

Aufsatz

450 Jahre „ad usum navigantium“

Mit Mercators Weltkarte von 1569 beginnt die moderne Navigation von Werner Pöhling

Wer in diesem Jahr nach Ausstellungen über Mercators Weltkarte für die Seefahrt googelt, wird nicht sonderlich fündig werden. Weder in Paris, Basel oder Rotterdam – also den Aufbewahrungsorten der letzten drei Originaldrucke – noch etwa im Mercator-Museum in Sint-Niklaas (Ostflandern) hat man im Jubiläumsjahr 2019 die große Seekarte, die zur Grundlage unserer modernen Navigation wurde, in einer herausgehobenen Weise präsentiert. Immerhin: In Duisburg, wo die Karte im August 1569 herausgegeben wurde, hatte die Cubus-Kunsthalle im Rahmen einer Ausstellung über Leonardo da Vinci und seine technischen Konstruktionen auch das 450. Jubiläumsjahr der Mercatorprojektion thematisiert. Das Kultur- und Stadthistorische Museum, das in seiner Schatzkammer eine der bedeutendsten Mercatorsammlungen Europas präsentierte, machte in 2019 die geniale Weltkarte zum zentralen Orientierungspunkt in der Sonderausstellung „Sagenumwoven – Goldstädte, Paradiesorte und ferne Welten“. Ansonsten herrschte eher Zurückhaltung gegenüber einer kartografischen Revolution aus der Epoche der Renaissance, die uns heutzutage weltweit, aber meist unauffällig zu Diensten steht. Die Duisburger Geschichtsinitiative Mercators Nachbarn hatte zu Jahresbeginn fast hundert Historiker, Kartografen, Mathematiker, Politiker, Prominente wie auch Museen und Archive angesprochen mit der Bitte, zum runden Jubiläum in wenigen Sätzen eine Einschätzung zu der Karte zu geben – die Antworten ließen sich an den Fingern einer Hand abzählen. Eine etwas seltsame Reaktion, denn ob für globale Logistik oder die Urlaubsreise, zur Orientierung in fremder Umgebung, beim Segeltörn oder einer Autofahrt: Immer ist, in moderner Version der universellen transversalen Mercatorprojektion (UTM), die Weltkarte Mercators als Navigationshilfe, „ad usum navigantium“, dabei.



Abb. 1: Gerhard Mercator, *Portrait im Alter von 62 Jahren. Mit dem Steczirkel in der Rechten deutet er auf den Magnetpol des Globus hin. Kupferstich von Frans Hogenberg, 1574.*

Warum eine neue Seekarte?

Vor 450 Jahren, Anno Domini 1569, brachte Gerhard Mercator (1512-594) seine Weltkarte heraus, ihr kompletter Titel lautet: Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium emendate accommodata – Neue und erweiterte Beschreibung des Erdkreises, zum Gebrauch bei der Seefahrt besser angepasst. Gekürzt wird sie meist mit „(descriptio) ad usum navigantium“. Mit dem langen Titel bekundete der Kartograf sofort die Besonderheit, die sie vor allen Karten jener Zeit auszeichnete: Die neuartige Konstruktionsweise des Kartenrasters ermöglichte zum ersten Mal in der Geschichte der Seefahrt eine exakte Navigation.

