kommend durch die Magellan-Straße, danach Kurs nehmend auf die Osterinseln und weiter bis Neuseeland. Mit den entsprechenden Sternenkursen, erreichte er ohne Anwendung einer Seekarte oder anderen nautischen Instrumente schließlich Neuseeland mit einer Abweichung von nur 26 Seemeilen.

Von den Anfängen der astronomischen Navigation

Seeleute hatten schon immer ein besonderes Verhältnis zu den Gestirnen. Sie waren -und sind- vertraut mit den verschiedenen Erscheinungen und jahreszeitlichen Veränderungen des Himmels. So ist es nicht verwunderlich, dass die Gestirne in früherer Zeit zur Festlegung der Wege auf See benutzt worden sind. Schon der Rat Calypsos, Odysseus solle bei seiner Heimfahrt den Großen Bären immer zur Linken halten, bestätigt die Vermutung, dass die Völker des Mittelmeerraumes lange vor der Zeitenwende sich der Gestirne bedienten, um einen bekannten Kurs auch bei Nacht zuhalten. Und bis in unser Jahrhundert richteten die polynesischen Seefahrer ihre Fahrten auf eine uns kaum verständliche Weise mit bemerkenswerter Präzision nach den Sternen. Freilich blieb in Nordeuropa wegen der besonderen klimatischen Bedingungen und im Mittelmeer wegen der verhältnismäßig kurzen Entfernungen, bei Durchquerung der einzelnen Meeresteile die Bedeutung der Gestirne für die Navigation gering. Auf den neuentdeckten (u. a. atlantischen) Seewegen gab es jedoch keine empirisch bekannten und gewohnten Markierungspunkte, und Seekarten, an denen man sich orientieren konnte, fehlten natürlich anfangs. Deshalb vertrauten von Kosmographen der Zeit ausgebildete Steuerleute zuerst nur dem Himmel, der zudem nach der Wiederbelebung des astronomischen Wissens aus dem Altertum auch schon wissenschaftlich beschrieben war. Der Durchbruch zu einer wissenschaftlichen Navigation lag in der Messung und begann im 15. Jahrhundert. Mit Hilfe von messbaren Beobachtungen erst wurde es möglich, den Schiffsort in Koordinaten auszudrücken und ihn für später aufzubewahren, um ihn wieder zu finden. Alle Fortschritte der nautischen Astronomie bezogen sich nun auf den einen Punkt: der Messung; sei es als Verbesserung der Genauigkeit der Messung selbst (Bau und Verbesserung von Messinstrumenten) oder sei als Verbesserung der Auswertemöglichkeiten für die Messung (Erstellung und Berichtigung von nautischen Tafeln und Tabellen). Ein glücklicher Umstand dabei war, dass der Polarstern (Kleiner Bär) aufgrund der Präzession im Laufe der Jahrhunderte immer näher an Himmelsnordpol rückte und so hervorragend zur Feststellung der geographischen Breite und zur Bestimmung der Nord-Südrichtung bei Nacht genutzt werden konnte. So entwickelte sich das „erste“ Verfahren zur Breitenbestimmung auf See. Dieses Verfahren wurde von den Portugiesen im Atlantischen Ozean und von den Arabern im indischen Ozean gleichzeitig, aber unabhängig voneinander entwickelt. Bald kam die Beobachtung der Sonne dazu. Allerdings nur die Höhenmessung zum Zeitpunkt der oberen Kulmination. Diese Verfahren konnten angewendet werden, weil sie ohne genau gehende Uhr an Bord durchzuführen waren. Für die Nordsternbeobachtungen ist kaum ein Bezug zu astronomischen Kenntnissen der Zeit notwendig. Für das Verfahren der Sonnenbreite waren aber Ephemeriden (d. i. die Berechnung von scheinbaren Örtern an der Himmelskugel) Voraussetzung. Sie wurden erstmals von dem Portugiesen Regiomontan (1436 bis 1476) und dem Juden Zacuto für einen Vierteljahreszyklus herausgegeben.

Zunächst wurden Mitte des 15. Jahrhunderts Quadranten und Astrolabien zur Höhenmessung der Gestirne eingeführt, dann durch Vereinfachung für den Seegebrauch verbesserte Astrolabien, die gleichzeitig als Analogrechner zur Bestimmung von Gestirnspositionen dienen konnten. Schließlich wurde der Jacobsstab zu Anfang des 16. Jahrhunderts in den seemännischen Gebrauch genommen. Mit diesen Instrumenten gelang die Breitenbestimmung bis zu einer Genauigkeit von ca. 25' bis ca. 1°. Einen Nachweis solcher Beobachtungen findet man in den Breitentabellen des „Regimento do estrolabio e do quadrante“ aus der Zeit um ca. 1509. So eine Genauigkeit muss erstaunen, wenn man sie mit den etwa eine Generation früher gefertigten Behaim-Globus vergleicht, der Breitenfehler von rund 15 bis 20 Grad aufweist. Den großen Durchbruch brachte jedoch erst die Schaffung von Reflexionsinstrumenten. Als Erfinder des Oktanten bzw. Sextanten gelten John Hadley (engl. Astronom (1682 bis 1744) und Isaac Newton. Mit der Nutzung der Magnetkompass wurde

auch die Kompasskontrolle eine Aufgabe der astronomischen Navigation. Im ersten Drittel des 16. Jahrhunderts wurden erstmals sogenannte Schatteninstrumente beschrieben, bei denen aus der Schattenlage der Sonne vormittags und nachmittags bei gleicher Sonnenhöhe die Nordrichtung ermittelt werden konnte.

Der Mensch will über das große Wasser

Die Kenntnis über die Lage und Umrisse der Kontinente und Ozeane ist im Verhältnis der Geschichte der Menschheit und auch im Verhältnis zur Entwicklung der Seefahrt recht jung, denn erst mit den portugiesischen und spanischen Reisen begannen vor etwa 500 Jahre die großen Entdeckungsfahrten, die zu bleibenden Kenntnissen über die Lage der Kontinente führten. Es würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen, wenn jede Entdeckung, jede Fahrt in die unbekannte Ferne sich hier widerspiegeln würde. Wir wollen hier nur Ansätze zeigen und den Leser auf die Quellen dieses Buches verweisen, wo er mehr zu der Geschichte der Navigation und der Erde nachlesen kann. Die technischen Voraussetzungen, z. B. von Seiten des Schiffsbaus, waren für derartige Reisen schon früher gegeben, aber es bestand im frühen Mittelalter kein unmittelbares Bedürfnis unbekannte Meere zu befahren. Schon vor der Zeit der portugiesischen und spanischen Entdeckungsreisen wurden große Einzelreisen durchgeführt. So brachte man im Indischen Ozean schon 4000 v. u. Z. Waren über die See von Hinterindien nach Mesopotamien. Man darf auf Grund der vorliegenden Überlieferungen annehmen, dass in den alten indischen und ostasiatischen Kulturgebieten große Leistungen auf dem Gebiet der Seeschifffahrt vollbracht wurden, zu denen nicht zuletzt auch die Besiedelung der entlegenen Südsee u. a. auch durch die Polynesier zu rechnen ist. Von der im Altertum recht hoch entwickelten Seefahrt im Mittelmeer ist als größte Seereise die Fahrt der Phönizier vom Roten Meer rund um Afrika bis ins Mittelmeer zu nennen. Stichhaltige Beweise fehlen jedoch, aber es ist aufgrund historischer Indizien anzunehmen, dass sie stattfand. Besser belegt ist dagegen schon die Reise des Karthagers Hanno, der um 530 v. u. Z. bis in den Golf von Guinea fuhr. Um 325 v. u. Z. führte der Grieche von Monilia vom Mittelmeer aus eine Reise durch, die ihn bis zu den britischen Inseln und zu den Shetland-Inseln und vermutlich weiter bis nach Norwegen führte. Er unternahm dabei den Versuch, aus der Länge des längsten Tages im Jahr die ungefähre Breite zu errechnen. Er hat auch die in den britischen Gewässern herrschenden Gezeiten beschrieben und sie bereits mit den Mondphasen in Verbindung gebracht. Schließlich begannen erste Nordmänner (Wikinger) im 9. Jahrhundert mit ihren Entdeckungsfahrten. Island, Grönland Labrador, Neufundland und Neuschottland wurden erreicht. Es sind mehrere Reisen zu diesen Zielen bekannt. Sie gerieten aber bald wieder in Vergessenheit. Heute sind auch Reisen des Mönchs Brandan (etwa 550 u. Z. oder des Zeno um 1390 u. Z. erforscht. Leider wurden diese Anfänge bald vergessen, denn Europas Blick ging damals nur nach Südosten, nach China und Indien. Denn hier lagen die Gebiete, in denen es die Schätze der Welt gab, Edelsteine, Gewürze, edle Hölzer, Perlen, Drogen, Seide und andere Dinge. Europa erzeugte keine Güter, gegen die diese Waren eintauscht werden konnten, so mussten sie mit Gold und Silber bezahlt werden. Besonders nachteilig wirkte sich dabei der islamische Zwischenhandel aus. Der teure Landtransport und das Vordringen der Türken nach Südosteuropa zwang zu hohen Einkaufspreisen. Die europäischen Handelsstädte waren veranlaßt, neue Handelswege über das Meer zu finden. Im 15. Jahrhundert lockerte sich sichtbar das Dogma der Kirche, wodurch Wissenschaft und Technik in Europa belebt wurde. Naturwissenschaftlich gesehen war jedoch Arabien im frühen Mittelalter führend. Die damals offene islamische Anschauung förderte die Wissenschaft. Die Mathematik, Astronomie und andere Zweige der Naturkunde hatten im Islam einen gesellschaftlichen hohen Stand erreicht, den es durch Europa nicht nur zu erreichen, sondern auch zu überholen galt. Im 15. Jahrhundert setzte sich auf den Spuren der griechischen Antike die Kugelgestalt der Erde gegen den Widerstand der Kirche (erneut)

