



Universiteit
Leiden
The Netherlands

De tanende traditie: De neergang van magnetische declinatie in Nederlandse pelagische navigatie

Jonkers, A.R.T.

Citation

Jonkers, A. R. T. (1996). De tanende traditie: De neergang van magnetische declinatie in Nederlandse pelagische navigatie. *Tijdschrift Voor Zeegeschiedenis*, 15(2), 121-145. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4305856>

Version: Publisher's Version
License: [Leiden University Non-exclusive license](#)
Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4305856>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Van de redactie

Het Second International Congress of Maritime History is inmiddels succesvol afgerond. De Vereniging voor Zeegeschiedenis kan daarmee terugblikken op een geslaagde 35ste verjaardag. Een deel van de lezingen die tijdens het congres zijn gehouden zal worden gepubliceerd. Op termijn zal een speciale congresbundel worden uitgegeven waarin bijdragen te vinden zullen zijn uit alledrie de secties die tijdens het congres zijn gehouden: *Nautical Science and Cartography*; *Shipbuilding, Design and Construction* en *Management of Shipping Companies, Navies and Ports*. Een selectie uit de andere lezingen zal worden opgenomen in het *International Journal of Maritime History*. De eerste publicatie echter treft u aan in dit nummer van het Tijdschrift voor zeegeschiedenis, zijnde de lezing van A.R.T. Jonkers over de neergang van magnetische declinatie in Nederlandse pelagische navigatie. Deze lezing werd gehouden in de sessie over *Nautical Science and Cartography*.

Tijdens de Algemene Ledenvergadering op 8 juni reikte voorzitter G.M.W. Acda de J.C.M. Warnsinckprijs 1996 uit aan prof.dr. J.R. Bruijn. De motivering van het bestuur vindt u terug in dit tijdschrift.

Het tweede artikel in dit nummer staat los van het congres, maar is daardoor niet minder interessant. J. de Jong gaat zeer gedetailleerd in op de praktijk rond de invoering van de verpachting van het kwart van de Convoeien en Licenten tussen 1625 en 1639. Dat u daarnaast de uitgebreide bibliografie, de boekrecensies en boekbesprekingen en de agenda aantreft, spreekt voor zich!

Irene Jacobs

BIJDAGEN

De tanende tradities: de neergang van magnetische declinatie in Nederlandse pelagische navigatie.
(A.R.T. Jonkers)..... 121

De verpachting van het kwart van de Convoeien en Licenten, 1625-1639.
(J. de Jong) 147

MEDEDELINGEN

J.C.M. Warnsinckprijs van de Nederlandse Vereniging voor Zeegeschiedenis 1996..... 163

Over de auteurs 165

LITERATUUR

Boekbesprekingen..... 167

Boekaankondigingen..... 179

Nieuwe boeken en artikelen
(P. Boon) 185

AGENDA 222

De tanende traditie: de neergang van magnetische declinatie in Nederlandse pelagische navigatie.

Art Jonkers

Inleiding

Dit artikel beslaat technologische vooruitgang in de Nederlandse scheepvaart sinds de vroeg moderne tijd, gerelateerd aan kompasgebruik op zee, in het bijzonder op de oceaanaanvaart, uit het zicht van land en voorbij het continentaal plat. In deze regionen waren stuurliu het meest afhankelijk van dit instrument voor zowel koers- als positiebepaling van het schip, en diensgevolge werden zij zich hier bewust van de vele problemen die ermee gepaard gingen. De meeste van deze aspecten hadden te maken met het immer veranderende aardmagnetisch veld, waarvan de structuur tot op de dag van vandaag steeds complexer blijkt te zijn en nog steeds een volledige verklarende geofysische theorie ontbeert. Zowel praktische zeelui als hydrografen aan de wal hebben hiermee in het verleden nog meer geworsteld dan wetenschappers in het heden die het voordeel hebben van betere instrumenten, planetaire dekking van meetgegevens en verfijnde computermodellen. Desondanks is het verbazingwekkend te ontdekken hoe goed navigators in vroeger tijden zich hebben kunnen aanpassen aan de steeds veranderende magnetische opmaak van Moeder Aarde. De negentiende-eeuwse toepassing van grote hoeveelheden ijzer in de scheepsbouw verergerde de situatie door de introductie van de nieuwe factor van structurele deviatie.

Hieronder volgen enige aantekeningen bij de achttiende-eeuwse navigatiepraktijk, gevolgd door negentiende-eeuwse en vroeg twintigste-eeuwse ontwikkelingen. Aangezien dit chronologische overzicht honderden jaren

bestrijkt kunnen alleen de ruwe contouren van zeer algemene trends worden geschetst. Ten einde de oorzaken en implicaties van geomagnetisme enigszins te verhelderen, gaat hieraan een korte geofysische inleiding vooraf.

Moeder Aarde

De aarde bestaat uit een dunne, lichte korst, een zwaardere mantel en een ijzeren kern. Vanwege de intense hitte in het binnenste is de buitenkern in vloeibare staat, terwijl de gigantische druk de binnenkern in een vaste kristalvorm houdt.¹ Voortgestuwd door de hitte en de rotatie van onze planeet kolkt het gesmolten ijzer van de buitenkern rond de vaste binnenkern, waardoor het als een dynamo het aardmagnetisch veld genereert. De eenvoudigste vorm van zo'n veld heeft twee polen waar het magnetisme het sterkst is en wordt daarom een dipool veld genoemd.² Analyses van het magnetisch veld op de grens van kern en mantel laten een complexer beeld zien, bestaande uit allerlei verstoringen in diverse maten en vormen, die groeien, westwaarts bewegen en slinken in de loop van tientallen tot tienduizenden jaren. Deze non-dipool elementen van het veld staan gezamenlijk bekend onder de noemer *seculaire variatie*.³ Deze variatie wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de vloeistofstromen in de buitenkern, die beïnvloed worden door fysieke onregelmatigheden op de grens van kern en mantel, alsmede verschillen in warmteconvectie door de mantel.⁴ Deze complexe processen genereren tamelijk onregelmatige, traag bewegende patronen van

magnetische veldlijnen aan het aardoppervlak.

Een kompas zal zich richten naar de lokale magnetische krachtlijnen; de naald zal dus slechts zelden en dan nog toevallig het geografische noorden aanwijzen. Dit hoekverschil heet *magnetische declinatie*. Lijnen van gelijke declinatie worden isogonen genoemd; een lijn zonder declinatie, waarop een kompas het ware noorden zou wijzen, is een agoon.

Observatie van magnetische declinatie

Alhoewel kennis over de geleidelijke veldverandering over tijd niet algemeen verspreid was tot 1635,⁵ was kompasvariatie – zoals zeelui magnetische declinatie noemden – al vanaf de eerste helft van de vijftiende eeuw bekend. Bewijzen hiervan zijn aan te treffen op kleine, draagbare zonnewijzers uit Neurenberg en Augsburg. Voor een juiste opstelling ten opzichte van de zonnebaan langs de hemel waren deze instrumenten voorzien van ingebouwde kompasjes; met de term 'compassus' werd oorspronkelijk bedoeld op de gehele zonnewijzer. De vergelijking van de zonne-meridiaan met het kompas bracht al gauw de naaldafwijking van het ware noorden aan het licht. Vanaf circa 1450 werd dit door de makers gecorrigeerd door het aanbrengen van een merkstreep naast het kompasje, om de toenmalige noordoostering⁶ aan te geven.⁷ Hoewel in eerste instantie nog afgedaan als een gevolg van materiaal- of constructiefouten, werd magnetische declinatie als fenomeen dus niet later dan halverwege de vijftiende eeuw erkend.

Het vaststellen van het verschil tussen de gemagnetiseerde naald en de lokale meridiaan was een relatief eenvoudige procedure, zelfs op zee. Richting en grootte van de afwijking konden gemakkelijk worden vastgesteld door vergelijking van de naaldwijzing met de kompasrichtingen van elke ster op gelijke tijdstippen voor en na het bereiken van diens hoogste punt, bijvoorbeeld door observatie van de zon op de horizon bij opkomst en

ondergang. De ware meridiaan snijdt de hoek tussen deze twee peilingen middendoor; vergelijking met een magnetisch kompas geeft dan het verschil met het lokale magnetische noorden.

Observatie van magnetische declinatie aan boord van schepen was noodzakelijk voor het sturen van een juiste koers en de daarmee samenhangende gegist bestek berekeningen. Bovendien waren bij het verkennen van nieuwe kustlijnen correcte kompasrichtingen van gepeilde landkenmerken vereist voor een getrouwe kartering. Vanaf de tijden van de Portugese ontdekkingsreizen tot de komst van chronometer en gyrokompas werd de lokale kompasvariatie dan ook zorgvuldig gepeild, gecorrigeerd en aangetekend in navigatie-journalen op de oceaanvaart door alle Europese maritieme grootmachten. Op deze wijze werd de facto een beschrijvende studie gemaakt van de plaatselijke magnetische declinatie, die door ervaring, zeilaanwijzingen, isogonenkaarten en logboeken deel ging uitmaken van de kennis betreffende de lokale kenmerken. Daarmee werd de plaatselijke miswijzing een hulpmiddel voor positiebepaling. Het was bekend dat de kompasnaald in jaar X nabij kaap A of westelijk van eiland B een bepaald aantal graden westelijk of oostelijk van het ware noorden afweek. Bij ontbering van een betrouwbare lengtegraad werd op deze wijze een virtuele magnetische coördinaat toegepast om een geografische positie aan te duiden.⁸ Behalve vele beschrijvingen in zeilaanwijzingen, waarin prominente landkenmerken, havens, kusten en eilanden waren gekoppeld aan een bepaalde declinatie waarde op een bepaalde tijd, is het algemene mentale beeld dat de zeeman van het aardmagnetisch veld had, ook zichtbaar in de aantekeningen in zijn journaal, bijvoorbeeld wanneer een specifieke lokatie was verbonden aan een te verwachten grootte van de kompasvariatie,⁹ of wanneer het gegist bestek een aantal lengtegraden werd opgeschoven als direct gevolg van declinatie observaties.¹⁰ Voorbeelden

van zulke aannames van plaatsgebonden declinatie zijn in bronnen uit de gehele zeventiende en achttiende eeuw te vinden.