Schon in der Antike war die Kugelform der Erde bekannt gewesen, sogar ihr Radius war von Eratosthenes im 3. Jahrhundert v. Chr. mit rund 6.645 km bereits eindrucksvoll genau berechnet worden. Der berühmte Gelehrte Klaudios Ptolemaios aus Alexandria hatte im 2. Jahrhundert n. Chr. mit seiner Geographike ein grundlegendes kartografisches Werk der damals bekannten Welt verfasst, auf das sich bis weit in die Neuzeit sowohl islamische wie christliche Gelehrte bezogen. Mit rund 8.000 aufgeführten Ortskoordinaten lieferte das Werk Informationen, die ein detailreiches Kartenbild der damals bekannten Welt ermöglichen. Ptolamais verwies mehrfach auf Marinos von Tyros, der einen rechteckigen Kartentyp entwickelt hatte. Allerdings kritisierte Ptolemaios diese Karte, weil sie aus seiner Sicht die Kugelgestalt der Erde nicht genügend repräsentierte. Nach dem Prinzip des Marinos hatte man die zu den Polen hin kürzer werdenden Breitenkreise zwischen den Meridianen immer auf dieselbe Horizontalausdehnung zu strecken. Als Ausgangslänge eines rechteckig gedehnten Rasters sollte die Distanz zwischen den Breiten in der Höhe von Rhodos bestimmt gewählt werden, in das die Koordinaten eingepflegt werden konnten. Die Kartenkonstruktion des Marinos sollte erst über tausend Jahre später in der Seefahrt zur Anwendung kommen. Im 16. Jahrhundert bezogen sich die Kartenmacher jedoch auf den Breitenkreis am Äquator und erhielt so ein quadratisches Raster, in dem zwar die Entferungen richtig dargestellt waren, die Winkel zur Himmelsrichtung aber verfälscht wurden.

Seit dem Mittelalter hatten die rasterlosen Portolankarten mit ihren eingezeichneten Windstrahlen recht gut funktioniert, denn bei den Routen durch das Mittelmeer oder im Schwarzen Meer handelte es sich um relativ kurze Entferungen. Erst als die großen Fernfahrten auf den Atlantik hinaus begannen, kam es zu lebensbedrohlichen Kursfehlern, trotz der neuartigen quadratischen Plattkarten. Trotz täglicher Messungen gelangte man nicht ans Ziel, sondern viele Dutzende von Seemeilen nach Nord oder Süd versetzt an fremde Küsten – wenn man das gesuchte Land nicht gar völlig verpasste.

Lange hatte sich Mercator über dieses Problem aller Seefahrer Gedanken gemacht, die trotz genauerster Messungen immer wieder ihr Fahrtziel verfehlten. Bereits 1541 hatte er auf seinem Erdglobus als erster Kartograf „gekrümmte Kursgleichen“ (Kom-

passkurs-Linien, später: „Loxodrome“ genannt) eingetragen, von denen bereits in den 1530er Jahren Pedro Nunes, der berühmteste Mathematiker und Astronom Portugals, gesprochen hatte. Durch den Vergleich von Richtungsmessungen von unterschiedlichen Orten aus war Mercator ein erster Schritt zur Lösung gelungen: Der Magnetpol konnte nicht in den himmlischen Sphären liegen, wie allgemein angenommen wurde, sondern auf der Erde! In einem Brief an Antoine de Perrenot, einem früheren Studienfreund und in jener Zeit Bischof von Arras, sinnierte Mercator

1546 über die permanenten Kursfehler der Seeleute: „So oft ich Seekarten betrachte, Hochwürdigster Bischof, musste ich mich darüber wundern, wie es doch zugehen möchte, dass die Schiffskurse, wenn die Distanz der Orte genau darauf abgesetzt wurde, das eine Mal den Breitenunterschied größer, als er in Wahrheit ist, das andere Mal dagegen kleiner, und wiederum oft auch mit dem richtigen Breitenunterschiede der fraglichen Orte zusammentrafen. Da mich dies längere Zeit beunruhigte, weil ich sah, dass die Seekarten, die mir, wie ich hoffte, die beste Hilfe zur Berichtigung geographischer Irrtümer leisten sollten, diesen Zweck verfehlten, so fing ich an, dem Grund dieser Mängel genauer nachzuforschen ...“¹

Der bekannte Hogenberg-Stich zeigt Mercator im Alter von 62 Jahren mit einem Globus im Arm, seine Linke weist mit dem Stechzirkel auf eine Stelle nahe dem geografischen Nordpol hin. „Polus magnetis“ lässt sich dort mit einer Lupe entziffern, und sicherlich hat Mercator dem Kupferstecher exakte Anweisungen gegeben, was er an diesem Ort eintragen soll. Die gedruckten Papiersegmente, mit denen die Erdgloben seit 1541 beklebt wurden, zeigten den Magnetpol übrigens noch nicht.