durch. Man gewann die feste Überzeugung, dass der Ozean der Weg nach Indien sei. Es begannen die „Großen Geographischen Entdeckungen“ mit dem Ziel Indien zu entdecken. Während die Portugiesen vorwiegend den Weg um Afrika nach Indien suchten, waren es die Spanier, die bald westwärts segelten. Der Portugiese Diaz segelte 1488 um das Kap der Guten Hoffnung herum. 10 Jahre später folgte sein Landsmann da Gama diesen Weg gelangte über den Indischen Ozean bis nach Calicut in Vorderindien. Damit hatte Portugal sein Ziel vorerst erreicht. Indien war entdeckt und ein reger Handelverkehr mit späterer Kolonisierung setzte ein. Der Genuese Kolumbus entdeckte, in dem er westwärts segelte 1492 für Spanien Mittelamerika, dass er bis zu seinem Tode für Indien hielt. Schließlich führte Magellan von 1519 bis 1522 die erste Weltumsegelung durch. Auf den Philippinen erlitt er durch Auseinandersetzungen mit den dortigen Bewohnern den Tod. Magellan glaubte aus den Berichten portugiesischer Seefahrer, die die Molukken entdeckt und besetzt hatten, entnehmen zu können, dass diese Inseln östlich von der im Vertrags von Tordesillas (1494) festgelegten Demarkationslinie, somit in dem von Spanien beanspruchten Gebiet liegen müßte. Der Vertrag von Tordesillas bedeutete eine Weltaufteilung durch das päpstliche Rom und schlug je eine Erdhälfte den Spaniern und den Portugiesen zu. Um den Verlauf der Demarkationslinie gab es heftigen Streit zwischen beiden Ländern, denn die Positionsbestimmung war zu ungenau, um diesen Verlauf auch praktisch einhalten zu können. Sein Plan, die richtige Lage der Molukken festzustellen, fand in Spanien günstige Aufnahme. So kam es zur ersten Weltumsegelung. Magellan musste weit nach Süden segeln, um die nach ihm benannte Straße zwischen Südamerika und Feuerland zu finden und damit den größten Ozean der Erde, den von ihm benannten Pazifik oder Stillen Ozean erstmals zu befahren. Es mutet recht unwahrscheinlich an, dass er auf seiner fast vier Monate währenden Reise durch den Pazifik erst bei den Marianen auf Land stieß. So hat er keine der 40 000 ozeanischen Inseln gesehen. Von den Marianen aus segelte er westwärts und entdeckte die Philippinen. Nach seinem dortigen Tod wurde die Reise von seinem Begleiter Del Cano fortgesetzt. Dieser erreichte die Molukken und kehrte nach Spanien zurück. Die Kugelgestalt der Erde war bewiesen. Zum ersten Male wurde auch das Problem der Datumsgrenze erkannt, denn bei seiner Ankunft in Spanien fehlte ein Tag im Schiffstagebuch. England begann sich als Seemacht einzuschalten und es begann ein wahrer Wettlauf neue Wege nach Indien zu finden. 1497 segelte der Italiener Cabot, seit 1490 in englischen Diensten, über den Nordatlantik, um auf nordwestlichen Kursen die Durchfahrt nach Indien zu finden. Wie man heute weiss, hat er Labrador, somit amerikanisches Festland erreicht. Er entdeckte somit vor Kolumbus, der erst auf seiner dritten Reise (1498) amerikanisches Festland betrat, den amerikanischen Kontinent. Die Entwicklung hörte nicht auf, der Seehandel lebte auf, neue Gebiete wurden nach und nach durch Europa besiedelt. Leider fanden dabei auch viele Kulturen, wie das Volk der Azteken oder das Volk der Inka (u. a.) ihren Niedergang, denn europäische Kultur und europäische Vorherrschaft wurden gewaltsam eingeführt und bedeuteten Unterdrückung und Kolonialisierung fremder Völkerkulturen. Neue Seewege galt es weiterhin zu finden, denn die Spanier und Portugiesen beherrschen ihre alten Handelsrouten und sicherten sie gegen fremde Mächte. So steht Drake für die Machtansprüche Englands, der aufgrund eines durch Spanien versperrten Seewegs eine Weltumsegelung durchführte, um zurück nach England zu kommen. Auf der Suche nach einer Nordwestpassage um Nordamerika herum bzw. einer Nordostpassage um Asien herum nach Indien, erforschten vor allen Frankreich und England, aber Holland das Nordpolarmeer mit seinen angrenzenden Meeresteilen. Auch russische Forscher und Seefahrer beteiligten sich an den geographischen Entdeckungen. So sind Nikitin (1470 erreichte er Indien), Deshnow (Erforschung des Nordostkaps Asiens 1648 und Erbringung des Beweises, dass das Eismeer mit dem Stillen Ozean zusammenhängt), Bering (Große Nordische Expedition 1734 ... 1743, u. a. Entdeckung Alaskas, Erforschung der nördliche Küste Asiens und Europas, Entdeckung der Beringstraße), Krusenstern

(Erforschung Marquesas-Insel, der Westküste Japans und der Ostküste Sachalins 1803...1806), Lasarew und Bellinghausen u. a. zu nennen

Unklar war auch die Existenz des sogenannten Südlandes „Terra australis incognita“, welches man auf der Südhalbkugel vermutete. Eine erste bekannte Reise führte der Holländer Tasman im Jahre 1642 durch. Er entdeckte Mauritius, die nach ihm benannte Insel Tasmanien, die er für die Südspitze Australiens hielt. Dabei stellte er fest, dass Australien nicht mit dem vermuteten großen Südland zusammenhängen konnte. Im Verlauf seiner weiteren Reise entdeckte er noch die südlichen Tonga-Inseln, die Fidschi-Inseln, Neu-Irland und Neu-Britanien. Schließlich muss ein Mann erwähnt werden, der das Zeitalter der systematischen, wissenschaftlichen Erforschung der Erde einleitete. Die einsetzende Epoche der Aufklärung schuf dafür günstige Voraussetzungen. Es war der Engländer James Cook. Auf seinen drei Reisen entdeckte er die Ostküste Neuseelands, die Ostküste Australiens, Hawaii, die Westküste Kanadas und die Küsten Asiens und Nordamerikas an der Beringsstraße. Er drang auf seiner zweiten Reise so weit südlich in die Antarktis ein, dass er durch dichtes Eis an der Weiterfahrt gehindert wurde, dabei umsegelte er dennoch diesen Kontinent und schuf den Beweis, dass das Südland doch erheblich kleiner ist, als vermutet. Seine Hauptaufgabe sah er in der exakten Vermessung der von ihm entdeckten Küsten. Seine Begleiter waren Wissenschaftler, so auch der deutsche Naturforscher Reinhold Forster mit dessen vierzehnjährigen Sohn Georg.

Damit schloss Cook im eigentlichen Sinne die Reihe der großen Entdecker, als einer ersten großen Erforscher der Erde ab. So trugen nach Cook die Forschungsreisen zur Ergründung der Welt nach und nach wissenschaftlichen Charakter. Küsten wurden wissenschaftlich vermessen, ozeanographische Vermessungen begannen und das Weltbild begann sich im Auge der Wissenschaft sich zu gestalten. Obwohl die Erforschung des Meeres selbst auch schon bis in die Antike zurück geht, war es doch das Zeitalter der Aufklärung, in der sich neue Forschungsbereiche entwickelten. Die erste meereskundliche Forschungsreise wurde von Halley 1698 durchgeführt. Er untersuchte die Veränderung der Ortsmissweisung, auf die schon Kolumbus aufmerksam machte. Aber auch schon vorher waren eher zufällig meereskundliche Fakten entdeckt worden. 1513 entdeckte de Leon den Golfstrom. 1603 spricht Vossius von drei Stromkreisläufen im Atlantischen Ozean. 1678 zeichnet Kircherus eine Stromkarte des Atlantiks. 1688 erscheint eine Karte von Halley über die Windverhältnisse im Atlantik und so beginnt im 18. Jahrhundert die systematische Erforschung der ozeanischen Verhältnisse der Weltmeere. Seehydrographische Dienste werden eingerichtet, die Seevermessungen und Wetterbeobachtungen nehmen zu. 1853 wurde die erste Internationale Hydrographische Konferenz in Brüssel abgehalten. Der Grundstock für die Durchführung eines internationalen Beobachtungsdienstes war gelegt, an dem sich ca. 5 500 Fischerei- und Handelsfahrzeuge beteiligten. Bis ins 18. Jahrhundert hinein konnte man nur unmittelbar an der Küste Lotungen der Wassertiefen durchführen. Die Einführung des Echolots verdrängten die bis dahin genutzten Drahtlote bzw. Lote, die mittels Wasserdruck die Tiefe feststellten. Die Erforschung der Tiefsee auf der Suche nach dortigen Lebensformen begann. 1872 bis 1876 wurde eine der bedeutendsten Tiefseexpeditionen, genannt „Callenger“, durchgeführt.

Besonders soll in diesem Beitrag auf das Erforschen der für den Nautiker so wichtigen Gezeiten hingewiesen werden. Schon im Altertum schrieb man die Gezeiten der Existenz von Sonne und Mond zu. Den Griechen und Römern war es geläufig, dass die tägliche Verspätung des Mondaufgangs um durchschnittlich 50 Minuten sich im Ablauf der Gezeiten widerspiegelt. Sie wussten ferner, dass die Wasserstandsschwankungen in einem Rhythmus verlaufen, der dem Wechsel der Mondphasen entspricht. So erkannten sie, dass die größten Gezeitenunterschiede im allgemeinen dem Vollmond und dem Neumond (Syzygien) als Springzeit folgen, wogegen die Schwankungen nach dem Mondvierteln (Quadranturen) als Nippzeit besonders schwach ausfallen. Am Ende der Antike war man bereits auf dem Weg,