Op bepaalde routes, zoals in de Noord-Atlantische Oceaan en de Stille Oceaan, veranderde het magnetisch veld slechts langzaam en redelijk regelmatig ten opzichte van de lengtegraden, zodat een accurate inschatting van de declinatie over grote stukken oceaan zelfs zonder dagelijkse peilingen mogelijk was. Op de vaart naar Oost-Indië en sommige andere bestemmingen (met name in de Zuid-Atlantische Oceaan en de Indische Oceaan) neigde de lokale miswijzing – in tegenstelling tot lengtegraden – echter tot niet-lineaire verandering, afhankelijk van de dichtheid en richting van de plaatselijke isogonen. Deze eigenaardigheid werd de zeelieden pas in de loop der tijden duidelijk, toen het scheepvaartverkeer intensiverde en meer gegevens over lokale kompasvariatie waren verzameld.

De zeelinstructies van de VOC

De belangrijkste Nederlandse agens in de accumulatie, revisie en verspreiding onder zeelui van deze informatie in de Republiek gedurende de zeventiende en achttiende eeuw, was de Verenigde Oostindische Compagnie (VOC). Haar formele zeelinstructies vormden de opvolgers van handgeschreven aantekeningen, soms als addendum bij een scheepsjournaal, dat van de ene stuurman werd overgegeven aan de andere.¹¹ Doch reeds in de eerste helft van de zeventiende eeuw raakte de VOC meer en meer betrokken bij het vastleggen van gestandaardiseerde aanwijzingen voor de zeilweg naar de Oost, teneinde vertragingen te beperken met behulp van voorgeschreven aanlegplaatsen en om profijt te trekken van de snelste routes (gedicteerd door de seizoensgebonden moessons).

De eerste route-beschrijving werd officieel bekrachtigd in 1617; gedrukte edities voor alle jaargetijden verschenen vanaf 1654 met wisselende tussenpozen.¹² De opbouw bleef ongewijzigd in de tweede helft van de zeven-

tiende en de gehele achttiende eeuw; structuur en frasen kwamen steeds meer vast te liggen. Een belangrijk onderdeel van deze zeilaanwijzingen, en één van de weinige aspecten die voortdurend werden aangepast als nieuwe gegevens uit verzamelde scheepsjournalen beschikbaar kwamen, was plaatselijke magnetische declinatie. Zij die aan boord de navigatie logboeken bijhielden werd uitdrukkelijk voorgeschreven om de voorspelde, gedrukte waarden te vergelijken met (lieft veelvuldige) peilingen, en om alle belangrijke veranderingen door te geven aan de hydrografen in de thuishaven,¹³ die op hun beurt weer verplicht waren hun publicaties aan de nieuwste bevindingen aan te passen.¹⁴ Wanneer de declinatie op enkele lokaties over de tijd wordt vergeleken (zowel in de zeilaanwijzingen als in moderne veldmodellering) dan blijkt de gemiddelde nauwkeurigheid over het algemeen binnen twee graden te blijven tot in de laatste jaren van de achttiende eeuw, toen de VOC in meer dan één opzicht op haar laatste benen liep.¹⁵ Zeilaanwijzingen kunnen informatie leveren aangaande de beeldvorming betreffende plaatselijke declinatie en haar verandering over tijd zoals gezien door 'landrotten'. Maar hoe zat het met de stuurlieden zelf, die de variabele naaldwijzing direct op zee onder-vonden? Wederom kan de maritiem historicus bij de beantwoording van deze vraag putten uit de scheepsjournalen, waarin niet alleen declinatie peilingen zijn opgetekend, maar ook de lokale correctie in koers en gegist bestek berekeningen. In afwijking van de meeste van hun buitenlandse concurrenten gebruikten de Nederlanders diverse fysieke correcties om de variatie te vergoeden, vanaf de vroege laat-vijftiende-eeuwse oceaanreizen tot ver in de tweede helft van de negentiende eeuw.

Het Hollants kompas

Vanaf het eind van de zestiende eeuw had praktisch elk zeegaand schip in de Republiek tenminste één kompas aan boord. In de een-

voudigste vorm bestond dit uit een houten doos met een pen op de bodem, waarop de kompasroos balanceerde. Deze platte, papieren schijf was eerst in streken verdeeld, later in graden. De zestiende-eeuwse handgetekende kompasrozen werden al gauw vervangen door kopergravures met behulp van gestandaardiseerde produktie, op het moment dat de vraag toenam.¹⁶ Men zou verwachten dat de aan de onderzijde van de roos bevestigde, gemagnetiseerde ijzeren naald parallel aan de meridiaan georiënteerd zou worden (ofwel exact noord-zuid). Alhoewel zulke 'Italiaanse' of 'Levantijnse' kompassen bekend en beschikbaar waren en soms gebruikt werden in de Republiek, prefereerden de Nederlandse zeevarenden op de Europese kusthandel het gebruik van het *gemeen of Hollands kompas*.

Bij dit instrument was de naald vastgezet onder een hoek van ongeveer 6° westelijk van het ware noorden.¹⁷ Dit werd gedaan om te compenseren voor de toenmalige noordoostering, die – wanneer gemiddeld over het gehele handelsgebied van het Balticum tot de Middellandse Zee – deze waarde rond 1600 benaderde. Aangezien het geomagnetisch veld toentertijd nog onbeweeglijk werd geacht, leek een vaste compensatie voor de lokale afwijking een adequate oplossing. Jammer genoeg werd deze correctie steeds minder nauwkeurig als gevolg van de steeds afnemende noordoostering; toen de declinatie in latere jaren van teken veranderde en steeds groeiende noordwestering begon te vertonen werd de bestaande fout zelfs vergroot. Deze verandering, in combinatie met de ontdekking van de seculaire variatie leidde tot het geleidelijk in onbruik raken van deze instrumenten voor kustnavigatie gedurende de tweede helft van de zeventiende eeuw.

De draaibare kompasroos

De navigatie praktijk op oceaanpassages naar Afrika, de Amerika's en Oost-Indië was een geheel andere zaak. Vanaf de eerste ontdek-

kingsreizen oostwaarts namen de Nederlanders zowel Italiaanse als Hollandse kompassen mee.¹⁸ Beide bleken tekort te schieten op de lange reizen, waarbij zowel gebieden met forse noordoostering als noordwestering moesten worden doorkruist. In plaats van het berekenen van de ware koers door middel van het corrigeren van de richtingen op een ongecorrigeerd kompas met de plaatselijk waargenomen declinatie, zocht de Nederlandse zeeman zijn toevlucht tot een oplossing door constructie, door middel van een speciaal kompas waarvan de roos draaibaar was ten opzichte van de naald. Door de schijf het aantal graden van de plaatselijke afwijking te draaien in de tegenovergestelde richting kon de gepeilde of verwachte miswijzing effectief teniet worden gedaan, zodat de roos onafhankelijk van de naald altijd het geografische noorden zou wijzen. Deze praktijk bleef in gebruik van de late zestiende eeuw tot voorbij het midden van de negentiende eeuw. Hiervan kunnen vele scheepsjournalen getuigen, alsmede enige verordeningen en enkele uit de tijd bewaarde kompassen.¹⁹

Varend in konvooi overlegden de navigators van de verschillende schepen soms onderling over de grootte van de toe te passen kompasverlegging op een bepaalde lokatie.²⁰ Deze correctie diende op alle schepen op hetzelfde moment te worden uitgevoerd, om te vermijden dat schepen het contact met de groep zouden verliezen doordat ze feitelijk een andere koers voeren. Normaliter gaf het schip van de bevelvoerder een signaal wanneer de roos diende te worden verdraaid.²¹ In dezelfde geest stipuleerden zeilaanwijzingen bepaalde plaatsen waar een gegeven declinatie behoorde te worden gecompenseerd.²²

Ofschoon de meeste kompasverleggingen kunnen worden aangetroffen in bronnen van de VOC, is een aanzienlijk aantal (vooral uit de achttiende eeuw) eveneens te vinden in bronnen van de Admiraliteiten en de slavenhandel (met name bij de Middelburgsche Commercie Compagnie, of MCC). Hieruit

zijn conclusies te trekken over de nauwkeurigheid van de veldcorrectie door analyse van aantal en stapgrootte in graden van de verleggingen. Over de periode 1598-1800 heeft een totaal van 733 Nederlandse scheepsjournalen 3898 aantekeningen betreffende verleggingen geleverd, opgetekend in alle oceanen.