Mercator war also klar, dass ein Schiff bei einem festliegenden Kurs, ob nach den Sternen oder dem Kompass ausgerichtet, immer einen gekrümmten Weg über das Meer segeln würde. Auf seinem Globus wurde anschaulich, wie beim Segeln von einem Meridian zum nächsten ein konstanter Winkel nach Nord stetig den Kurs veränderte, somit bildete sich über große Entfernung hinweg eine Spirale.

Nun war ein Globus wegen seiner gerundeten Oberfläche und wegen seiner technisch bedingten Maximalgröße nicht dazu geeignet, auf einem schwankenden Schiff nau-

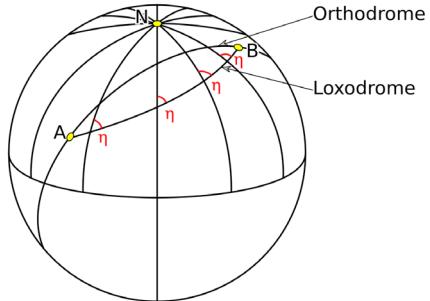


Abb. 2: Ein konstanter Kompasskurs führt ein Schiff (fast immer) auf einer gekrümmten Linie über das Meer.

¹ Krücken, Friedrich Wilhelm: 450 Jahre Ad usum navigantium: Gerhard Mercator 1569-2019 – oder: Die Kurze Geschichte einer unsterblich gewordenen Idee. (Ad maiorem Gerardi Mercatoris gloriam, Abhandlungen zu Leben und Werk Gerhard Mercators. Bd. VII), Hamburg 2017, S. 23. Im Anhang des Bandes ist der Brief Mercators erneut herausgegeben.

tische Kurse, Positionen oder Entfernungen exakt zu bestimmen. Mercators Ziel war es, eine große Karte zu entwickeln, auf der man eine gewünschte Route als gerade Linie von Start bis Ziel eintragen konnte – und diese Gerade sollte den Kompasskurs für die gesamte Fahrt bestimmen. Nur wie sollte eine derartige Karte aussehen, wie sollte sie konstruiert sein? Seit Marinos, rund anderthalb Jahrtausende früher, hatte niemand eine wirklich funktionierende Kartenkonstruktion für die Seefahrt gefunden. Fast 28 Jahre, nachdem er die Loxodrome auf seinem Globus dargestellt hatte, gelangte Mercator von der Erkenntnis des Problems zu einer funktionierenden Umsetzung. Im August 1569 stellte er in seinem Haus auf der Oberstraße die ersten Exemplare der Weltkarte her und bot sie zum Verkauf an. Sie wurde zu einem Riesenerfolg, allein das berühmte Verlagshaus Plantin in Antwerpen verkaufte in den nächsten Jahren über 300 Exemplare.

Die Konstruktion der Weltkarte ad usum navigantium

Die 18 Kupferstichblätter, aus denen die Karte in drei Reihen zusammengeklebt wird, ergeben mit einem zusätzlichen Rand (auf 6 weiteren Blättern) eine Gesamtbreite von 2,12 m bei einer Höhe von 1,34 m. Die Karte zeigt die Kugeloberfläche der Erde in einer Weise verzerrt, in der „gekrümmte Kursgleichen“ als Geraden dargestellt werden, die strahlenförmig von Windrosen ausgehen. Dazu sind im ersten Schritt die Längengrade, wie schon bei der Karte des Marinos, horizontal gestreckt, bis sie parallel zueinander und im rechten Winkel zum Äquator stehen. (Die Darstellung der Polgebiete ist dadurch bereits mathematisch unmöglich.) Nun setzt Mercator mit einem neuen Schritt ein, indem er die Distanzen zwischen den Breitengeraden zunehmend vergrößert. In der Begrüßungs-Legende der Karte schreibt er:

„Wir haben die Breitengrade nach den Polen zu allmählich in demselben Verhältnis vergrößert, wie die Parallelkreise in ihrem Verhältnis zum Äquator zunehmen.“

Gut zu erkennen ist diese Streckung auf einer Kartenreproduktion in Originalgröße: In Äquatorhöhe entsprechen zehn Breitengrade etwa einer Breite von drei Fingern, am oberen Kartenrand, braucht man fast eine Handspanne, um die Breite zwischen 70° und 80° abzudecken. Auf der idealtypischen Erdoberfläche, also auch auf Globen, haben Breitengrade denselben Abstand voneinander, die Spanne von einem Breitengrad zum nächsten misst 111 km oder 60 Seemeilen. (Die Seemeile definiert sich als 1 Bogenminute des Erdkreises = 1852 m.)

Durch die konstruktive Verzerrung in Breite und Höhe stellen sich allerdings die Länder umso größer dar, je weiter sie vom Äquator entfernt liegen. Grönland erscheint so groß wie Zentraleuropa und größer als Indien – dass dieses nicht der geografischen Realität entspricht, dürfte klar sein. Auch die quadratischen Plattkarten hatten die Größe der Länder in Ostwest-Richtung verzerrt, jedoch blieb das Problem bei der Darstellung kleinerer Regionen noch halbwegs erträglich.

Die Mercatorprojektion schafft es dagegen, die konstruktionsbedingte Verzerrung im praktischen Gebrauch deutlich abzumildern, denn die zusätzliche Nordsüdstreckung gibt Orten und Küsten „im Kleinen“, also für begrenzte Kartenausschnitte, die richtige Gestalt wieder. Seither konnten sich die Seefahrer beim Segeln entlang einer Küste oder bei der Umrundung einer Insel auf die dargestellten Flussmündungen, Buchten oder Orte verlassen, nach jeweils bestem Wissensstand der Kartografen.

Die „Projektion der wachsenden Breiten“, die später Mercator-Projektion genannt wird, bot den Seefahrern zum ersten Mal in der Geschichte die Möglichkeit, die gewünschte Route exakt zu bestimmen. Dazu brauchen sie lediglich Start- und Zielort mit einem geraden Strich auf der Karte zu verbinden, dann ergibt der Winkel zu den Längengeraden den richtigen Kurs. Auch Distanzen und Positionen lassen sich exakt berechnen, dabei helfen das Organum Direktorium (Tafel zur Kursbestimmung) unten rechts und zwei erläuternde Texte in der Karte.

Bis 80 Grad nördlicher Breite reicht Mercators Seekarte, darüber hinaus wäre eine Darstellung auch nicht mehr sinnvoll handhabbar. Um die Nordpolregion dennoch darzustellen, bildete der Kartograf die Nordpolregion als kleine Sonderkarte unten links ab, ihr Zentrum ist die Erdachse. Die dargestellten Nordinseln sind mangels besserer Informationen weitgehend fiktiv und scheinen in der Darstellung auf altnordische Erzählungen zurückzugehen.² Die Karte deckt die Fläche vom geografischen Pol bis herunter zu 70 Grad nördlicher Breite ab und bietet somit eine großzügige Überdeckung zur Hauptkarte. Die von Mercator als eisfreie Wasserwege gezeichneten Nordpassagen nach Asien weckten über Jahrhunderte – ja bereits zu seiner Lebenszeit – das Interesse der nordwesteuropäischen Länder, die Alternativen zu den Handelsrouten der Spanier und Portugiesen nach Fernost suchten. Über Jahrhunderte hin scheiterten die Expeditionen, die die Nordwest- oder die Nordost-Passage zu erkunden versuchten, allerdings kläglich im Packeis der arktischen Winter. Die erste Durchfahrt der Nordostpassage gelang Adolf Erik Nordenskiöld 1879, und erst 1903–1906 gelang dem Polarforscher Roald Amundsen die komplette seemännische Durchfahrt der Nordwestroute. Mit einer gewissen Ironie lässt sich darauf hinweisen, dass die derzeitige Klimaerwärmung diese Durchfahrten bereits als Touristenangebote ermöglicht.