die verschiedenen Höhen des täglich zweimal unterschiedlich ausfallenden Höchst- und Tiefstandes der Gezeiten mit den wechselnden Stand des Mondes ober- bzw. unterhalb des Äquators (Deklination) in Zusammenhang zu bringen. Diese Konsequenz im Beobachten und Denken der Forscher der Antike führte in ihrer Fortsetzung zur Erklärung der Tatsache, dass zwar manche Gebiete des Weltmeeres täglich doppelt ausgebildete Hoch- und Niedrigwasser haben, in anderen Regionen dagegen jeweils ein Hoch- und ein Niedrigwasser fast oder ganz unterdrückt wird, so dass die Gezeiten in einer außergewöhnlichen Vielfalt auftreten. Den Leistungen jener Epoche folgte für lange Zeit bedrückende Stagnation. Erst nach dem Wiederaufleben von Reisen und Schifffahrt kehrte man im 13. Jahrhundert zögernd zu gründlichen Beobachtungen zurück. In der folgenden Zeit blieb es dem besonderen Interesse aufgeschlossener englischer Kapitäne vorbehalten, meist lokale Zusammenhänge zwischen der Mondkulmination und dem Eintritt der Gezeit sowie Hoch- und weit später auch der Niedrigwasser aufzudecken. Solche Erkenntnisse über die periodische Natur der Gezeiten wurden jedoch streng gehütet und als Erwerbsquelle für Auskünfte, besonders an fremde Fahrleute genutzt. Erst als Gelehrte auf naturwissenschaftlichen Grundlagen (Kepler 1571 bis 1630, Newton 1642 bis 1727, Bernoulli 1700 bis 1782 und La Place 1749 bis 1827) das Problem der Gezeiten aufgriffen, wurde dessen ganze Komplexität offenbar. Man wurde sich darüber klar, dass man es mit einem räumlichen Problem zu tun hat, das sich nur durch gewisse Kunstgriffe auf ein scheinbar ebenes zurückführen lässt. Die Wirkung der rein astronomischen Größen, wie der Erdumlauf um die Sonne und der Mondumlauf um die Erde mit allen periodischen Schwankungen, wird noch durch die Verteilung von Kontinenten und Ozeanen und die wechselnde Meerestiefe verwickelt, so dass sich ein schwer überschaubares, aber dennoch streng periodisches Wechselspiel von Anziehungs- und Fliehkräften ergibt. Besonders Lord Kelvin (1824 bis 1907) hat sich ein besonderes Verdienst bei der Erforschung der Gezeiten erworben. Er entwickelte 1867 ein Verfahren, das sich „harmonische Berechnung“ der Gezeiten nennt. Dagegen hat Sir Lubbock bereits 1833 das „nonharmonische Verfahren“ entwickelt. Eine weitere Vereinfachung geschah durch Rauschenbach 1939, der die zehn Haupttiden für Bordberechnungen einführte.

Die Seekarte ist Das Werden und Wachsen der Navigation

Würden Sie sich zutrauen ohne Seekarte aus einem Hafen auszulaufen? Kein Kapitän oder Pilot (Navigator) würde dies heute tun.

Aber das war nicht immer so, vielmehr ist der Zeitraum, in dem Seekarten benutzt wurden, im Vergleich mit der Zeitspanne, die verstrichen ist, seit der Mensch sich in Booten und dann auf immer größeren Schiffen aufs Meer wagte, sehr kurz.

In den Anfängen der Seeschifffahrt fuhren die Menschen in Meeren, die von ihrer Heimat nicht weit entfernt lagen. Die Welt war nicht erkundet und man beschränkte sich auf Fahrten, die sich im Laufe der Zeit einprägten. Das Mittelmeer, die Ost- oder Nordsee oder andere Küstengebiete waren der Umfang solcher Reiserouten. Andere Weltteile waren in Europa meist unbekannt. Seekarten wurden somit nicht benötigt, denn man kannte „die Gegend“. Das Zurechtfinden geschah nicht anders, als wie auch in der „polynesischen Navigation“ beschrieben, wenn auch nur in bedeutend kleineren Maßstäben.

Doch dann, und hier ist es dem Aufblühen der mittelmeerischen Hochseefahrt zu verdanken, wurden schriftliche Aufzeichnungen irgendwann im letzten Jahrtausend v.u.Z. angefertigt. Es entstanden sogenannte Segelanweisungen, die „Periplus“, die ziemlich weit verbreitet gewesen sein müssen. Das älteste Exemplar, der „Periplus des Skylax“ stammt aus dem 4. Jahrhundert v.d.Z. Es bleibt zu vermuten, dass es zu dieser Zeit auch schon Seekarten gegeben haben muss, denn Griechen und später Römer kannten die Kartenprojektion in der Art der Plattkarte für Landzwecke. Und wenn Dikaiarchos aus Messene / Sizilien zur Zeit Alexander des Großen die Erdkarte des bekannten Gebietes des Mittelmeers mit einem

Gradnetz der Breite und Länge eingeführt hat, so ist das noch lange kein Beweis für die Existenz von Seekarten des Mittelmeeres. Man kann die Existenz von Seekarten nur annehmen. Ein Beweis und schon lang eine Seekarte aus dieser Zeit lässt sich nicht finden.

Und plötzlich im Jahre 1270 macht ein eigenartiger Umstand auf das Vorhandensein von Seekarten auf sich aufmerksam. König Ludwig der Heilige von Frankreich macht einen Kreuzzug und geriet mit seiner Flotte überraschend zwischen Aigues Mortes und Cagliari, also mitten im Mittelmeer in einen Sturm. Seine Piloten holten die Seekarten (so ist es geschichtlich belegt) hervor und berieten den König.

In der Bibliotheque Nationale in Paris befindet sich eine Seekarte, bekannt unter dem Namen „Carta Pisana“ (benannt nach ihrem Fundort in Pisa), die etwa aus dem 13. Jahrhundert stammt. Die Genauigkeit mit der heutigen Darstellung des Mittelmeeres ist verblüffend. Entweder entstand die Karte aufgrund jahrzehnter, vielleicht jahrhundert langer Erfahrung und Tradition (Portulankarte) oder die Karte ist aufgrund der Anwendung des eingeführten Magnetkompasses und der damit verbundenen möglichen Vermessung von Landpunkten entstanden (Kompasskarte). Ein wahrer Streit zwischen den Forschern entbrannte und ist bis heute ungeklärt.

Die Portulankarten besaßen keine Graduierung nach Länge und Breite, sondern lediglich ein Netzwerk von Richtungsstrahlen. Entworfen waren diese Karten allein anhand von Richtungs- und Distanzangaben, so dass ihnen auch mit genügender Sicherheit für die Reiseplanung Kurs und Distanz entnommen werden konnte. Da diese Karten fast ausnahmslos das Mittelmeer abbildeten, blieben wegen dessen geringer Ausdehnung in der Breite die Fehler, die sich daraus ergaben, dass die Karten auf keiner strengen Projektion beruhten, vergleichsweise gering. Die Fehler in der Länge waren ebenfalls unbeachtlich, da lange Fahrten durch das ganze Mittelmeer in west-östlicher Richtung kaum vorkamen. Das alles änderte sich mit dem Beginn der Entdeckungsfahrten in den Atlantik und mit der Bestimmung der geographischen Position der neuentdeckten Länder mittels astronomischer Beobachtungen. Zuerst führte man neben den immer schon vorhandenen Distanzangaben, Breitenskalen ein. Dann entstanden zu Beginn des 16. Jahrhunderts die ersten Karten, die auch eine Längenskala enthielten. Die Abbildungsmethode dieser Karten, in denen die Längen- wie auch die Breitengrade über die ganze Kartenfläche in gleichen Abständen eingetragen sind, wurde schon von Ptolemäus erörtert, der angibt, dass ein Marinus von Tyrus sie erfunden habe. Solche sogenannten Plattkarten kann man jedoch nur für sehr kleine Seegebiete verwenden. Sie schienen somit für die Navigation der Portugiesen und der Spanier in den Gebieten zwischen 35° nördlich und 35° südlich des Äquators für lange Zeit ihren Zweck zu erfüllen. In Nordeuropa war dies nicht der Fall: Die erste Weltkarte in Form einer Plattkarte mit einer auf einen Meridian angegebenen Breitenskala stammte von Nic Canerio aus dem Jahre 1502. Die Engländer, die um die Mitte des 16. Jahrhunderts begannen, dem Beispiel der Spanier und Portugiesen zu folgen, um sich auch ein gehöriges Teil der neuentdeckten Erdteile, die große unermessliche Reichtümer versprachen, zu sichern, stellten bald fest, dass die gebräuchlichen Plattkarten voller Irrtümer steckten. Wollte ein Pilot etwa von einer Position $40^\circ\text{N}; 000^\circ\text{W}$ zu einem Ort in $55^\circ\text{N}; 015^\circ\text{W}$ segeln, ergab sich auf der Plattkarte ein NW-Kurs. Segelte er nun diesen Kurs bis auf der Breite 55°N angelangt war, musste er feststellen, dass er weiter westlich, nämlich bei 22°W angelangt war. Der Fehler konnte nicht gefunden werden und man schrieb ihn der Missweisung der Magnetnadel zu. Der überragenden Theoretiker Pedro Nunes befasste sich als erster mit diesem Problem. Er erkannte, dass die Kurslinie eines Schiffes, die stets den gleichen Kurs hält, auf der Kugel eine besondere Linie darstellt. Sie schneidet alle Meridiane unter gleichem Winkel und nähert sich dem jeweiligem Pol in Form einer den Pol umlaufenden Spirale. Snellius bezeichnete diese Kurve als Loxodrome. Das Problem war somit erkannt. Es ist die bekannte Erscheinung der Abweitung, bei der die Durchmesser der Breitenparallelen um den Kosinus der Breite abnehmen, bis diese an den Polen nur noch als Punkt erscheinen. Diese Verzerrung war

zunehmend des Rätsels Lösung. Doch wusste man nicht es zu lösen. Erst Gerhard (Kremer) Mercator, der seinen Globus von 1541 mit Loxodromen versah, löste im Jahr 1569 das Problem, in dem er den Seeleuten eine Weltkarte vorstellte, in der die Ost-West-Verzerrung im richtigen Verhältnis zu der Nord-Süd-Verzerrung stand. Es war die erste Karte mit wachsenden Breiten. Die winkeltreue Karte war konstruiert, benötigte aber noch lange bis zur endgültigen Einführung in die Navigation. Denn eine Erläuterung des Konstruktionsprinzips war nicht vorhanden. Wohl war es auch konservatives Denken und der Umstand, dass die Einführung eines neuen mit Karten versehenen niederländischen GROSSEN SEEBUCHES, des Waghenaerschen „Spiegel der Seefahrt“ (Lucas Janzoon Waghenaer; 1553 bis 1606) mit der Entstehung der Mercatorkarten einher ging, und somit althergebrachtes verbessert auflegte. So vergingen noch 100 Jahre, ehe die Mercatorkarte sich durchsetzen konnte. Die Plattkarte wurde verbessert, indem man viele Detailkarten für kleine Seegebiete schuf, so dass die Breitenfehler unauffälliger wurden. Die niederländische Kartenindustrie, zu dieser Zeit absolut führend in Europa, sah somit keinen Grund von diesem verbesserten Kartentyp der Plattkarte abzugehen. Wie in vielen anderen Bereichen der Navigation, waren es die Briten, die im ausgehenden Entdeckungszeitalter, für eine Belebung neuerer bzw. verbesserter Navigationsmethoden sorgten. So war es der Engländer Edward Wright, der das Kartenprinzip Mercators aufgriff, es verbesserte und so in die britische Nautik einführte. Unter seiner Anleitung wurde eine erste theoretische Entwicklung des Prinzips der Karte mit wachsender Breite zu Beginn des 17. Jahrhunderts eingeführt. So wuchs langsam das navigatorische Prinzip, die Koppelnavigation am Kompass mit der mathematischen Geographie in der Gestalt der nautischen Astronomie zu verbinden. Es entstand das, was wir heute unter den Begriff Navigation fassen und verstehen.