Wanneer de verleggingsstap in graden als tien-jarlijks gemiddelde wordt gecorrigeerd in de tijd resulteert een zeer significante coëfficiënt van -0.777, die een duidelijke afname impliceert van het aantal graden per correctie.²³ Deze ontwikkeling is ook zichtbaar in de logboeken. In het begin werd de roosverlegging uitgedrukt in hele, halve of kwart streken²⁴ (aangezien de rozen van stuurkompassen waarschijnlijk evenmin in graden waren verdeeld), terwijl de stapgrootte later verminderde tot 5 en 2½ graad en soms zelfs nog minder. Uit het einde van de achttiende eeuw zijn gevallen bekend van twee verleggingen op één dag, éénmaal zelfs ter grootte van slechts een halve graad.²⁵ Over het gehele tijdvak bezien schijnen stuurlui bij de Admiraliteiten en andere organisaties de VOC (traag) te hebben gevolgd in het streven naar verbeterde nauwkeurigheid door frequentere en kleinere correcties. In het laatste kwart van de achttiende eeuw kwamen de Admiraliteiten in dezen eindelijk langszij met de Oostindische Compagnie.²⁶

Terzelfdertijd werd de praktijk van fysieke correctie door onze buurlanden als eigenaardig ouderwets gezien. Na een reis met een Nederlands schip van Timor naar Engeland schreef de Britse Marine-luitenant Bligh in 1789: "They steer by line compass, or rather endeavour so to do, by means of a small, movable, central card, which they set to the meridian and whenever they discover the variation has altered 2½° since the last adjustment, they again correct the central card. This is steering within a quarter of a point, without aiming at greater exactness".²⁷ Desalniettemin bleven schuivende rozen in gebruik op Nederlandse schepen tot ver in de

tweede helft van de negentiende eeuw.

De laatste expliciete referentie gevonden tijdens het huidige onderzoek is te vinden in een publicatie uit 1875 van L. Jansze Bzn (1818-1898), leraar natuurkunde en wiskunde aan de Amsterdamse Kweekschool voor de Zeevaart. Het stuk betreft de uitvinding (op papier) van een verondersteld afwijkingsvrij gyrokompas, waarvan de uitlezingen konden worden gebruikt om de miswijzing van het stuurkompas vast te stellen of waarmee 'de roos rechtwijzend gedraaid wordt'.²⁸

Het peilkompas

Wanneer kompassen ter sprake komen dient een duidelijk onderscheid gemaakt te worden tussen gecorrigeerde kompassen, gebruikt aan het roer en bij het karteren van kusten, en het "ware" kompas met een vaste, N-Z gestelde naald, geschikt voor declinatie peilingen. Dit laatste, zogenaamde *peylkompas* raakte wijd verbreid in de eerste decennia van de zeventiende eeuw. Oorspronkelijk was het tamelijk grof in ontwerp, bestaande uit een vierkante houten doos met twee vaste vizier-tjes aan tegenoverliggende zijden, waardoor hemellichamen "geschoten" konden worden wanneer ze op of nabij de horizon stonden. In zijn vroegste vorm was de roos verdeeld in (deel)streken, spoedig verbeterd door graadverdeling op de rand. In de VOC-lijst van standaard mee te geven navigatiemiddelen van 1655, wordt het instrument zowel in de inventaris van de kapitein als in die van de eerste stuurman genoemd.²⁹

Doordat de vizier-tjes maar klein waren, bleken observaties meer dan een paar graden boven de horizon moeilijk uitvoerbaar en vaak te onnauwkeurig om van praktisch nut te zijn.³⁰ Populairder waren de dubbele en (vooral) de enkele kimpeiling. Zodra de baan van de zon met redelijke nauwkeurigheid kon worden voorspeld voor elke breedtegraad en elke dag, volstond een enkele peiling van de zon aan de horizon om het verschil vast te stellen tussen de correcte voorspelling en de



Peilkompas in houten kist, met opschrift "Jacobus van Wijk. Amsteld". Collectie en foto Maritiem Museum 'Prins Hendrik', Rotterdam, inv.nr. M 1592.

feitelijk waargenomen (lokale) variatie. Deze verwachte zonpositie was in theorie te berekenen met behulp van sinus- en secantstafels, maar de praktisch ingestelde zeeman vond meer baat bij het gebruik van standaardtabellen van de zonsdeclinatie, die speciaal waren samengesteld met het oogmerk de magnetische variatie te bepalen. Een vroeg voorbeeld hiervan is een gedrukte versie uit 1638 van de hand van Willem Jansz. Blaeu.³¹ In de loop van de zeventiende eeuw werden "morgen peiling" en "avond peiling" van de magnetische declinatie veelvuldig voorkomende termen in de scheepsjournalen van de VOC. Zonsondergang schijnt over de hele linie

hoger te scoren dan de morgenstond. Uit een totaal van 18.269 declinatie peilingen, aan boord van Nederlandse schepen van alle soorten maritieme organisaties bezien over de periode 1598-1800, was 49% post meridiem genomen tegen 28,8% ante meridiem (plus 0,6% dubbele kimpeiling en 21,6% onbekend/overig). De peilingen van de VOC (n=12022) en de Admiraliteiten (n=4872) vertonen soortgelijke percentages wanneer apart beschouwd (respectievelijk 54.5% versus 34.7% en 36.9% versus 21.3%). De peilingen van de Zeelandse MCC (achttiende eeuw, n=726) zijn nog geprononceerder met 78.9% tegen 6.1%.³² De voorkeur voor

avond- boven ochtend peilingen is waarschijnlijk toe te schrijven aan het simpele feit dat het zonder precieze uurwerken uiterst lastig is om precies te voorspellen wanneer de zon boven de kim zal verschijnen,³³ terwijl het bepalen van het moment van ondergang daarentegen gemakkelijk is in te schatten, zolang het niet te zwaar bewolkt is. Aangezien het nemen van een peiling het opzetten en richten van delicate instrumenten behelsde, en de beschikbare tijd beperkt was (gewoonlijk het moment dat de zon door de horizon in tweeën werd gedeeld), vereist het weinig verbeeldingskracht zich een nog slaperige onderstuurman in de ochtendschemering voor te stellen, nog prutsend met de viziertjes als Helios plots besluit de hemelboog te bestijgen met achterlating van de arme navigator, de laatste binnensmonds vloekend vanwege alweer een gemiste kans. Daarenboven kunnen ongunstige atmosferische omstandigheden op lage breedten (bewolking, mist, ochtendnevel) ook hebben bijgedragen aan slechter zicht vóór dan ná de middag.³⁴ De scheepsjournalen maken echter eveneens melding van storende nevel en lage bewolking tijdens zonsondergang, hetgeen eveneens bijdroeg aan de behoefte aan een kompas, waarmee peilingen nader tot het zenit genomen konden worden.

Rond 1700 had een Oostindiëvaarder uit de Republiek drie typen kompassen aan boord: stuurkompassen (met schuivende roos), alsmede onvergoede peilkompassen (met een "ware", N-Z wijzende, vaste naald) voor het peilen van de magnetische declinatie,³⁵ en vergoede peilkompassen (met schuivende roos) voor landkartering en positie-kruispeilingen.³⁶ Ofschoon lang het voorrecht van de VOC, begonnen declinatie observaties vanaf de jaren 1730 geregeld in scheepsjournalen van de Admiraliteiten op te duiken.³⁷ Onder tusschen had de VOC in 1731 op haar schepen reeds een nieuw, groter, accurater peilkompas van Engelse makelij geïntroduceerd. Circa tien jaar later volgden de Admiraliteiten dit

voorbeeld. Deze nieuwe instrumenten werden tot in de jaren vijftig van de achttiende eeuw gezamenlijk met de oudere modellen gebruikt, waarbij de verschillende uitkomsten van de peilingen in de logboeken met elkaar werden vergeleken.³⁸

Het azimut kompas

Een nieuwkomer op de VOC navigatie-inventarislijst uit 1747 is het koperen *azimut kompas*.³⁹ Deze lijst bleef praktisch ongewijzigd tot het eind van de VOC in 1799, en bevatte verder nog twee (gewone) koperen peilkompassen, zes koperen stuurkompassen en een hele waslijst aan reserve-onderdelen zoals rozen, stalen en koperen pennen, alsmede een gedrukte 'beschrijving van 't azimut compas'.⁴⁰ Dit nieuwe instrument leverde meer nauwkeurigheid en maakte een substantiële vergroting mogelijk van het aantal peilingen boven de kim.