Nach Süden reicht die Karte nur bis 70 Grad, denn etwa in dieser geografischen Breite endete auch Mercators Wissen. Es gab allerdings seit der Antike die Vorstellung von

² Ein isländischer Historiker erzählte mir beim Besuch der „Mercator-Schatzkammer“ des Duisburger Stadtmuseums, dass in seiner Familie die Geschichte weitergegeben wird, wie die Welt entstanden sei: Als Odin den Eisriesen Ygrím besiegt hatte, erschuf er aus dessen Fleisch das fruchtbare Land, aus den Knochen die Berge und aus dem Blut das Wasser der Erde. Das Land der Götter am Nordpol wurde von der Welt der Menschen durch ein unüberwindbares Ringgebirge abgetrennt, das aus den Augenbrauen des Eisriesen gebildet wurde. Vom Land der Götter aus strömten vier Flüsse zur Welt der Menschen und machten das Land fruchtbar. Alle Elemente der Erzählung sind auf Mercators Nordpolkarte zu finden.

einem noch unbekannten, mächtigen Südkontinent, der für einen adäquaten Ausgleich gegenüber den großen Landmassen der Nordhalbkugel zu dienen hätte, damit die Erdkugel im Gleichgewicht bliebe. Dieser These, vertreten auch von Ptolemaios, folgte Mercator, indem er überall jenseits des Meeres Richtung Südpol, wo noch kein Europäer gewesen war, ein großes leeres Land einzeichnete mit dem (sogar zweimaligen) Eintrag: PARS CONTINENTIS AUSTRALIS – Teil des südlichen Kontinents. An einer Stelle glaubte der Kartograf sogar, einen Zipfel des Kontinents zu erhaschen: denn südlich der Magellanstraße bindet er terra del fuego, das Feuerland, an diesen Südkontinent an. Mit der Entdeckung und Umrundung von Kap Horn im Jahre 1616 begann der „erdachte“ Südkontinent zu schrumpfen, aber erst James Cook widerlegte mit seinen Fahrten in der Südsee ab 1770 und mit der kompletten Umrundung der Antarktis die Vorstellung von einem großen Südkontinent.

Mercators Wissen und seine Technik

Wie kam Gerhard Mercator eigentlich zu den „richtigen“ wachsenden Schritten in seinem Kartenraster, vom Äquator hin zu den Polen? Für heutige Mathematiker, Ingenieure oder Kartografen ist das alles kein Problem, ihnen stehen die Kenntnisse der ebenen und sphärischen Trigonometrie, das Rechnen mit Logarithmen und die Vielfalt der Höheren Mathematik zur Verfügung, die anstehenden Feinarbeiten lassen sich von gut programmierten Rechnern erledigen. Mercator schöpfte sein Wissen aus einem gut verknüpften Netzwerk Gleichgesinnter, aber in erster Linie aus Büchern, seine Duisburger Bibliothek umfasste rund 2000 Bände. Sie wurden bei der Auflösung der Werkstatt titelmäßig komplett erfasst, bevor die Erben den Bestand verkauften. Aus dieser Zusammenstellung sowie aus eigenen Aussagen lässt sich das umfassende Interessenspektrum, aber auch der begrenzte mathematische Kenntnisstand des Kartografen erschließen: Er war nicht über das 6. Buch der Elemente des Euklid hinausgekommen, also die Strahlensätze und die Verhältnisse ähnlicher Dreiecke zueinander. Mehr Mathematik stand ihm nicht zur Verfügung. Er konnte zwar exzellent mit Lineal und Zirkel umgehen, er war geübt im Umrechnen kartografischer Angaben für die unterschiedlichsten Formate – das hatte er sich schon bei Gemma Frisius für den Bau von Erdgloben aneignen müssen. Erst im Jahr 1599 bot der englische Mathematiker Edward Wright in seinem Buch über die gängigen Fehler bei der Navigation eine mathematische Formel für die Mercatorprojektion an. Über 400 Jahre lang rätselten Historiker und Mathematiker daran herum, wie Gerhard Mercator seine Karte konstruiert hatte, ohne das scheinbar notwendige Wissen.