Kompass und Logge

Als die europäischen Völker ihre Heimatküsten verließen, um fremde Gestade kennenzulernen, hat kaum ein anderes Hilfsmittel der Navigation eine so bedeutende Rolle gespielt wie der Kompass. Die Anziehungskraft des überall auf der Erde vorkommenden Magneteisensteins war schon im Altertum in allen westlichen und östlichen Kulturen bekannt. Die Entdeckung der Richtkraft des Magneten und die damit verbundene Nutzung seiner Einstellung in die magnetische Nordrichtung war damit nur noch eine Frage der Zeit. Der eigentliche Ursprung der Magnetnadel (vom Kompass, wie man ihn heute kennt, kann damals noch nicht gesprochen werden) kann bis heute nicht eindeutig geklärt werden. Es gibt jedoch viele Hinweise, dass die Magnetnadel aus China über Arabien ins Mittelmeer und später in die westeuropäische Nautik eingeführt wurde. Wohl zeigt die Magnetnadel die Richtung, aber noch keinen Kurs, den man steuern kann. So ist es der Weiterentwicklung im Mittelmeerraum zu verdanken, wenn wir den Kompass heute so kennen, wie er ist. Dem Italiener Flavio Giojan aus Amalfi ist es zu danken, wenn wir heute den Kompass als ein für die Navigation verbessertes Gerät kennen. Er war es, der den Kompass für das Kurssteuern konstruierte, indem er die Kompassrose auf der Magnetnadel befestigte. Wenn man auch schon ein halbes Jahrhundert vor der Fahrt des Kolumbus über den Atlantik wusste, dass dieser Magnetkompass nicht in die geographische Nordrichtung zeigte, so blieb es doch bis ins späte 17. Jahrhundert hinein ein großes Rätsel, was wohl die Ursache dieser an jedem Ort der Erde verschiedenen großen Ablenkung sein könnte. Instrumentenbauer suchten auf verschiedene Weise diese Ablenkung im Bau der Magnetkompass auszugleichen, doch ein befriedigendes Ergebnis erreichte niemand. Im Gegensatz zum Mittelmeer setzte sich der Kompass in der nordwesteuropäischen Nautik erst sehr viel später durch.

Der Magnetkompass war es dann auch, der bis ins 20. Jahrhundert hinein der Kompass überhaupt an Bord war. Als um die Jahrhundertwende bei der Vorbereitung einer Tauchbootfahrt zum Nordpol Dr. Anschütz-Kämpe auf das Problem der Navigation in geschlossenen stählernen Behältern stieß, war der Gedanke geboren. Es musste ein richtungsweisendes System erdacht werden, dass in einem solchen Fahrzeug den Kurs anzeigen konnte. In Zusammenarbeit mit dem bekannten Techniker Dr. Schuler begann Anschütz die Erforschung von Kreisel. Die Kreiselgesetze wurden definiert und der Kreisel wurde erfolgreich durch Fesselung eines Freiheitsgrades für die Navigation brauchbar gemacht. Die technische Entwicklung des Kreiselkompasses setzte ein. 1912 bereits wurden Kreiselkompassanlagen im großen Stiel in der kaiserlichen deutschen Marine eingesetzt. Man war nun unabhängig vom Magnetkompass, zudem war eine Fernübertragung von Richtungswinkeln garantiert. Während des ersten Weltkrieges wurden schon erste Kompassanlagen, Wendeanzeige und im Ansatz auch Selbststeueranlagen zuerst in der Fliegerei, aber auch an Bord von Kriegsschiffen eingesetzt. 1920 fuhr der erste Passagierdampfer mit einem Kreiselkompass zur See. So ist es nicht verwunderlich, wenn sich heute weltweit neben anderen gleichen Entwicklungen aus den USA, Russland und Japan der deutsche Standart-Kreisel im bewährten Einsatz von Seeschiffen befindet.

Wenn heute moderne Schiffsgeschwindigkeitsmesser an Bord vorhanden sind, so haben wir es der modernen Physik zu danken. Wollte man im Mittelalter eine Koppelnavigation durchführen, war das Kennen des Fahrtvektors eines Schiffes früher genauso unverzichtbar, wie heute. Nur womit sollte man die Fahrt eines Schiffes feststellen? Reichte bei älteren Fahrten vor dem Wind nach bekannten Zielen eine Gissung (Schätzung) der Fahrt, bei der erfahrenen Piloten und Kapitäne erstaunliche Genauigkeiten erreichen konnten, noch aus, so musste, als es darum ging, über ferne Meere zu segeln, diese Methode ohne Anhaltspunkte an Land auf einer Monate langen Reise versagen. Denn einmal angelaufene Positionen sollten später einmal wieder gefunden werden. War es Ende des 16. Jahrhunderts ein einfaches Brett, welches durch eine Seilkonstruktion, nachdem es achteraus

ins Wasser geworfen wurde, senkrecht zur Wasseroberfläche stand, wobei der Pilot in einer gewissen Zeit die durchlaufenden Knoten der Verbindungsleine Brett - Schiff zählte, so folgen im Ende des 19. Jahrhundert bald die Propellerlogge, die ebenfalls achteraus ins Wasser gebracht wurden, wobei die Propellerumdrehung die Schiffsgeschwindigkeit in Seemeilen pro Stunde zeigte. Erst in der Neuzeit um 1935 wurden dann die Propellerlogge durch Staudrucklogge ersetzt. Hier wird der Wasserdruck, der entsprechend der Schiffsheschwindigkeit verschieden hoch ist, über ein Rohr zur Anzeige in sm/h gebracht. Diese Loggeart wird heute noch vielfach verwendet. Die neueste Entwicklung stellt das Dopplerlog dar. Dabei wird ausgenutzt, dass ausgesendete Schallwellen mit einer gleichen Frequenz in unterschiedlicher Entfernung in einer anderen Tomhöhe zu hören sind (Janusprinzip).

Der europäische Durchbruch

Nun war es für den Piloten des Mittelalters kein Problem die geographische Breite zu bestimmen, seinen Standort in ost-westlicher Richtung konnte er jedoch nur nach der Schiffsgeschwindigkeit und der Reisedauer abschätzen. Auf welchen Längengrad er sich befand, das war das große Problem des Entdeckungszeitalters. Manche Expeditionen hatten wichtige Entdeckungen gemacht, neue Länder wurden gefunden und für das Mutterland in Besitz genommen. Jedoch wurden viele dieser Länder nicht wieder entdeckt. Noch im Jahre 1752 waren auf der gesamten Erde nur 150 Orte hinreichend nach Länge und Breite vermessen. Um 1470 begann nun ein echter Wettlauf in Westeuropa, die Erde und insbesondere die Ozeane zu erkunden. Spanien und Portugal bildeten Reiche „in den die Sonne nie unterging“. England, Frankreich und später auch Holland kamen ihnen nach. Je mehr dieser Wettlauf sich verstärkte, um so mehr wurde die Lösung des Längenproblems auf See immer dringlicher. Preise zur Lösung wurden z. B. durch Spanien, der Niederlande und Frankreich ausgesetzt. England gründete 1675 die Sternwarte Greenwich, um der Seefahrt dienliche Beobachtungen anzustellen. Und England war es auch, das ein Beurteilungsgremium, das „BORD OF LONGITUDE“ zur Lösung des Längenproblem gründete. Im „ACT OF QUEEN ANN“ wurden dem Entdecker einer geeigneten Methode zur Längenbestimmung nach einer Westindienreise von 40 Tagen, der die Position auf 30 Seemeilen genau bestimmen konnte, 20 000 Pfund Prämie angeboten (heute mehrere Millionen Mark). Die theoretische Aussage, schon aus der Antike bekannt, dass aus der Zeitdifferenz von einer Stunde für zwei Orte eine Längendifferenz von 15° resultiert, scheiterte bislang an der praktisch - technischen Umsetzung. Einen Zeitvergleich zwischen einer mitzuführenden Zeit des Ortes A im Vergleich einer astronomischen Gestirnskulmination am Ort B durchzuführen, war man an Bord nur schwer in der Lage. So war es nur über exakt meßbare Naturereignisse möglich, dieser Aufgabe gerecht zu werden. Sonnenfinsternisse müssen dafür ausscheiden, da sie von zwei Orten der Erde aus betrachtet, auch zu unterschiedlicher Zeit stattfinden. Hingegen eine Mondfinsternis ist von allen betreffenden Orten der Erde aus gleichzeitig sichtbar. Schon 130 v. d. Z. machte Hipparch (griech. Astronom) auf diese Methode aufmerksam. Auch Ptolemäus griff um 150 u. Z diese Methode. auf. Er bestimmte den Längenunterschied zwischen Karthago (im heutigen Tunesien) und Gaugamela (Assyrien) an Hand einer Mondfinsternis mit 45° Differenz viel zu lang (wahrer Wert 38°) und berechnete dadurch den Erdumfang viel zu klein. Diese Meßungenauigkeit brachte eine Fehleinschätzung der Ost-Westausdehnung des Mittelmeers mit sich und hatte kartographische Folgen der Darstellung dieses Gebietes noch bis in das 18. Jahrhundert hinein. Im 17. Jahrhundert erst wurde durch den französischen Astronomen Jean Richter (1630 bis 1696) eine Nachvollziehung dieser Meßmethode mit Hilfe von Mondkarten durchgeführt. Mit Hilfe dieser Mondkarten wurde der Eintritt des

Erdschattens in bestimmte Mondgebiete an verschiedenen Orten der Erde registriert. Da für diese Methode jedoch der Gebrauch astronomisch justierter optischer Geräte notwendig war, sich dieses Verfahren schon deshalb als sehr aufwendig und kompliziert gestaltete, blieb diese Methode nur dem Astronomen an Land vorbehalten und war an Bord nicht durchführbar.