Meer soorten kompassen en meer manieren en tijdstippen op de dag om de plaatselijke magnetische declinatie te bepalen leidden tot een groeiende 'familie' (met meer dan dertig leden) van afkortingen in de journalen om te beschrijven wanneer, hoe en met welk instrument een peiling was uitgevoerd. Over de tweede helft van de achttiende eeuw beschouwd was het relatieve belang van en het vertrouwen op de azimut peiling immer groeiende, zoals de volgende tabel van het aantal peilingen over alle Nederlandse maritieme organisaties laat zien (1745-1795, n=428 journalen⁴¹):

JAAR HORIZON AZIMUT OVERIG⁴²

1750	38	31	719
1760	178	448	1214
1770	732	1094	426
1780	534	1095	377
1790	1763	4167	719

In VOC-zeilaanwijzingen uit deze periode is een duidelijke, zij het trage mentaliteitsverandering waar te nemen aangaande de



Azimutkompas in houten kist. Collectie en foto Maritiem Museum 'Prins Hendrik', Rotterdam, inv.nr. M 2232.

betrouwbaarheid van de azimutpeiling als alternatief voor de kimpeiling. In de versie uit 1768 betreffende de route van Kaap de Goe-de Hoop naar Ceylon was de azimutpeiling nog slechts een stoplap, alleen toe te passen als reguliere observaties (aan de kim) niet verkregen konden worden.⁴³ Vijftien jaar later, in de instructie voor het zeilen vanuit de

Republiek naar Java, waren de twee methoden al praktisch gelijk gesteld.⁴⁴ Volgens een andere instructie uit 1793 dienden de journa-len bij inlevering na het volbrengen van een reis specifiek te worden gecontroleerd op het gebruik van azimut.⁴⁵ Op schepen van de Admiraliteiten begon de introductie van koperen azimut- en stuurkompassen pas seri-

eus na 1770; bij de Britse Marine kregen de schepen deze kompastypen toen al tientallen jaren standaard mee.

De schamele hoeveelheid journalen van West-Indische Compagnie, walvisvaart en particuliere handelsvaart geven de indruk dat op schepen van deze minder strict gereguleerde organisaties correctie van de miswijzing primair door berekening (in plaats van door verlegging) tot stand kwam. Het aantal en type kompassen aan boord was beperkter en declinatiepeilingen in de bewaarde bronnen zijn zeldzaam. De MCC driehoeksvaart (Europa-Afrika-West Indië-Europa) hing hier ergens tussenin, een gemengd beeld vertonend van tamelijk frequente declinatie peilingen, enige berekende kompascorrectie en wat verleggingen met variabele stapgrootte. Een standaard navigatiepraktijk is hier moeilijk te onderken-

nen; het lijkt er op dat MCC kapiteins en stuurlieden waren aangewezen op hun eigen inzicht om te bepalen hoe ze van A naar B kwamen, althans wat betreft magnetische declinatie.

Het vloeistofkompas

De laatste technologische kompasvernieuwing met wortels in de laat-achttiende eeuw die hier aan de orde komt, is het vloeistofkompas. De Nederlandse arts Johannes Ingen-Housz⁴⁶ beschreef dit instrument voor het eerst in 1779; een grote gevoelige naald in een stalen buisje met een drijver binnen een waterdichte behuizing gevuld met lijnzaadolie,⁴⁷ ter demping van de bewegingen van naald en schip, die precieze aflezing konden bemoeilijken. Het zou tot 1860 duren voordat de Nederlandse Marine ze in grote aantallen zou aanschaffen.⁴⁸



Vloeistofkompas vervaardigd door N.V. Observator, Rotterdam. Collectie en foto Maritiem Museum 'Prins Hendrik', Rotterdam, inv.nr. M 1894.

Met de wijde verspreiding van het azimut-kompas in de laatste decaden van de achttiende eeuw schijnt de top van het gebruik van magnetische declinatie aan boord van schepen uit de Republiek bereikt te zijn. Praktisch elke navigator op de oceanen moet zich bewust zijn geweest van de algemene non-dipool eigenschappen van het aardmagnetisch veld, met name plaatselijke declinatie en seculaire variatie. De bladzijden van scheepsjournalen zijn niet zelden volgeschreven met een grote hoeveelheid peilingen, verleggingen en opmerkingen over de nauwkeurigheid. Deze aantekeningen werden verzameld, bestudeerd en verwerkt door de hydrografen in de regelmatig vernieuwde VOC zeilaanwijzingen, waarin een toenemend aantal declinatiewaarden werd opgenomen, zowel gekoppeld aan landkenmerken als lokaties in open zee waar de koers diende te worden gewijzigd. Magnetische declinatie werd op deze wijze een virtuele derde coördinaat, hetzij met behulp van (isogonen) kaarten, andere plaatselijke indicaties of puur ervaring en gezond verstand. Het is een interessante vraag in hoeverre deze "plaatselijke" kennis in het hoofd van zeeman en hydrograaf werd vertaald in een beeld van het gehele veld. Doch alras zouden nieuwe tijden aanbreken.

Neergang van het belang van magnetische declinatie; de ontwikkeling van methoden voor lengtebepaling

Twee factoren hebben een beslissende rol gespeeld in de uiteindelijke neergang van het belang in navigatie van magnetische declinatie: de ontwikkeling van betrouwbare methoden voor lengtebepaling en de grootschalige introductie van ijzer in de scheepsbouw.

De ironie wil, dat door de eeuwen heen vele wetenschappers, navigators en leken (waarvan sommigen uit de Republiek) hebben gepoogd lengtebepaling te ontwikkelen op basis van magnetische declinatie. Niet op de eerder beschreven wijze, doch als een nauwkeurig te bepalen, berekenbare grootheid

voor elke plaats op aarde, gebaseerd op de aanname van één of ander regelmatig geomagnetisch model, hetzij met behulp van formules, constructie, of intuïtie en verzamelde waarnemingen. Sommige van deze modellen waren onveranderlijk, andere bevatten twee of meer planetaire schillen, binnen elkaar roterend met verschillende snelheden, elk met zijn eigen set polen. Data-verzamelingen werden vergeleken in pogingen de lokale snelheid en richting van de veranderende veldlijnen te bepalen, met zeer beperkt succes overigens.⁴⁹

Anderen zochten hun heil niet zozeer in de (horizontale) declinatie, maar juist in de verticale magnetische *inclinatie* (ook bekend als de magnetische 'dip').⁵⁰ Overige postulaten beslaan magnetische bergen, onderaardse zuren, valse polen, continentale aantrekkingskracht, flux polen en magnetische getijden.⁵¹ De queeste heeft menig creatieve geest gegrepen, doch leidde niettemin tot niets.

Ondertussen waren andere wegen tot lengtebepaling reeds verkend sinds de zestiende eeuw. De astronoom Gemma Frisius poneerde al in 1530 hypothesen met betrekking tot de maansafstand tot vaste sterren en de chronometer.⁵² Beide ideeën gingen uit van de aanname dat een nauwkeurig lopende klok (zij het een hemels mechanisme danwel een draagbaar instrument) de tijd op een standaardmeridiaan kon aangeven, hetgeen vergelijking met lokale tijd mogelijk zou maken; iedere vier minuten verschil zou gelijk zijn aan één lengtegraad. Een andere versie van de astronomische klok, ontsproten aan de geest van Galileo Galilei was gebaseerd op de periodieke occultatie van Jupiter's vier grootste manen.⁵³ Elk van deze methoden was een principe oplossing; zestiende- en zeventiende-eeuwse instrumenten en astronomie bleken in nauwkeurigheid nog te veel te wensen over te laten voor praktische toepassing. De vruchteloze pogingen van Christiaan Huygens (gedurende de periode 1756-1795) om een zeewaardige klok te construeren die ongevoelig zou zijn voor de scheepsbewegingen en

veranderingen in temperatuur, vochtigheid en (breedtegraad-gerelateerde) zwaartekracht mogen hiertoe tot voorbeeld strekken.⁵⁴

Beloningen werden uitgelooft en lengtebepalingscommissies in diverse landen opgericht om de merites van de voorgelegde ideeën te kunnen bepalen, maar het zou tot in de tweede helft van de achttiende eeuw duren voor het prijsgeld uiteindelijk geheel kon worden overhandigd aan instrumentmaker John Harrison. Zijn vierde prototype chronometer, waarin een aparte slinger voor temperatuurverschillen compenseerde, slaagde voor alle tests met vlag en wimpel. Het bouwen van deze instrumenten zou echter tot ver in de negentiende eeuw een dusdanig delicaat en langdurig proces blijven, dat de kosten het budget van de gewone zeeman ver te boven gingen. Ter illustratie: van de 250 zeegaande Franse marineschepen in 1833 hadden er slechts 44 chronometers aan boord, en nog in 1846 klaagde de Nederlandse marineofficier Uhlenbeck in officiële stukken over de beperkte uitgave van chronometers. De kosten gingen pas naar beneden toen nieuwe, gemechaniseerde assemblage werd geïntroduceerd, waardoor tijdbewaarders in ruimere mate beschikbaar kwamen voor algemeen gebruik. Desalniettemin bestaat er een forse afstand tussen de uitvinding van het instrument en de tijd waarin reders konden worden overgehaald hun schepen ervan te voorzien en zeelui ze te gebruiken.⁵⁵

Ondertussen had de maansafstanden-methode eveneens een sprong voorwaarts gemaakt, nadat Leonhard Euler's wiskundig onderzoek het de Göttinger professor Tobias Mayer (1723-1762) mogelijk had gemaakt uitgebreide tabellen van de lunaire omzwervingen te berekenen. Zijn bevindingen, gepubliceerd in 1752 en voorgelegd aan de Britse "Board of Longitude" in 1755, verschenen in praktische vorm voor het eerst in de "Nautical Almanac" (1766) voor de jaren 1767-1769. De eerste Nederlandse "Almanach ten dienste der zeelieden" met zulke tabellen liep

van de pers in 1788.⁵⁶ De maansafstanden methode werd in de praktijk aan boord gebruikt om kleine chronometer fouten en fluctuaties te corrigeren, en maakte de gehele negentiende eeuw deel uit van navigatie examens. De sextant, waarmee hoeken groter dan 90° nauwkeurig konden worden gemeten, was het voornaamste hulpmiddel bij de toepassing ervan. De popularisering van de chronometer had de methode rond 1870 gereduceerd tot een incidentele controle op het loopwerk van de klok(ken); tegen de eeuwwisseling verdween zij geheel.⁵⁷