Erst der ehemalige Lehrer und Direktor des Duisburger Mercator-Gymnasiums, Friedrich Wilhelm Krücken, konnte 1994 mit einem wohl überlegten Ansatz das so genannte Rätsel um die Mercatorprojektion lösen. Er löste sich von den heutigen mathematischen Betrachtungsweisen und versuchte mit dem rekonstruierten Kenntnis-

stand Mercators sowie der peniblen Untersuchung der Kartenoriginale, soweit verfügbar, den einfachsten und damit überzeugenden Lösungsweg zu finden. Im Gedenkjahr 1994, dem 400. Todesjahr Mercators, legte Krücken die Lösung vor: Mercator hatte über ihm geläufige Dreieckskonstruktionen und eine mutig in Kauf genommene geometrische Unschärfe zu jedem Breitengrad die passende Streckung mithilfe des 2. Strahlensatzes erhalten können. Je engmaschiger die Schritte entlang der Breitengrade gewählt wurden, desto besser näherte sich das Ergebnis sowohl der Konstruktion der Karte wie auch der navigatorischen Realität an. Anschließende Kontrollberechnungen machten deutlich, dass bei Krückens „Mercator“-Verfahren die Unstimmigkeiten deutlich geringer waren als bei allen sonstigen Lösungsvorschlägen. Die Annäherung durch immer kleiner werdende Rechenschritte erklären wohl auch den Ausspruch Mercators gegenüber seinem Freund und Biografen Walther Ghym, seine Vorgehensweise entspreche „so sehr der Quadratur des Kreises, dass nichts außer einem Beweis dafür zu fehlen scheine“. (Den Beweis für Mercators Vermutung lieferte Krücken 1996.)

Für seine Verdienste in der Mercatorforschung promovierte die Philosophische Fakultät der Universität Duisburg-Essen Friedrich Wilhelm Krücken 2012 zum Dr. phil. h. c. Seit seiner Pensionierung 1993 hat er nach und nach seine Forschungsergebnisse in den acht Bänden „Ad Maiorem Gerardi Mercatoris Gloriam“³ veröffentlicht.

Die missverstandene Karte im täglichen Gebrauch

Die spürbare Zurückhaltung gegenüber der historischen Weltkarte mag bei dem Einen oder der Anderen dadurch mitbedingt sein, dass man sich selbst aus trüben Schul Erinnerungen heraus nicht für den mathematischen Überflieger hält. Während einige Historiker eher auf Distanz zur exakt beschreibenden mathematischen Formelwelt bleiben, bieten Mathematiker zur Erklärung der Mercatorprojektion gerne farbige Grafiken, etwa mit wachsenden Kreisen und gequetschten Ellipsen, an, um die in ihren Augen simple Projektion einer dreidimensionalen Kugelschale auf ein zweidimensionales Blatt Papier dem leider unverständigen Laien optisch nahezubringen. Hinzu kommt, dass über Generationen hinweg bei den Versuchen zu vereinfachen, Sachfehler billigend in Kauf genommen wurden. So wurde vom Schulatlas bis zur Kinderfibel die Mercatorprojektion gerne als einfache Zylinderprojektion (... „mit einer Kerze im Zentrum“) dargestellt, was sie definitiv nicht ist. Dieser Fehler schlich sich leider noch in 2019 in eine der populären „Terra X“-Sendungen ein. Bereits in den 1970er Jahren wurde die Mercatorprojektion überdies als politisch nicht neutral kritisiert, weil sie Europa und Nordamerika zu groß in Relation zu Afrika und Asien darstelle