Eine weitere Bestimmung der geographischen Länge wurde mit der Beobachtung der Jupitermonde erkannt. Seit der Entdeckung der vier Jupitermonde durch Gallilei (1610) wurden genau die Umlaufbahnen dieser Monde und ihre Durchgänge durch den Schatten des Jupiters beobachtet. Durch Ole Römer (dänischer Astronom) wurde dann der Vorschlag gemacht, diese Beobachtungen, da sie zeitlich sehr genau meßbar sind, zur Längenbestimmung zu nutzen. Aber auch dieses Verfahren konnte wegen der Kompliziertheit der praktischen Verwirklichung an Bord von Schiffen nicht genutzt werden. Auch wenn Waghenaer mit Hilfe des Waghenaerschen „Spiegel der Seefahrt“ die u. a. auch Tafeln der Sonnendeklination für einen Schaltjahresrythmus, die Neumondtage für einen Zyklus von 19 Jahren für die Gezeitenvorsage, die Rektaszension (Sternenwinkel) von etwa 100 Fixsternen und Verfahren zur Bestimmung der Nordsternbreite enthielten, einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Navigation leistete, so konnte das Problem der Längenbestimmung zur See dennoch nicht erfolgreich gelöst werden.

Studiert man nun die verschiedenen Quellen des Mittelalters, lässt sich die Erkenntnis gewinnen, dass im wesentlichen nur zwei Wege zur Längenbestimmung blieben, die an Bord als durchführbar erschienen. Ersten wurde immer wieder der Versuch unternommen, mittels Anwendung einer Sonnenuhr, später einer mechanischen Uhr die Längenbestimmung durchzuführen und zweitens wurde gleichlaufend versucht, mit dem Messen von Mondsternen eine Lösung zu erreichen. Beide Methoden mussten jedoch anfangs wegen der Unvollkommenheit der Uhren einerseits bzw. mangels fehlenden genauen optischen Messinstrumenten andererseits versagen. Die älteste Längenbestimmung des Entdeckungszeitalters wurde von Kolumbus auf seiner zweiten Reise am 14./15. September 1494 bei der kleinen Insel Haiti vorgenommen. Ein Längenfehler von 15° , schon auf Grund der tholemäischen Maße auf den damaligen Karten war nicht zu verhindern. Auch wurde diese Beobachtung an Land durchgeführt und nicht auf See. Auf dem Festland ließ sich die wahre Ortszeit mit Hilfe einer für die entsprechende Breite berechneten Sonnenuhr bestimmen. Auf See jedoch musste dieses Verfahren sofort wegen des wechselnden Schiffsortes versagen. Auch lag das Problem in den fehlerhaften Anzeigen der an Bord mitgeführten Sanduhren.

Wegen der großen Eigenbewegung des Mondes von ca. $-0,5^\circ$ in einer Sekunde gegenüber den an der scheinbaren Himmelskugel „feststehenden“ Fixsternen ist die Mondposition gegenüber benachbarter Fixsterne stark veränderlich, so dass durch eine Winkelmessung mit dem Sextant zwischen einem Fixstern und dem Mond (Mondstern auf den Mondmittelpunkt reduziert) und dem Vergleich mit einer vorausberechneten Distanz die Bestimmung der Uhrzeit und damit der geographischen Länge möglich wurde. Mit Hilfe solcher vorausberechneten Tabellen der Mondsternen bezüglich anderer Fixsterne wurde schon im Mittelalter der Versuch unternommen, die Länge astronomisch zu bestimmen. So versuchte Vaspucci., ein Begleiter Kolumbus, die Längenunterschiede zum Heimathafen Lissabon mit Hilfe von Mondsternentafeln zu berechnen. Erst als der Engländer John Hadley 1731 den Spiegelsextanten erfand und konstruierte und deutsche Astronom Tobias Mayer (1723 bis 1762) verbesserte Mondsternentafeln vorlegen konnte, und erst als das erste Seechronometer 1761 von englischen Uhrmacher und Chronometerbauer John Harisson (1693 bis 1776) in die Seefahrt eingeführt wurde, war aus der Theorie die Praxis entstanden und die Aufgaben der Seevermessung, insbesondere der Bestimmung der geographischen Länge konnten gemeistert werden. Ein harter Streit entbrannte im alten England, als es darum ging zu entscheiden, ob nun die Methode die Länge nach Mondsternen oder nach den Chronometerverfahren zu bestimmen, die beste ist. Anfangs schien alles für eine alleinige

Einführung der Mondstanzmethode zu sprechen, erst als sich durch zähes Ringen schließlich das Harrison - Chronometer auf Grund immer besserer Genauigkeit bewährte, begann man beide Methoden der Längenbestimmung, als zumindest gleichwertig zu betrachten. Und so ist es nicht verwunderlich dass der 1713 ausgesetzte Preis von 20 000 Pfund durch den „BORD OF LONGITUDE“ zu gleichen Teilen an Chronometerbauer J. Harrison, den Astronomen T. Mayer und den Mathematiker Leonhard Euler (1707 bis 1783) verliehen wurde. Eulers Verdienst bestand vor allem darin , die Theorie der Mondbewegung vervollkommnet zu haben, während Harrison es verstanden hat, die Unruhe eines Chronometers so zu gestalten, dass durch den Ausgleich der Wärmeausdehnung ihrer Einzelteile die Schwingungszeit weitgehendes unbeeinflusst von der Temperatur blieb. So soll er erreicht haben, dass eines seiner Chronometer in 161 Tagen nur 5 Sekunden von der Sonnenzeit abgewichen ist. Angemerkt sei hier, dass der falsche Gang eines Chronometers nur um eine Sekunde einen falschen Standort auf dem Äquator schon von rund 450 m bewirkt. Obwohl erstmalig von der britischen Längenkommission im Jahre 1766 ein nautisches Jahrbuch, das „ASTRONOMICAL AND NAUTICAL EPHEMERIS“ herausgegeben wurde, die auch Tafeln für die Bestimmung der Nebenmeridianbreite und verbesserte Mondstanztafeln enthielt und das dem Nautiker wieder ein besseres astronomisches Rüstzeug in die Hand gab, war dennoch die heutige gewohnte Genauigkeit der astronomischen Standortbestimmung nicht zu erreichen. Wie kompliziert und auch fehlerhaft trotz Anwendung von Mondstanztafeln und Chronometer die Ortsbestimmung zur See damals immer noch war, lässt sich an einer Aussage des größten britischen Seefahrers und Entdecker seiner Zeit James Cook, (1728 bis 1779) nachvollziehen. Nach seiner ersten Entdeckungsfahrt im Jahre 1771 meinte er noch, es lohne sich nicht kleinere nur vom Ozean umgebene Inseln astronomisch zu vermessen und in die Karte einzutragen, da man sie ohnehin auf folgenden Fahrten nicht wiederfinden würde. So ungenau war trotz Einführung des Sextanten und des Chronometers sowie der neuen Mondstanztafeln noch die astronomische Ortsbestimmung. Die Bestimmung der Breite aus zwei korrespondierenden Sonnenbeobachtungen am Vor- und am Nachmittag hängt auf engste mit der Längenbestimmung zusammen, denn eine fehlerhafte Breite ist im Grunde eine missglückte Zeitbestimmung der Sonnenkulmination. Schließlich setzte sich am Ende das Chronometer durch. Das Verfahren des Fahrens nach Mondstanz bot hier nur noch eine zusätzliche Möglichkeit der Überprüfung des Standortes auf See sowie auch der Überprüfung der richtigen Uhrzeit am Chronometer. Erst 1845 ergab sich durch die Einführung der Funktelegraphie, erstmals angewandt von den USA bei der Küstenvermessung, die Möglichkeit der Übertragung der Zeit in Form von Funksignalen mit einer Genauigkeit im Standort, wie sie nie zuvor erreicht wurde. Das Verfahren der Längenbestimmung mittels dem Chronometer hatte sich endgültig durchgesetzt. Die Kontrolle der Uhrzeit bzw. die Längenbestimmung nach Mondstanz geriet somit in Vergessenheit.

Den bedeutendsten Fortschritt der astronomischen Navigation, durch den sich diese zu einem eigenständigen Zweig nautischer Wissenschaften entwickelte, verdankt man dem amerikanischen Kapitän Thomas Sumner (1807 bis 1851) mit der Entdeckung der „astronomischen Standlinie“ im Jahre 1837.

Nach einer längeren Schlechtwetterperiode beobachtete er in einer Wolkenlücke die Sonne und versuchte ausgehend von der Gleichung der Höhengleiche zu einer angenommenen Breite die dazu gehörige Länge zu bestimmen. Da ihn das Ergebnis nicht befriedigte, wiederholte er die Rechnung mit anderen vorgegebenen Breiten. Er fand heraus, dass die ermittelten Positionen auf einer Geraden in der Seekarte lagen. Seither hat der mathematische Begriff des geometrischen Ortes unter der Bezeichnung Standlinie (Line of Position) in die Navigation Einzug gefunden. Nautiker vieler Nationen wie Akimov, Poludan, St. Hilaire und andere vervollständigten das Verfahren und führten es in die Praxis ein. Sumner verwendete als Standlinie eine Sehne an die Höhengleiche. Als Höhengleiche wird

der sphärische Abstand des Bildpunkt eines Sterns bezogen auf die als Kugel angenommene Erde vom Standort eines Beobachters ($90^\circ - \text{Gestirnshöhe}$, ausgedrückt in Seemeilen) bezeichnet. Eine Höhengleiche bezeichnet somit den gleichen Abstand vieler Beobachter zum Gestirnsbildpunkt auf der Erdoberfläche, unter der Voraussetzung, dass diese Beobachter auch die gleiche Höhe zum Gestirn messen. 1849 wurde von einem Steuermann der russischen Schwarzmeerflotte M. A. Akimow ein neues Verfahren vorgeschlagen, bei als Standlinie eine Tangente an die Höhengleiche gewählt wurde. Dieses vom Prinzip her auch heute noch verwendete Verfahren wurde aber erst 1875 von dem französischen Seemann Marcq St. Hilaire in die Praxis eingeführt. Deshalb wird das Höhenverfahren auch als Marcq St. Hilaire-Verfahren bezeichnet. Für die bei diesem Verfahren notwendige Berechnung der Höhe und des Azimuts (Richtung) wurden im Laufe der Zeit verschiedenen Möglichkeiten, wie logarithmische Berechnungen, graphische Hilfsmittel, Analogrechner, vorausberechnete Tafeln sowie digitale Rechner vorgeschlagen und praktiziert. Nach dem zweiten Weltkrieg wurden vom Hydrographischen Dienst in Washington die TABLES OF COMPUTED ALTITUDE AND AZIMUTH, Publ. NO 214 in neun Bänden herausgegeben. Für die Flugnavigation wurden 1947 erstmals die „SIGHT REDUCTION TABLES FOR AIR NAVIGATION“, Publ. NO 249 in drei Bänden veröffentlicht, die auch in der Seefahrt sehr beliebt sind. 1958 erschienen vom Hydrographischen Dienst der Kriegsmarine der (ehemaligen) UdSSR die „VYSOTY I AZIMUTY SVETIL“, genannt VAS 58, in vier Bänden. Diese russischen Tafeln sind ebenso wie die amerikanischen zur Berechnung des Azimuts und der Höhe leicht zu handhaben. Sie haben die bis in die sechziger Jahre hinein gebrauchten Logarithmustafeln zur Berechnung der Höhe des Azimuts weitgehendst ersetzt. Heute werden Computerprogramme zur Lösung astronomischer Aufgaben bevorzugt, wobei das Ende der Entwicklung der astronomischen Navigation erreicht ist. Die Satelliten- und Funknavigation hat weitgehendst die astronomische Navigation abgelöst.