In 1842 publiceerde kapitein Thomas Sumner zijn nieuwe techniek (later verbeterd door de Franse officier de St. Hilaire) van lengtebepaling door sterhoogtemeting. De toepassing van de zogenaamde positie- of Sumnerlijnen werd zowel door de Britse als de Nederlandse Marine in 1886 geïntroduceerd en fourneerde een derde alternatief voor de navigator die zijn positie wenste te bepalen. Negen jaar eerder was de techniek al deel gaan uitmaken van 's Rijks navigatie examens.⁵⁸

Met de komst van deze verbeteringen in theorie en praktijk kwam het werk van de betrokken commissies tot een eind; de Nederlandse "Commissie tot de zaaken, het bepalen der lengte op zee en de verbeteringen der zee-kaarten betreffende" werd formeel opgeheven in 1850.⁵⁹ Deze ontwikkelingen hadden ook verstrekkende gevolgen voor het gebruik van magnetische declinatie als positie indicatie. Diegenen die gewend waren de maan te schieten of konden vertrouwen op regelmatig lopende uurwerken om hun lengte te bepalen tot op de geografische minuut, gaven niets meer om het marginale gerommel met ouderwetse, onnauwkeurige schattingen van de steeds veranderende waarden van de plaatselijke magnetische declinatie, gebaseerd op twijfelachtige peilingen, vroegere ervaringen en vaak verouderde aanwijzingen. Op deze wijze werd de traditie overbodig toen technologische vernieuwingen hun weg vonden naar steeds meer klaslokalen en scheepshut-

ten. Tezamen met plaatselijke kennis betreffende de kleur van het zeewater, de types zeewier, de vogelsoorten en hun vliegbereik en andere meer intuïtieve ontastbaarheden, vervaagde het belang van de naaldafwijking als geografisch kenmerk. Dit leidde echter niet tot het verlaten van de praktijk van declinatiepeiling aan boord; correctie van koers, gegist bestek en kustkartering bleven even nodig als tevoren.

Nederlandse kompasproductie in de negentiende eeuw

De kompassen rond het begin van de negentiende eeuw bleven min of meer ongewijzigd. Gedurende de Franse Tijd zakte Nederlandse productie en vakmanschap in. De instrumentmakerij had een betreurenswaardig niveau bereikt toen de nieuwe monarchie van 1812 tot 1850 de economie poogde te stimuleren door middel van een politiek van subsidies, premies, renteloze leningen en protectionisme.

De expansie van de Nederlandse scheepvaart als gevolg van het economisch herstel, in combinatie met de toenemende handelsbelangen in de koloniën en de groei van de Nederlandse Marine, leidde tot een grotere vraag naar (betere) navigatie-instrumenten. De koopvaardij daarentegen ging zich pas laat in de negentiende eeuw zorgen maken over de kompasqualiteit en zelfs toen nog steeds in mindere mate dan de Marine. Individuele aanmoediging kwam later van de Amsterdamse kapiteinsvereniging "Zee-manshoop", die zorgvuldig kompasgebruik trachtte te stimuleren door het uitloven van prijzen voor de best bijgehouden kompasjournalen (1885-1901).

De kwantitatieve vraag konden de Nederlandse instrumentmakers niet bijbenen; hun productie moest worden aangevuld met (veelal Britse) import. Nederlandse kompassen waren kwalitatief mager en slechts traag verbeterend. De instrumenten voor een schip dienden te worden aangeschaft door de reders, hetgeen leidde tot concentrering en

standaardisatie. Rond 1820 verscheen een moderne versie van het azimut peilkompas, waarmee hemellichamen zeer hoog geschooten konden worden en waarvan de roos verdeeld was tot op halve graden. Marinereglementen uit deze tijd geven additionele informatie over kompasgebruik aan boord. Een bepaling uit 1814 noemt zowel peil- als stuurkompassen, alsmede extra rozen. In 1821 werd het Britse Stebbing stuurkompas getest op het Nederlands Marineschip *Courier* en spoedig daarna werd een Nederlandse versie (met schuivende roos) op de markt gebracht door de Amsterdamse firma Kleman & Zoon. Het bedrijf produceerde ook peilkompassen, maar een belangrijke concurrent was het Britse azimutkompas uitgevonden door R. Walker in 1794, dat op Nederlandse schepen in gebruik bleef tot halverwege de negentiende eeuw.⁶⁰

In de loop van de eerste helft van de negentiende eeuw kreeg de naald een plattere vorm, en in de tweede helft van die eeuw werd de roos steeds soberder van uiterlijk. De voortdurende toepassing van schuivende rozen voor fysieke declinatie correctie en de verspreiding van het vloeistofkompas na 1860 zijn eerder in dit artikel aangestipt. Over het geheel beschouwd kon de Nederlandse kompasproductie gedurende deze eeuw niet bogen op uitzonderlijk vakmanschap.⁶¹

Als onderdeel van het huidige onderzoek is een steekproef genomen van Nederlandse scheepsjournalen uit de negentiende eeuw, teneinde een impressie te verkrijgen van de peilingspraktijk. Een totaal van 35 logboeken is onderzocht: 26 van de Marine (Atlantische en Indische Oceaan, periode 1814-1857) en 19 logboeken van de koopvaardij (periode 1874-1900), waaronder enige van de Koninklijke Paketvaart Maatschappij (of KPM, varende naar Oost-Indië via Suez).⁶²

Het aantal observaties belooft het spectrum van nul tot zes tot acht per dag.⁶³ Onderscheid dient echter gemaakt te worden tussen de koopvaardij (over het algemeen circa twee peilingen per dag⁶⁴) en de Marine (spora-

disch tot één peiling per dag). Het meest in het oog springend wat dit betreft is de grote variëteit in frequentie, zelfs in de loop van een enkele reis. Twintig marinejournalen hebben verleggingen vastgelegd, daar waar de koopvaardij deze geheel ontbeert. Het lijkt daarom waarschijnlijk dat deze praktijk in verval raakte in het derde kwart van de negentiende eeuw, en uitstierf voor het begin van de twintigste. Twaalf marinejournalen over de hele periode spreken van chronometer lengtes.

Volgens de koopvaardijreglementen ten aanzien van het journaal houden⁶⁵, was het bepalen van de lengte met de chronometer de standaard praktijk. Deze gedrukte aanwijzing stipuleerde dat het kompaslogboek diende te worden bijgehouden door de derde officier, die tevens belast was met de zorg voor de instrumenten (artikel 4). Officieel moest de magnetische declinatie worden gepeild tijdens zonsopkomst, op de middag, na de middag (azimut), bij zonsondergang, en met behulp van andere sterren gedurende de nacht (artikel 7). Bovendien behoorden alle kompassen aan boord elke morgen om tien uur met elkaar te worden vergeleken, en de kompasfouten te worden berekend door de officieren onder toezicht van de kapitein (artikel 8). Het logboek zelf had voorgedrukte kolommen voor alle voorgeschreven aantekeningen inclusief een apart kader voor de miswijzing (met ruimte voor negen notities per dag), met kleinere kolommen voor tijd en peiling (onderverdeeld in kim, azimut en sterren).⁶⁶ In 1900 bestonden ook gescheiden kolommen voor ware en onvergoede koers.⁶⁷ Een soortgelijke gedrukte instructie was aanwezig in het scheepsjournaal van het marineschip de *Maas* uit 1826.⁶⁸ Hierin was elke dag onderverdeeld in wachten, de negende kolom diende om aan te geven 'hoe de kompassen liggen' (schuivende roos) en behoorde eens per 24 uur te worden ingevuld, terwijl de tiende kolom bedoeld was om azimut- en kimpeilingen te bevatten. In de journalen van zowel de Marine als de koopvaardij is de

opslagcapaciteit voor informatie echter zelden geheel benut, en de schriftelijke neerslag van de feitelijke praktijk toont de officieren als enigszins laks zijnde in het volgen van de reglementen.

Magnetische deviatie

Tot nu toe heeft dit artikel slechts gerept over het geomagnetisch veld als storende invloed en hulpmiddel in navigatie. Andere factoren kunnen echter ook een rol spelen in het verleiden van de naald. Sommige hiervan zijn atmosferisch en incidenteel van aard, zoals aurorae en bliksem.⁶⁹ Een structureler fenomeen is het behouden veld van gemagnetiseerd ijzer in de nabijheid van het kompas. Deze soort naaldafwijking staat bekend als *magnetische deviatie*.