³ Krücken, Friedrich Wilhelm: Ad maiorem Gerardi Mercatoris gloriam. Abhandlungen zu Leben und Werk Gerhard Mercators. Band I (2009) – Band VIII (2018). Siehe auch: <http://www.wilhelmkruecken.de>.

– allerdings war die Flächentreue nie das Anliegen von „ad usum navigantium“, sondern dass man sein Ziel – kompassorientiert – sicher ansteuern kann. (Alternativ dazu diskutierte die UNO den Entwurf von Arno Peters, eine flächentreue Darstellung. Diese Projektion hatte allerdings nicht nur den Nachteil, dass die Gestalt der Länder teils bis ins Groteske verzerrt wurden, mit ihr hätte man auch niemals an seinen Urlaubsort gefunden.)

Google Earth, viele Wetterkarten und Nachrichtensender nutzen Karten in Mercatorprojektion ebenso wie die weltweite Navigation. Dabei ist der tägliche Gebrauch der Karten einfach und beherrschbar, allein die mathematische Beweisführung des Lösungsweges sieht kompliziert aus. Heute ist die Mercator-Projektion in ihrer modernen Version UTM (Universale Transversale Mercator-Projektion) die Grundlage aller Navigation auf dem Wasser, zu Lande und in der Luft. Für den Nutzer übernimmt das „Navi“ ja eh alle notwendigen Berechnungen, das gilt heute für GPS wie für das kommende europäische Nachfolge-System Galileo. In diesem modernen Sinne wird uns Mercator und seine „Projektion der wachsenden Breiten“ noch lange erhalten bleiben. Und die Duisburger Geschichtsgruppe „Mercators Nachbarn“ wird weiterhin versuchen, Jung und Alt für Mercator und sein Werk zu interessieren.

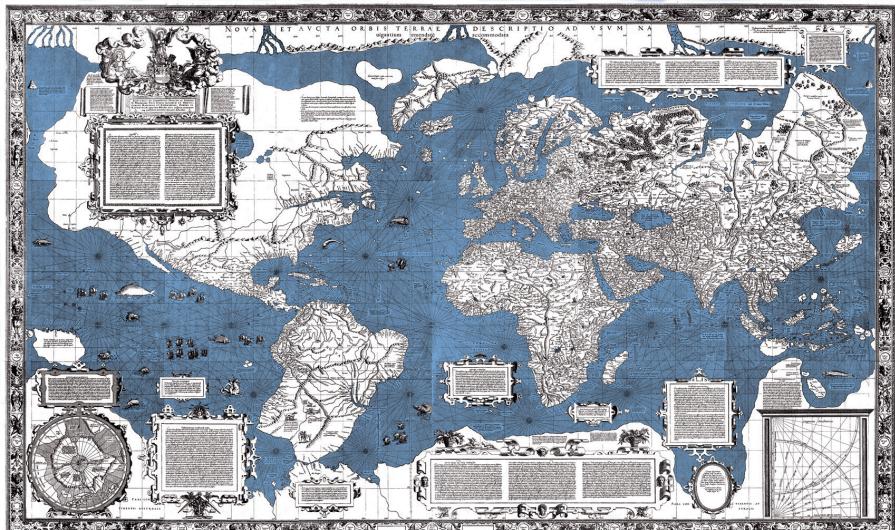


Abb. 3: Mercators Weltkarte *ad usum navigantium*, 1569. Die Meeresflächen sind zur besseren Orientierung eingefärbt.