Kolumbus und die Navigation im Mittelalter

Zweifellos waren es große Männer, die im Entdeckungszeitalter die Welt erkundeten. Aber war es nicht in erster Linie gesellschaftliches Interesse, was die mittelalterliche Welt veranlasste über ihre Horizonte zu blicken? Immer noch stand die Erkundung Indiens und das wirtschaftliche Ziel dieses Land als direkten Handelspartner zu gewinnen, im Mittelpunkt des Interesses der iberischen Mächte. Auch Kolumbus hatte diesen Auftrag.

Als in der Nacht vom 11. zum 12. Oktobers 1492 durch das Besatzungsmitglied der „Pinta“ Rodrigo de Triana der Ruf „Terra, Terra“ erscholl, dachte Kolumbus am ersehnten Ziel, dem sagenumwobenen Indien angekommen zu sein. Er wusste nicht, dass er nach einer Fahrt von 70 Tagen einen neuen Erdteil entdeckt hatte. Auch wenn heute noch so manches Dunkel in der Kolumbusforschung liegt, so mag doch der Versuch unternommen sein, ein einigermaßen abgerundetes Bild dieser Zeit und dieses Mannes und vor allem der Art seiner Navigation zu zeichnen.

Wenn wir die Abschrift der >Barcelona-Kopie< des Logbuchs des Kolumbus durch den Dominikanermönch Bartolome de Las Casas betrachten, das Original und die >Barcelona-Kopie< sind leider verschollen, so lesen wir dort folgenden Ausspruch: „Und vor allen Dingen ist es erforderlich,...., dass ich des Schlafens vergesse und der Navigation große Aufmerksamkeit schenke.“ Hier finden wir nicht nur den Grad der Bedeutung wieder, die Kolumbus der Navigation schenkte, sondern wir finden hier vielmehr einen als recht authentisch anzunehmenden ersten Bericht einer mittelalterlichen Seefahrt überhaupt. Sicher entspricht dieser Bericht den Auffassungen, die die iberische Hochseefahrt zur Anwendung von Navigationsmethoden auf See überhaupt hatte. Und diese waren recht hoch und

vorausschauend und immer auf den neuesten Stand damaliger europäischer Navigationsmethoden gebracht.

Am 03. August des Jahres 1492 verließen nun drei portugiesische Schiffe den Hafen von Palos. Ihr erstes Ziel war es, die Kanareninseln Gomera anzusteuern, um von dort aus weiter westwärts zu segeln. Kolumbus Flaggschiff war das 100 Tonnen* große und schwerfällige Vollschiiff (Nao) „Santa Maria“. dazu kamen die beiden Karamellen „Pinta“ (dtsch: „Die Bemalte“) und „Nina“ (dtsch: „Die Kleine“), die mit ihrer Größe von 60 Tonnen* Schnellfahrer waren. Das Kommando auf der „Pinta“ hatte ein Freund Kolumbus', der erfahrene Reeder und Kapitän Martin Alonso Pinzón. Er hatte in Rom kosmographische Studien betrieben. Dieser Reeder hatte auch die Kolumbusflotte ausgerüstet und für die richtige Auswahl der Mannschaften gesorgt, die nicht wie gewohnt, aus gepreßtem Gesinde und Verbrechern, sondern aus Angehörigen andalusischer Fischer- und Schifferfamilien bestand. Die „Nina“ wurde durch Martins Bruder, Vicente Ybáñez Pinzón kommandiert. Dieser Mann sollte später noch Entdeckungsgeschichte schreiben. Auf jedem Schiff war neben der Besatzung noch ein Kapitän, ein Pilot (Navigator) und ein Maler vorhanden. Das Flaggschiff war mit 40 Mann, die „Pinta“ mit 26 Mann und die „Nina“ mit 24 Mann Segelbesatzung besetzt. Zusätzlich waren nicht zur Mannschaft gehörig ein Dolmetscher für arabisch und zwei königliche Beamte eingeschiff. In der Annahme, dass in Indien (Catahai) auch arabisch verstanden wird, hatte man den Dolmetscher an Bord. Die zwei königliche Beamten hatten die Ausgaben der Schiffe zu überwachen, auch sollten in der Hoffnung auf baldige Gewinne, diese registriert und entsprechend vorheriger Vereinbarungen die Gewinnanteile für die Krone überwacht werden. Das Ziel der Reise war also ein rein materielles. Es spricht für den Geist des Entdeckungszeitalters überhaupt, wenn das Ziel mehr einer materiellen Richtung nach Macht und Reichtum entsprach, als wie dem der Forschung und wissenschaftlichen Erfassung der Welt.

* Die damalige Schiffstonne entsprach dem Raumgehalt einer Weintonne, hatte somit etwa den doppelten Inhalt einer heutigen Tonne.

Durch das Ansteuern der Kanaren, konnte Kolumbus einen Weg nach Westen wählen, der ihn in die Zone der günstigsten Wind- und Strömungsverhältnisse im Bereich des Nordostpassats und des Nordäquatorialstroms brachte.

Diese eher zufällige Wahl erbrachte ihm den günstigsten Weg nach Westen und auch später blieb dieser Weg als „carrera de Indias“ die bevorzugte Reiseroute der meisten westwärts segelnden Schiffe damaliger Zeit. Diesem glücklichen Zufall verdankt Kolumbus einen nicht unerheblichen Teil seines Erfolgs der Reise.

Am 06. September verließ Kolumbus nach einer in Gran Canaria durchgeführten Reparatur der „Pinta“ die Kanarischen Inseln. Vom 09. September bis zum 18. September im Nordostpassat segelnd, sahen die Besatzungen erstmals am 16. September schwimmende „Gräser“, die am 23. September so dicht wurden, dass man befürchten musste, stecken zu bleiben. Die Flotte befand sich im Sargassomeer (Golfkrautmeer). Doch weiter ging die Fahrt im Nordostpassat. Die Besatzungen befürchteten nun, dass sie nie wieder zurück kommen würden, denn auf der Rückfahrt hätte man ja Gegenwind und das war schlechtes Segeln. Am 09. September trug Kolumbus ins sein Bordbuch ein: „Wir kamen 60 Seemeilen weiter. Ich beschloß, weniger einzutragen, damit meine Leute nicht den Mut verloren, falls die Reise zu lange dauern sollte. Im Laufe der Nacht brachten wir 120 Seemeilen hinter uns, bei einer Stundengeschwindigkeit von 10 Seemeilen.“ Am 01. Oktober berechnete Kolumbus von der Insel Ferro (Hierro), der westlichsten Kanareninsel, eine Entfernung von 2828 Seemeilen, der Mannschaft täuschte er nur 2336 Seemeilen vor. Doch bleibt die Frage, wie reagierten seine Piloten und die Pinzónbrüder darauf, denn auch die waren erfahrene Nautiker? Die Beantwortung dieser Frage ist bis heute offen. Am 13. September bemerkte Kolumbus eine Abweichung der Magnetkompassse nach Norden. Am 14. September beobachteten die Rudergänger die gleiche Erscheinung. Bisher kannte man die Missweisung des

Magnetkompasses gegenüber dem Polarstern nur nach Osten. Jetzt wich sie nördlich ab. Erscheinungen, die man nicht deuten konnte. Erst am 01. Oktober zeigte die Kompassnadel wieder richtig zum Nordstern. Schließlich schreibt Kolumbus in sein Tagebuch: „Es war eine große Gärung unter den Leuten meines Fahrzeugs, weil sie glaubten, es wehten unter diesen Himmelsstrichen keine Winde, welche die Rückkehr nach Spanien möglich machten.“

Doch schließlich war es so weit. Der Matrose Rodrigo de Triana sah im Mondlicht einen ca. zehn Kilometer entfernten flachen Strand. War es wieder ein Irrtum, wie der des 25. Septembers, als die Flotte glaubte Land zu erkennen und deshalb den Kurs änderte? Nein, diesmal war dort wirklich Land. Und so betrat am 47. Tag nach der Abfahrt von Gomera und am 70. Tag nach dem Ablegen aus Palos der erste aus dem europäischen mittelalterlichen Kulturkreis kommende Mensch altamerikanischen Bodens. Das amerikanische Inferno begann. Auch wenn der erste Landgang auf einer vorgelagerten amerikanischen Insel, wahrscheinlich auf Guanahani (heute britisch Bahamas), stattfand. Amerika war unwiderruflich entdeckt. Gold, Gold und nochmals Gold, das war der Auftrag und das Gebot. Kolumbus begann sofort am 13. Oktober mit der Suche nach diesem für die Menschen so wertvollen und edlen Metall.

Angemerkt sei noch, dass heute dieses Entdeckungsdatum von einigen Forschern unter Angabe vieler widersprüchlicher Gründe umstritten wird. So nimmt z. B. E. C. Branchi, (italienischer Historiker) den 13. Oktober 1492 als Entdeckungstag an. Aber gleich viel! Wir wollen um einen, zwei oder sollten es auch zehn Tage Zeitdifferenz sein, nicht streiten. Der Tag spielt nicht die hervorzuhebende Rolle, vielmehr ist es die Tatsache, die Umstände und die Methodik des Ganzen, was uns interessiert. Angemerkt sei noch, dass der wahre Entdecker des neuen Kontinents, der Matrose Rodrigo seine jährliche Rente von 10 000 Maravedis, dem kleinsten damaligen Rechnungswert, von jedem durch die Krone zugestanden, der für Spanien neues Land entdeckt und meldet, nie erhalten hat. Kolumbus gab diesen für ihn unerheblichen Wert für sich aus. Welch eine mittelalterliche Anschauung und Gerechtigkeit. Rodrigo soll tief enttäuscht nach Marokko ausgewandert und zum Islam übergetreten sein.