Ofschoon de term teruggaat op de Arctisch ontdekkingsreiziger John Ross, die er plaatselijke magnetische aantrekking mee bedoelde, had de Portugese navigator Don Joao de Castro de effecten al beschreven in 1538 (in zijn 'Roteiro de Lisboa & Goa'), toen hij inconsistente variatie verklaarde door de aanwezigheid van een nabij kanon.⁷⁰ Een VOC richtlijn uit 1671 bepaalde dat kanonnen in de buurt van het kompasnachthuis niet van ijzer maar van brons gemaakt moesten zijn, en dertien jaar daarvoor schreef Abraham de Graaf in een hydrografisch werk⁷¹ dat zeelui aan het werk met of in de buurt van de kompassen zich moesten hoeden voor het dragen van knopen, gespen of andere kledingattributen gemaakt van ijzer. Op het Admiraliteitschip *Beschermer*, in 1738 op een missie naar Curaçao, bleken de kompaspeilingen die afweken van die op andere schepen in hetzelfde konvooi te wijten aan de ijzeren roerstutten.⁷² Zelfs in de walvisvaart, niet gesierd door een excellente navigatie traditie, waren de versturende effecten van ijzer nabij het kompas bekend in de tweede helft van de achttiende eeuw.⁷³ Daartegenover staat dat lang niet elke Nederlandse zeeman van deze attractieve eigenschap op de hoogte was: rond 1750 repareerde de Rotterdamse Admi-

raliteit haar houten kompashuizen met ijzeren spijkers.⁷⁴

In het algemeen kon de beïnvloeding van de naald door ijzeren voorwerpen vrij simpel worden voorkomen door de oorzaak te verwijderen of het kompas zelf te verplaatsen. Op een houten schip met relatief weinig grote ijzeren objecten was deviatie geen ernstige zaak, al diende men er wel rekening mee te houden in geval van merkwaardige peilingsresultaten. Het werd pas een groot probleem in de negentiende eeuw toen stoom, ijzer en staal het aanzicht van de scheepsbouw totaal veranderde.

Wanneer een ijzeren schip wordt gebouwd, blijft de constructie maandenlang in dezelfde positie tijdens assemblage op de werf. Gedurende deze tijd worden de reeds geplaatste ijzeren onderdelen langzaam gemagnetiseerd door het aardmagnetisch veld, waarbij ze een uniek 'portret' krijgen aangemeten van de plaatselijke polariteit, intensiteit, declinatie en inclinatie, afhankelijk van de geografische positie en de oriëntatie van het schip. Deze magnetisatie is deels permanent, maar voor een ander deel aan verandering onderhevig wanneer het veld of het schip van richting zou veranderen.

Dit onderscheid in de magnetisatie wordt bepaald door de aard van het materiaal in kwestie. Gewoon staal (een ijzer-koolstof legering), gebruikt in de scheepsromp en de spanten, wordt niet gemakkelijk gemagnetiseerd maar zal het veld wel blijvend behouden. Aan de andere kant van de schaal is het makkelijk magnetiseerbare smeedijzer (bijna puur ijzer), dat na het verwijderen van de bron het magnetisme echter weer snel zal ver-

liezen en zich rap zal aanpassen in magnetisatie wanneer de oriëntatie ten opzichte van de veldlijnen verandert – bijvoorbeeld wanneer het (varende) schip koers wijzigt. In het onderscheid van deze magnetische eigenschappen worden respectievelijk de term "hard ijzer" en "zacht ijzer" (of weekijzer) toegepast. Alle potentieel magnetische materialen bezitten zowel "harde" als "zachte" kwaliteiten in enige mate; hun verhouding bepaalt de feitelijke magnetisatie karakteristieken.

Analoog aan de ontbinding van een (geo)magnetische veldvector in een horizontale declinatie en een verticale inclinatie component, wordt de geïnduceerde magnetisatie evenzo bepaald door zowel de richting van de plaatselijke isogonen als de richting van de dip (ofwel magnetische "breedte", zwak gerelateerd aan geografische breedte). Verder kan de horizontale deviatie nader worden ontleed in een langsscheepse en een dwarsscheepse component. Beide kunnen grafisch worden uitgezet als een sinusfunctie, met nul deviatie op NZ koersen en maxima op OW (sinuscurve) voor de langsscheepse component, en nul deviatie op OW koersen en maxima op NZ (cosinuscurve) voor de dwarsscheepse component. Ten aanzien van de "zachte" componenten is de verticale deviatie gelijk in verstoringsspatroon aan de permanente horizontale component (sinuscurve), terwijl de horizontale weekijzer component kwadrantale deviatie vertoont, hetgeen zich grafisch vertaalt in een sinusgrafiek met nulpunten op de vier hoofdstreken en maxima halverwege daar tussen in. Dit resulteert in het volgende schema:

MAGNETISATIE	VLAK	VECTOR	DEVIATIE	CURVE
permanent (hard)	verticaal	Z	permanent	
permanent (hard)	horizontaal	Y (langsscheeps)	semicirculair	sinus
permanent (hard)	horizontaal	X (dwarsscheeps)	semicirculair	cosinus
transient (zacht)	verticaal	Z	semicirculair	sinus
transient (zacht)	horizontaal	Y+X	kwadrantaal	sinus

De totale deviatie waaraan een kompas aan boord van een ijzeren schip onderhevig is, is de som van een veelheid van magneten (van gemagnetiseerd ijzer) die verschillend zijn in positie, vorm, grootte en kracht. Sommige hiervan zijn permanent, andere transient. De meeste componenten van hun magnetische vectoren zijn afhankelijk van de scheepskoers (met semicirculaire en kwadrantale afwijkingscurves), terwijl verticale weekijzer magnetisatie daarenboven wordt beïnvloed door de (magnetische) breedte (waardoor het effect tevens omdraait aan de andere kant van de (magnetische) evenaar). So far, so bad. Maar het wordt nog erger. De bovengeschetste 'ideale' situatie gaat uit van de aanname dat het schip perfect recht blijft in het verticale vlak, hetgeen natuurlijk ver bezijden de reële omstandigheden is. Als het schip hielt of rolt blijft de kompasroos horizontaal, terwijl op hetzelfde ogenblik alle gemagnetiseerde ijzeren scheepsonderdelen van positie ten opzichte van het instrument veranderen. Bijvoorbeeld hard ijzer dat zich precies boven of onder het kompas bevindt en dat geen effect had zolang het schip nog keurig rechtop bleef, zal dan een deviatiefactor van betekenis worden. De verticale component van de hieling afwijking is bovendien mede afhankelijk van de magnetische dip (magnetische breedte). Daarnaast kan de naald onder invloed van zwaar rollen of de scheepsvibraties van de machinezuigers in een staat van oscillatie worden gebracht, waardoor zinnige aflezing onmogelijk is zolang de fase min of meer blijft gehandhaafd. Tenslotte kunnen de transiente karakteristieken van het zachte scheepsijs in de loop der tijd veranderen, waardoor periodieke calibraties benodigd zijn. Zo verloor het Britse schip *Royal Charter* in de jaren zestig van de negentiende eeuw 17° deviatie, hetgeen het gevolg werd geacht van het geweld waaraan het schip tijdens haar wereldreis in ruwe zeeën blootgesteld was geweest.⁷⁵ De grootte van de samengestelde afwijking is direkt afhankelijk van de hoeveelheid ijzer

toegepast in de bouw van het schip. Enkele losse ijzeren objecten in een grotendeels ijzervrije omgeving, zoals de roerstutten in het eerder genoemde voorbeeld van de *Beschermer* (1738) veroorzaakten een maximale deviatie in de orde van een paar graden; ijzeren huidbeplating rond het midden van de negentiende eeuw kon echter afwijkingen tot 50° impliceren, ruim voldoende om ernstig rekening mee te houden.

Tegenwoordig wordt een scala van correctors toegepast, die de bovengeschetste verstoringen kunnen opheffen of reduceren. Het toegepaste principe is, om te compenseren met hetzelfde materiaal dat de afwijking veroorzaakt. Dat wil zeggen dat het permanente scheepsmagnetisme wordt tegengegaan door echte magneten nabij het kompas te plaatsen, terwijl de afwijkingen door transiente magnetisatie worden beperkt door diverse weekijzeren bollen en staven bij of in het kompas-huis aan te brengen. Semicirculaire correctie door echte magneten alleen, zou niet voldoen buiten de omgeving van de (magnetische) breedtegraad waarop de correctie is uitgevoerd: kwadrantale afwijking kan slechts worden tegengegaan met behulp van weekijzer.⁷⁶

Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn dat een onderscheid van magnetische vectoren en oorzaken van dit samengestelde probleem aan de basis ligt van effectieve tegenmaatregelen. De daartoe benodigde kennis kon slechts ten koste van veel tijd en onderzoek in de loop van de negentiende en vroeg twintigste eeuw worden vergaard, toen ijzeren schepen en stoomvoortstuwing het houten zeilschip op de oceaanvaart geleidelijk verdrongen. Ondanks het deviatieprobleem en de grotere schadegevoeligheid na aanvaring, stranding of beschieting (met name de versplintering van de scheepshuid) hadden ijzeren schepen een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van hun houten concurrenten: ze waren sterker (waardoor lengtes van meer dan 70 meter mogelijk werden), goedkoper, duurzamer, minder brandbaar en relatief licht

en ruim, waardoor de koopvaardij meer goederen kon vervoeren en de Marine meer wapentuig, bepantsering en brandstof. Desalniettemin kostte de introductie van ijzeren schepen veel meer tijd dan die van stoom.⁷⁷

Wanneer vonden deze veranderingen plaats in Nederland? Een enkele, vaste datum is moeilijk te prikken, aangezien diverse ontwikkelingen zich met verschillende snelheden voltrokken in de koopvaardij en de marine, zoals de overgang van zeilvaart naar stoomvaart, van hout naar ijzer naar staal, van radervoortstuwing naar schroef, van grote naar meer compacte machines en van samengestelde huidbeplating naar pantserschepen. Moet er meer belang worden gehecht aan de vroege oprichting van particuliere stoomvaartmaatschappijen (jaren twintig van de negentiende eeuw), het bouwen van ijzeren schepen (jaren dertig), de introductie van het klipperschip en de schroefvoortstuwing (jaren vijftig), bepantsering (jaren zestig en zeventig), de bouw van de eerste oceaanstomers (jaren tachtig), of misschien het tijdstip waarop meer ijzeren dan houten zeegaande schepen in de vaart waren (vroeg twintigste eeuw)? En kunnen innovaties bij de marine op dezelfde merites worden beoordeeld als die bij de koopvaardij? Het moge duidelijk zijn dat het kiezen van één enkel, 'magisch' moment in tijd arbitrair is en blijft. Een kort overzicht ter illustratie.

Ontwikkelingen in de scheepsbouw

Rond 1815 was de Nederlandse (houten) scheepsbouwtechnologie nog grotendeels ongewijzigd. Toen ijzeren schepen in Engeland voor het eerst met verbeterde compacte stoommachines werden uitgerust, waren Nederlandse scheepvaartondernemingen er snel bij en begonnen vanaf de jaren twintig stoomschepen te importeren. Een aantal stoomvaartmaatschappijen werd opgericht, zoals de Nederlandse Stoomboot Maatschappij (1823) en de Amsterdamse Stoomvaart Maatschappij (1825). Een jaar later gaf

koning Willem I de opdracht tot de bouw van het eerste ijzeren raderstoomschip *Leeuw*. Na de afscheiding en onafhankelijkheid van België (1830) worstelden de overgebleven Nederlanden zo'n twintig jaar met aanzienlijke overheidstekorten, die grootschalige stimulering van deze en andere sectoren van de economie belemmerden. Desondanks slaagde de particuliere scheepsbouw er in gedurende de periode 1830-1850 zelf ijzeren schepen te gaan maken. In hetzelfde tijdvak werd in Engeland de schroefvoortstuwing geïntroduceerd, hetgeen een nieuwe impuls gaf voor de toepassing van ijzer, aangezien houten schepen zwaar belast werden door de schroef-gerelateerde vibraties. In de jaren veertig werden meer en nieuwe structurele ijzeren onderdelen (zoals leggers) geïntroduceerd om de romp te versterken, doch deze bleken tevens een bron van substantiële deviatie te zijn. De Nederlanders waren zich bewust van de problematiek. De ijzeren stoomboten in de jaren dertig waren voornamelijk bestemd voor de kust- en riviervaart. Speciale gevallen waren de *Ternate* en de *Banda*, die in de koloniën zouden gaan dienen. Doordat deviatie veilige oceaanvaart nog steeds verhinderde, werden deze twee schepen – na eerst afgebouwd te zijn in Nederland – weer uit elkaar gehaald, per zeilschip naar Oost-Indië vervoerd en te Surabaya opnieuw gereconstrueerd. Het eerste echte zeegaande ijzeren handelsschip *Industrie* verliet de werf in 1847. Tegen de tijd dat de ijzeren clipper hier aan het eind van de eeuw debuteerde, bleef Nederland – hoewel op gelijke hoogte met haar burens in de produktie van zeilschepen – achter in de toepassing van stoom- en schroefvoortstuwing. De Nederlandse Marine verkoos tot in het midden van de jaren zestig op 's Rijks werven voornamelijk houten schepen te bouwen. Pas nadat de Krimoorlog de voordelen van bepantsering had benadrukt, begon de Nederlandse Marine serieus met de overgang op ijzer; een gepantserde ijzeren raderboot koos zee in 1863 en in 1867 staken Nederlandse

ingenieurs Het Kanaal over teneinde de Britse produktietechnologie te bestuderen. Ofschoon pantser- en stoomschepen in de daaropvolgende tijd in grotere aantallen werden gebouwd, bleef de Nederlandse vraag groter dan het aanbod en nieuwe stoomvaartmaatschappijen zoals de Koninklijke Nederlandse Stoomboot Maatschappij (1865) en de Stoomvaart Maatschappij 'Nederland' (1870) moesten hun schepen nog steeds deels in het buitenland bestellen. Terwijl Engeland grote vooruitgang boekte bij de ontwikkeling van geheel stalen schepen (1877), bleef de zeilvaart van groot belang vanwege de behoefte aan zuinige schepen met een groot bereik. Desondanks overtrof de produktie van stoomschepen die van zeilschepen in de Lage Landen vanaf circa 1890.⁷⁸

Onderzoek naar deviatie

Eerder in dit artikel is gesteld dat de grootte van de samengestelde deviationele kompasafwijking gecorreleerd is aan de hoeveelheid hard en zacht ijzer dat is toegepast in de bouw van het schip. Het zal duidelijk zijn dat de bovengeschetste negentiende-eeuwse ontwikkelingen steeds ernstiger problemen op dit vlak met zich meebrachten. Echo's van de verontrusting klinken door in Britse reglementen uit 1805 ("no iron is to be placed within 7 feet of the compass") en 1849 ("iron riders should never come nearer to any compass than 20 feet"), maar deze waren volstrekt onvoldoende; de enige manier om een kompas vrij te houden van verstoringen zou zijn om het op aanzienlijke afstand in een ijzervrije drijver achter het schip aan te slepen.⁷⁹

Een alternatieve oplossing werd ontwikkeld door Matthew Flinders (1774-1814). Tijdens een verkenning voor de Britse Marine nabij Tasmanië in 1798 was het hem opgevallen dat de grootte van de kompasfout varieerde als functie van de koers. Op zijn volgende opdracht zuidwestelijk van Australië wijdde hij zich aan het vaststellen van de wetmatigheden van het verschijnsel, waarbij hij

opmerkte dat de kompasvariatie niet alleen afhankelijk was van de hoek die het schip maakte met het magnetische noorden, maar ook van de (breedte-gerelateerde) plaatselijke magnetische inclinatie.

Ondertussen was er opnieuw oorlog uitgebroken tussen Engeland en Frankrijk, waardoor Flinders zes jaar lang op het Franse eiland Mauritius (Ile-de-France) gevangen werd gezet op het moment dat hij er tijdens de thuisreis in 1803 nietsvermoedend aanlegde voor reparaties. Zijn opsluiting gaf hem de mogelijkheid zijn theorie over de kompasfout nader uit te werken, waarbij hij zijn bevindingen gebruikte om een groot deel van zijn verkenning te corrigeren en opnieuw te karteren. Na zijn vrijlating in 1810 schreef hij een gedetailleerd rapport, waarin hij niet alleen het gedrag van de naald toeschreef aan het (zachte) scheepsijzer, maar ook de remedie van de contra-attractor aan de hand deed, door plaatsing van een verticale, weekijzeren staaf ter zijde van het kompasshuis tegenover het deel van het schip dat de meeste deviatie uitoefende, dusdanig op lengte gebracht dat de verstoring exact werd gecompenseerd. Helaas was de Britse Admiraliteit niet onder de indruk; het rapport verdween in een lade en werd niet gepubliceerd, zodat de 'Flinders bar' (zoals de staaf werd vernoemd naar zijn uitvinder) nog zo'n vijftig jaar op erkenning moest wachten. Een artikel door Flinders in de 'Philosophical Transactions of the Royal Society' werd evenmin op waarde geschat.⁸⁰ Onderzoek naar deviatie vond voortgang in de daaropvolgende decennia, doch evenals voorheen grotendeels buiten de Nederlandse grenzen. Buitengewoon grote verticale inductie en verzwakkende horizontale richtende kracht in de Arctische regionen werden in 1818 geobserveerd en beschreven door walvisvaarder en ontdekkingsreiziger William Scoresby (1789-1857). Het jaar daarop onderzocht Dr Thomas Young, secretaris van de Britse 'Board of Longitude' de kwadrantale aard van transiente verticale deviatie, waarbij hij de eerder vermeende correlatie

met de geografische breedtegraad van het schip verving door de (nauw verwante raaklijn aan de) magnetische inclinatie. Hetzelfde jaar (1819) kwam Peter Barlow, professor aan de Britse Royal Military Academy met de suggestie de weekijzerdeviatie op schepen te meten met behulp van een bol, en later een schijf (*Barlow's plate*). Daarna toonde hij aan dat deze vinding de kompasfout analoog aan de Flinders staaf kon compenseren. Wederom reageerde de Navy lethargisch; de eerste proeven aan boord van ijzeren raderstoomboten werden pas zestien jaar later geïnstigeerd. De Franse wiskundige Siméon Denis Poisson (1781-1840) beschreef diverse aspecten van magnetisme in een serie memories aangeboden aan de Parijse Académie des Sciences in de periode 1821-1838. Hij was de eerste die een wiskundige theorie ontwikkelde waarin het plaatselijk magnetisch veld op een schip werd gerelateerd aan het geomagnetische veld (gebaseerd op Coulomb's wet van aantrekking en afstoting). Aangezien houten schepen nog de norm waren in de jaren twintig van de negentiende eeuw, werden zijn inzichten betreffende deviatie bepaald door zijn theorie over transiente magnetisatie, daar de (permanente) hard-ijzer invloed nog klein werd geacht.