Einen Einblick, den wir heute durch das Tagebuch des C. Kolumbus erhalten, gestattet uns auch die Durchführung der Navigationsmethoden zu betrachten. Das Tagebuch der bedeutendsten Reise, der ersten Reise liegt uns heute leider nicht im Original vor. Diese Originalaufzeichnungen sind nach dem Tod Isabellas 1504 verloren gegangen. Auch die unmittelbar nach der Rückkehr Kolumbus' am spanischen Hofe als „Barcelona-Kopie“ angefertigte Abschrift ist verschwunden. Vor ihrem Verschwinden bekam sie ein Freund Kolumbus', der Dominikanermönch Bartolome de las Casas zu sehen, der diese abschrieb und dem wir es verdanken, dass heute überhaupt Aufzeichnungen vorhanden sind. Diese Kopie ist zwar an einigen Stellen fehlerhaft, doch kann man insgesamt davon ausgehen, dass diese Abschrift weitgehend authentisch ist. So haben wir also eine erste Dokumentation einer Atlantiküberquerung vorliegen. Die Grundlage der Navigation im 15. Jh. kann somit mit Hilfe dieser Kopie des Kolumbustagebuches sowie weiterer Aufzeichnungen aus nachfolgenden Reisen rekonstruiert werden. Dabei spielt der Stand der astronomischen Kenntnisse damaliger Zeit die gravierende Rolle. Es muss auch beachtet werden, wie die allgemeinen astronomischen Kenntnisse dieser Zeitepoche in der Schifffahrt verbreitet waren und wie der Stand der Ausbildung der Kapitäne, Steuerleute und Piloten im Ganzen zu bewerten ist. Wie führte nun aber Kolumbus seine Navigation über den Atlantik durch?

Eine der wichtigsten Methoden war die Breitenbestimmung mit dem Nordstern. Nach dem Erscheinen von Deklinationstabellen der Sonne, aufgestellt durch Regiomontanus in Nürnberg und Zacuto auf der iberischen Halbinsel konnte auch nach Meridianhöhen der Sonne navigiert werden. Als nautische Meßgeräte benutzten die Seefahrer zur kolumbianischen Zeit neben den Magnetkompass und der Sanduhr, den Quadranten, das Astrolabium und den Jacobsstab. Die Geräte waren auf See schwer zu handhaben. Für die Anwendung des

Quadranten und des Astrolabium brauchte man die Lotlinie, die sich mit diesen Geräten auf Grund von Schiffsschwankungen, Wittereinflüssen, es musste auf offenen Deck gemessen werden, nur schwer halten ließ. Für die Benutzung des Jacobsstabes, auch Grabstock genannt, benötigte man die Horizontlinie. Sonnenmessungen waren fast nicht durchführbar, da die Blendwirkung der Sonne empfindlich die Beobachtung störte. So wurden astronomische Ortsbestimmungen fast immer an Land durchgeführt, da das Schwanken des Schiffes dort ausgeschlossen war.

Kolumbus hatte alle diese Geräte an Bord, er führte auch die Tafeln des Regiomontanus und die des Zacuto mit. Betrachten wir nun einige der nautischen Beobachtungen, die Kolumbus auf seiner Reise durchführte und nieder schrieb.

Am 30. September 1492 trug Kolumbus in sein Bordbuch ein:

„Ich stellte mit Überraschung fest, dass sich die Wächter in der Nähe des Armes in westlicher Richtung befinden, Bei Tagesanbruch jedoch unterhalb des Armes in östlicher Richtung erscheinen. Sollte diese Beobachtung zutreffen, so scheint es, dass ich in der letzten Nacht nur um drei Linien, oder neun Sternstunden vorankam.“

Die Ortszeit wurde um Mitternacht über die Stellung der Wächter des Polaris festgestellt. Die Wächtersterne sind Beta (Kochab) und Gamma im Kleinen Bären. Kolumbus meint mit unterhalb den Bezug zur Polarisfigur, eine menschliche Figur mit ausgebreiteten Armen, die auf den Nordstern zentriert und radial in acht Richtungen unterteilt war. Ausgangspunkt der Zeitbestimmung war, dass Kochab Anfang Mai um Mitternacht genau am Kopf dieser Figur stand. Bezüglich der Kontrolle seines Kompasses schreibt er:

„Bei Anbruch der Nacht wich die Kompassnadel um einen Strich nach Nordwesten ab, während sie als der Morgen dämmerte, genau zum Nordstern zeigte. Dies hat seine Ursache darin, dass zwar die Nadel richtig anzeigt, sich der Stern jedoch dreht. Dieses Phänomän verstehen meine Steuerleute aus irgend einem Grund nicht, und es verwirrt sie und bringt sie auf. Sie lassen sich von Abweichungen dieser Art leicht ängstigen, besonders auf einer Reise von solcher Dauer, die in fremde Gegenden führt. Meine Erklärungen konnten ihnen nur zum Teil ihre Sorgen zerstreuen.“

Welchem Irrtum Kolumbus hier aufsaß, können wir heute schnell begreifen. Er hatte es mit der magnetischen Ablenkung zu tun. Der als Missweisung bekannte Fehler jedes Magnetkompass hängt bekanntlich mit der Abweichung des Magnetpols, der sich auf Halifax in Kanada befindet, vom geographischen Nordpol zusammen. Dies konnte natürlich Kolumbus nicht wissen. Es war zwar eine Abweichung der Magnetnadel für die Iberischen Inseln nach Osten bekannt, aber ob es diese überall gab und warum diese bestand, war zu dieser Zeit noch ungeklärt. Zwar stand der Nordstern im 15. Jh. ca. $3\frac{1}{2}^\circ$ vom Pol weg, aber diese Erscheinung konnte Kolumbus unmöglich gemeint haben, als er von der wechselnden Stellung des Nordstern sprach. Auch ließ sich ein Fehler von 3° am Kompass nicht oder nur schwer erkennen. Die Missweisung betrug nach heutiger Nachrechnung ca. 7° West. Da der Nordstern am 30. September 1492 ca. $3\frac{1}{2}^\circ$ östlich des Pols stand, so kann man von einer Summierung der gesamten Fehler ausgehen. (7° West + $3\frac{1}{2}^\circ$ Ost (hier in 270° aufgrund astronomischer Definition) = $10\frac{1}{2}^\circ$ Fehlweisung am Kompass). Somit hat Kolumbus gut beobachtet oder war es nur ein Zufall auf Grund von Peilfehlern? Denn am Morgen stellte er keine Ablenkung mehr fest.

Als sich Kolumbus wenige Tage später als am 26. Oktober 1492 in unmittelbarer Nähe der kubanischen Nordküste, in Nähe des Rio de Mares befand, stellte er fest:

„Ich bestimmte mit dem Quadranten unsere Position und der Rio de Mares liegt 42 Grad nördlich des Äquators“

und weiter stellte er am 21. November 1492 fest:

„Ich bestimmte die Position mit meinen Quadranten, und ich befand mich, wie auch im Hafen von Mares, 42 Grad nördlich des Äquators. Bis ich wieder Land erreiche und den Quadranten instand setzen kann, werde ich ihn nicht mehr gebrauchen. Ich habe nicht den Eindruck, dass ich mich derart weit im Norden befinden könnte.“

Diese Zweifel waren durchaus berechtigt. Denn Kolumbus' Abfahrtsort befand sich auf den Kanaren mit einer Breite von 28° N. Da er am Magnetkompass ziemlich genau westwärts segelte, mußte seine Breite auch am gefundenen Bestimmungsort um die 28° N betragen.

Am 13. Dezember 1492 befindet sich Kolumbus an der Nordküste Hispaniolas, auf ca. 20°N. Er führte eine Bestimmung der Nordsternbreite durch und fand 34°N. Der Unterschied beträgt 14°; das sind 840 sm Unterschied

Als Kolumbus sich am 03. Februar 1493 auf ca. der Hälfte der Strecke seiner Rückreise, auf ca. 35° N befand, trug er in sein Bordbuch ein:

„Der Nordstern scheint sehr hoch zu stehen, ebenso hoch wie am Cabo de San Vincente. Ich konnte seine Höhe weder mit dem Astrolabium noch mit dem Quadranten bestimmen, da dies wegen des Wellenganges nicht möglich war.

Das Cabo de San Vincente liegt auf 37° nördlicher Breite.

Wir wollen Kolumbus keine unzureichendem astronomisch-navigatorischen Fähigkeiten bescheinigen, aber diese astronomischen Beobachtungen waren zur genauen Wiederauffindbarkeit eines Punktes auf See höchst ungenau, auch für damalige Verhältnisse. Quellen anderer Seefahrer der kolumbianischen Zeit bieten uns hier bessere Ergebnisse, wie wir bereits feststellen konnten. Kolumbus unternahm sogar den Versuch einer Längenbestimmung aus einer Mondfinsternis. Obwohl das Ergebnis auch nicht den Anspruch auf Richtigkeit besitzt, so ist es doch erstaunlich, wenn man nur die Methode der Ausführung betrachtet. Auf seiner vierten Reise, am 29. Februar 1504 schreibt er in seinen Erinnerungen „Buch der Prophezeiungen“:

„Am Donnerstag, dem 29. Februar 1504, da ich mich in Indien auf der Insel Jamaica im Hafen von Santa Gloria aufhielt,..., trat eine Mondfinsternis ein, und da sie begann, bevor die Sonne untergegangen war, konnte ich nur das Ende beobachten, als der Mond seinen vollen Schein wiedergewann, was mit Sicherheit 2 ½ Stunden nach Einbruch der Nacht geschah, ganz sicher nach fünf Sanduhren. Der Unterschied zwischen der Insel von Jamaica in Indien und der Insel Cadiz in Spanien ist 7 Stunden und 15 Minuten, so dass in Cadiz die Sonne 7 Stunden und 15 Minuten früher untergeht als in Jamaica“

Das wahre Ergebnis muss 4 Stunden und 44 Minuten betragen. Die Finsterniszeit entnahm er den Tafeln des Regiomontanus'. Diese waren für die Finsternismitte und nicht für das Ende (1 Std. Zeitunterschied) und für Nürnberg berechnet und nicht für Cadiz.(Zeitunterschied 1 Std. 27 Min.). Die Laufzeiten der Sanduhren betragen 30 Minuten. Fünf Sanduhren entsprechen einer Zeit von 2 ½ Std. Das Ende der Finsternis jedoch 3 Std. und 5 Min nach Sonnenuntergang.

Wie aber navigierte Kolumbus nun, wenn die astronomischen Ergebnisse auch für ihn selbst unzureichend waren. Er navigierte so, wie es Mittelmeerpraxis und zu Anfang der Entdeckungen auch iberische Praxis war, er mittelte den Schiffsort mit dem Kompass und der gelaufenen Distanz, die schließlich mit Hilfe von Erfahrungswerten geschätzt wurde (Koppelnavigation mit Erfahrungswerten). Das Log war zu dieser Zeit noch nicht bekannt. Die Kursbestimmung geschah mit einem Trockenkompass, der aus einer drehbar gelagerten Windrose bestand auf dessen Unterseite sich ein Magnet befand. Das ganze wurde in einem Gehäuse aus Buchsbaum untergebracht. Kurse mit den entsprechenden gelaufenen Distanzen aneinander gekoppelt, stellen den Schiffsweg dar. Dabei kann mehr oder weniger der Einfluss der Strömung und des Windes das Ergebnis verfälschen oder auch nicht, je nach dem wie gut man den Kurs und die Geschwindigkeit in einer Zeiteinheit erfasst und unter dem Einfluss der Gesamtabtrift versucht auszuwerten. Wie genau die Kopplungen auch immer waren, die Standortbestimmungen sollten helfen, den Koppelort zu korrigieren und umgekehrt. Hier muss man beide Methoden gleichberechtigt betrachten. Wie groß die Fehler bei der Koppelnavigation waren, lässt sich an der Methodik ermitteln. Die Kugelgestalt der Erde fand auf den damals verwandten Seekarten keinen Niederschlag. So wurde auf den im Mittelmeer verwandten Portulankarten (Plattkarten) der Abfahrtsort einfach mit dem Bestimmungsort verbunden. War die Verbindung eine Gerade, so war sie der Kompasskurs, der dann unverändert beibehalten wurde. Dieses Fahren auf der Loxodrome genügt für eine geringe Distanz, muss aber bei der Atlantiküberquerung versagen. Die iberischen Seefahrer erkannten recht schnell diesen Unterschied, konnten ihn jedoch nur unzureichend deuten. Das Fahren auf der Loxodromen bedeutet, sich spiralförmig dem Pol zu nähern, in dem der Quadrant des Kurses liegt. Die Schnittwinkel des Kurses mit den Meridiankreisen werden unterschiedlich in der Praxis entgegen der Seekartendarstellung sein. So muss man, will man die wirklich kürzeste Verbindung auf der Erdkugel bekommen orthodrome Kurse fahren. Das heißt man muss so fahren, dass man alle Meridiane unter dem gleichen Winkel schneidet. Das ist auf einer Plattkarte nur möglich, wenn man Kursdistanzstücke wählt, die dem Großkreis auf der Erdkugel sehr nahe liegen. das heißt dann, der Kompasskurs muss nach und nach geändert werden. Betrachtet nun man noch die Strömung und die Missweisung, so wird uns klar, dass die

alleinige Methodik der Koppelnavigation hier versagen muss und dies um so mehr, wenn Sturm und damit unbekannte Abtrift alle Koppelwerte verfälscht. So versuchte auch Kolumbus aus allen Kennwerten der Schätzung und der Messung seinen wahren Standort zu ergründen. Sogar die Abweichungen an der Magnetnadel auf Grund der Missweisung veranlassten Kolumbus, daraus eine Standorthilfe zu bekommen. So schreibt Kolumbus auf seiner zweiten Reise, dass er sich auf Grund der Ablenkung der Bussole (Kompass) von Nordwest nach Nordost etwa 300 Leguas (ca. 320 sm) westlich der Azoren befand.

Kolumbus steuerte die ersten sieben Tage Südwestkurs. Danach steuerte er Westkurs. An vier Tagen steuerte er Nordwestkurs. So glich er in insgesamt 35 Tagen die südliche Versetzung durch Nordwestkurse fasst wieder aus. Westlich der Azoren wurde sein Kompass derart abgelenkt, dass er bei anliegenden Westkurs tatsächlich aber Südwest fuhr. So lag seine Ankunftsbreite auf Guanahani 4° südlicher, als es sein kanarischer Abfahrtsort war. Wäre Kolumbus tatsächlich Westkurs gefahren, so wäre er am heutigen Cap Canaveral an Land gegangen und nicht in der Nähe vom heutigen Kuba. Kolumbus koppelte von den Kanaren bis nach Guanahani eine Gesamtdistanz von 3408 Seemeilen. Er koppelte ca. 350 sm mehr, als diese wirklich beträgt. Er nutze den Nordostpassat und die Nordäquatorialströme auf der Hinfahrt genauso, wie er den Golfstrom und den Nordwestpassat für die Rückfahrt meisterhaft nutzte. Man muss ihm bescheinigen, dass er, obwohl seine astronomischen Ortsbestimmungen sehr fehlerhaft sind, ein Meister der Navigation war und das mit den

Grundlagen damaliger Zeit, als die wissenschaftliche Hochseeravigation gerade in den Anfängen stand.

Die moderne Navigation erobert den Weltraum

Das Prinzip der astronomischen Standortbestimmung für sich allein betrachtet ist vollkommen ausgereift. Die Technik, die dabei genutzt wird, hat sich natürlich dem heutigen Stand der Entwicklung angepasst. Sie erlaubt uns mit immer besseren Arbeitsmitteln eine Vereinfachung der Durchführung der Standortbestimmungen. Computerprogramme ersetzen die astronomischen Tafelwerke. Messinstrumente sind ohne den Einsatz von Elektronik fasst nicht mehr vorstellbar. Quarze ersetzen die alten Federchronometer. Funkuhren gestatten den weltweiten Zeitvergleich. Satelliten umkreisen den Erdball und ihre Nutzung zur Standortbestimmung stellt die Astronomie in den Schatten. Und doch, die Grundpraktiken sind die gleichen geblieben. Immer wieder wird die sphärische Mathematik zur Anwendung kommen. Bei den modernen Computerprogramm sind nur noch die Eingangsargumente, wie Datum, Uhrzeit und Messwerte einzugeben und das Programm zeigt sofort das richtige Ergebnis.

Etwa zehn Funknavigationssysteme sorgen für die weltweite Sicherstellung der Navigation. Als ältestes Verfahren ist der Mittelwellenpeilfunk zu nennen. Mittels einem Funkpeiler werden ungerichtete oder gerichtete Funkstrahlen empfangen, wobei die Empfangsanlage diese nach Art der Richtung analysiert. Die Peilstandlinien schwanken um $\pm 2\%$ und genügen schon lange nicht mehr unseren modernen Anforderungen. Seit 1980 werden zuerst im englischen Kanal und in der Irischen See UKW-Funkbaken eingesetzt. Sie ermöglichen das Peilen dieser Sendebaken (auf Kanal 88), aber auch hier beträgt die Peilungengenauigkeit $\pm 2\%$. Das durch England eingeführte DECCA-Navigationssystem für den Küstenbereich liefert hier schon bessere Ergebnisse. Aber auch für spezielle enge Hafenansteuerungen ist das System zu ungenau. Im Durchschnitt muss mit einer Abweichung im Standort von 0,25 sm gerechnet werden. 1983 waren 51 Ketten, davon 25 in Europa in Betrieb. Das Decca-Navigationssystem wird nach der Jahrtausendwende voraussichtlich abgeschaltet sein. Andere genauere Navigationssysteme werden es ersetzen. Ende der fünfziger Jahre nahm das Langwellennavigationssystem LORAN C seine Arbeit auf. Die große Reichweite von 1200 sm und die dabei sehr gute Standortgenauigkeit von ca. 0,25 sm versprechen eine Anwendung noch bis weit ins 21. Jahrhundert hinein. Dagegen hat das für die Weitbereichsnavigation in den 70er Jahren konzipierte OMEGA-Navigationssystem nicht die Bedeutung erlangen können, die man anfangs erwartete. Die zu ungenaue Ortungsgenauigkeit der Standorte (um die 2 bis 4 sm) schränkte dessen Nutzung stark ein. Seit das amerikanische Satellitennavigationssystem „NAVigation System with Time And Ranging /-Global Positioning System“ (NAVSTAR/-GPS) weltweit auf seegehenden Schiffen installiert wurde, hat der Navigator eine weitere Möglichkeit zur Verfügung, nicht nur die geographischen Koordinaten eines Schiffsortes zu bestimmen, sondern auch u. a. die Wegpunktnavigation anzuwenden.

Die Festlegung von Wegpunkten zur Koordinierung u. a. des Bahnprozesses und dessen Kontrolle in Anwendung von GPS macht es auch möglich, herkömmliche Navigationsmethoden durch modernen Navigationsverfahren zu ersetzen. Doch weiter geht die Entwicklung der Technik. Wenn heute von moderner Navigation gesprochen wird, so ist erstrangig der Prozessrechner zu nennen. Die Navigation vollzieht sich dabei nicht mehr auf der als Kugel angenommenen Erde, sondern vollzieht sich auf einem berechneten Erdellipsoid. Während bis Ende der siebziger Jahre unseres Jahrhunderts der Kreiselkompass, neben dem Magnetkompass die Hauptanlage zur Bestimmung der Richtung war, werden heute neben dem Kreiselkompass schon Trägheitsnavigationssysteme eingesetzt.

Staudruckfahrtmeßanlagen wurden durch Dopplerloganlagen abgelöst. Im nächsten Jahrtausend werden Notfunkgeräte, die auf konventionelle Art der Funkwellenausbreitung arbeiten, ebenfalls der Vergangenheit angehören. Mit dem Einsatz von Nachrichtensatelliten wird die Gewährleistung der Sicherheit in der Seefahrt, das heißt die Suche und Rettung von in Seenot geratenen Schiffen und Personen, eine neue Stufe erfahren. Die moderne Navigation geht also in den Weltraum. Moderne Sensoren, geben ihre Sensorengangswerte, wie Wassertiefe, Position Kurs, Geschwindigkeit u. ä. in einen Navigationsprozessrechner ein. Lichtpunktplotter auf elektronischen Seekarten sorgen für die aktuelle Positionsanzeige. Moderne Kollisionsverhütungsanlagen stehen für das alte Radargerät. Der Navigationsprozess ist weitgehendst automatisiert. Kurs- und Bahnregelung gehören genauso dazu, wie die moderne Wetterrouting und die optimale Reiseplanung.