Tegen de tijd dat "Astronomer Royal" George Biddell Airy (1801-1892) zijn proefnemingen deed op diverse ijzeren schepen in de late jaren dertig, was de hard-ijzer component meer prominent aanwezig. Airy kwam met een combinatie van staafmagneten en weekijzeren kettingen in de nabijheid van het kompas om de scheepsdeviatie te compenseren. De storende effecten van hieling, rollen en veranderingen in (magnetische) breedte achtte hij onbelangrijk. De toegepaste fysieke correctors vonden aftrek bij de koopvaardij, maar werden pas circa vijftig jaar na publicatie van de resultaten door de Navy geadopteerd. Een bevlogen tegenstander van Airy's conclusies was de eerder genoemde Scoresby, die snelle veranderingen postuleerde in de magnetische eigenschappen van een

schip onder invloed van oriëntatie, spanning en vibraties. Alhoewel drie rapporten van de Liverpool Compass Committee (1865-1871) Airy uiteindelijk in het gelijk stelden, bleef de Royal Navy (terecht) vraagtekens zetten bij de aanname dat fysieke correctie een permanente oplossing was, en stond het alternatief voor om het kompas daar te plaatsen waar het zo min mogelijk onderhevig zou zijn aan deviationele afwijkingen. De resterende kompasfout diende te worden getabelleerd en in kaart gebracht voor alle kompasstreken. Pas in 1889 introduceerde de Britse Marine ook correctors.⁸¹ In datzelfde jaar ging de Marine er tevens toe over William Thompson's (1824-1907) verbeterde kompas (uitgevonden in 1875) in gebruik te nemen. Met acht parallelle naalden opgehangen met zijden draden in een aluminium ring was het instrument lichter, stabiel en gevoeliger dan zijn voorgangers.⁸²

Vooralsnog bleef de Nederlandse rol in deze ontwikkelingen voornamelijk beperkt tot het volgen op afstand. Een van de eerste Nederlandse onderzoekers die zich met het vraagstuk van de deviatie heeft bezig gehouden was amateur-fysicus Albertus van Beek (1787-1856). Als protagonist van de Barlow correctieschijf publiceerde hij in de jaren twintig niet alleen artikelen⁸³ en lezingen over de voordelen ervan, doch verbeterde hij na zorgvuldige studie tevens de calibratie en de toepassing. Hij correspondeerde met Barlow over deze technische zaken en probeerde tevergeefs via officiële kanalen de introductie van het hulpmiddel te bevorderen. Van Beek's publicatie leidde tot onenigheid tussen reders (pro) en kapiteins (contra) over de noodzaak van invoering. Om deze kwestie op te lossen verzocht de eerder genoemde kapiteinsvereniging Zeemanshoop een wetenschappelijke commissie de zaak te onderzoeken. Haar leden F. Kaiser⁸⁴ en F.J. Stamkart (die hierna nog ter sprake zal komen) voerden daarop een experiment uit, waaruit de merkwaardige conclusie voortkwam dat de

invloed van de deviatie door scheepsijzer op de kompasnaald zelden de waarde van 1° overschreed. De Barlow correctieschijf werd zodoende niet geïntroduceerd op schepen van de Nederlandse koopvaardij.⁸⁵

Een uitzonderlijk geval van een marineschip dat met de corrector werd uitgerust was het fregat *Lynx* op een missie naar Oost-Indië en de Filippijnen (1823-1825). Spijtig genoeg werd het instrument pas vlak voor vertrek geleverd, zodat de noodzakelijke scheepsmanoeuvres niet konden worden uitgevoerd om de juiste plaats van installatie vast te stellen. Aangezien de officieren aan boord gedurende de reis evenmin de tijd vonden om dit te bepalen, is de schijf in het geheel niet gebruikt.⁸⁶ Uit Nederlandse Marinereglementen betreffende de voorgeschreven instrumenten uit de eerste helft van de negentiende eeuw blijkt bovendien dat Barlow's vinding geen standaard uitrustingsstuk was. In 1856 publiceerde professor Stamkart in samenwerking met de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW) een werk over scheepsijzer, deviatie en kompasfouten. Gebaseerd op Poisson (1838), zijn eigen uitvoerige berekeningen en een aantal experimenten met gemagnetiseerde ijzeren staven steunde de auteur Airy in diens controversie met Scoresby. Het lijkt echter twijfelachtig of deze Nederlandse tekst buiten de grenzen veel invloed zal hebben gehad.⁸⁷

Desalniettemin is duidelijk uit deze en andere werken dat zowel de maritieme als de wetenschappelijke gemeenschap in Nederland zich bewust was van de draagwijdte en de implicaties van het deviatieprobleem. De eerder genoemde L. Jansze Bzn schreef in zijn stuk uit 1875 over de verslechterende situatie als gevolg van pantsering en ander structureel ijzer in oorlogsschepen. Praktische richtlijnen die verzameld waren door B.J.G. Volck in 1881 uit diverse bronnen (waaronder met name het Britse 'Admiralty Manual for the deviations of the compass') bepaalden dat: "Ieder schip moet voorzien

zijn van een goed azimuthkompas, dat dienst doet als standaardkompas; hiermede moeten alle peilingen genomen, en de nachthuiskompassen dikwijls vergeleken worden. Het moet geplaatst worden midscheeps op het halfdek, zoo ver mogelijk van groote ijzermassa's alsmede verwijderd van het uiteinde van ijzer dat een staafvorm heeft, vooral wanneer dit verticaal geplaatst is. Wapens en andere ijzermassa's, die van tijd tot tijd verplaatst worden, moeten zoowel op het opper- als op het daaronder gelegen dek, ten minste 4 meter van het standaardkompas verwijderd zijn. Als het schip zeilklaar is, dus alle ijzeren voorwerpen op de plaats zijn, waarop zij in zee zullen blijven, moet de afwijking van het Standaardkompas door den invloed van het scheepsijzer, bepaald worden (...)"⁸⁸

Een Nederlandse bijdrage ter verbetering van het Thomson kompas werd geleverd door Dr P.J. Kaiser Jr, verificateur van 's Rijks zeeinstrumenten. Door twee kleine, verplaatsbare kompasjes aan beide zijden van het kompashuis te bevestigen, kon de naaldafwijking door inductie worden beïnvloed, waarbij de naaldjes effectief fungeerden als twee permanent gemagnetiseerde fysieke correctors. Ze werden aan boord gebruikt gedurende de laat negentiende en vroeg twintigste eeuw. Kaiser patenteerde tevens zijn innovatie van de Thomson kompasroos, die bestond uit de toepassing van halfronde naalden bevestigd aan de buitenrand van de (zijden) roos, waardoor deze robuuster, lichter en goedkoper was dan de traditionele Thomson roos. Deze vinding nam de Nederlandse Marine in 1892 in gebruik.⁸⁹

Aan het eind van de negentiende eeuw waren diverse correctors, de optekening van de residuele fout, alsmede theoretisch en praktisch onderzoek tezamen in staat een *modus vivendi* te creëren in de omgang met deviatie op ijzeren en (een toenemend aantal) stalen schepen, maar het veelkoppige probleem bleef zich roeren en werd nooit geheel bedwongen. Een radicaal andere aanpak was nodig om nauwkeurige en veilige navigatie

vrij van verstoringen te kunnen waarborgen.

Het gyrokompas

Deze werd uiteindelijk gevonden in de toepassing van het gyrokompas, gebaseerd op het gyroscopisch principe dat de as van elke voldoende snel roterende tol dwingt een vaste stand te behouden, bijvoorbeeld ten opzichte van de aardas. Dit principe was in Engeland al beschreven door E. Sang (1836) en in Frankrijk door J.B.L. Foucault (1852), maar de wereld zou nog een halve eeuw moeten wachten tot de Duitse Dr Herman Anschütz-Kaempfe het eerste volledig operationele gyrokompas kon patenteren. Bijna gelijktijdig (1911) vervolmaakte de Amerikaanse uitvinder E.A. Sperry een soortgelijk apparaat, dat al sinds 1907 op zee werd getest. Anderen zouden spoedig volgen en in de loop van de daaropvolgende tijd werd het instrument niet alleen een geduchte concurrent voor het traditionele magnetische kompas, maar vond het tevens toepassingen in vuurleidingsystemen, torpedo geleiding, automatische stuurinrichting en stabilisatoren ter beperking van hieling en rol. De productie nam een grote vlucht na de Tweede Wereldoorlog. Zo eindigde het primaat van de magnetische leidsman na eeuwen van trouwe dienst, en daarmee ook de praktijk van observatie en correctie van magnetische declinatie.⁹⁰

Conclusie

In retrospect kunnen de Nederlandse oplossingen voor de problemen gerelateerd aan magnetische oriëntatie in de navigatiepraktijk, worden beschouwd als twee tegenovergestelde ontwikkelingen. In het tijdperk van hout en zeil was de grootste last voor navigators de tijds- en positie-afhankelijke verandering van magnetische declinatie, waarvoor compensatie nodig was in koers, gegist bestek en kartering, hetgeen veelvuldige observaties noodzakelijk maakte. Correctie was eerst fysiek (door vaste of schuivende roos), later alleen door berekening. In het

tijdperk van ijzer en stoom kwam het nog complexere probleem van de magnetische deviatie door hard en zacht scheepsijs naar voren, waarnaast de compensatie voor magnetische declinatie een peuleschil leek. Hier was de correctie eerst door berekening, later ook fysiek, met behulp van diverse contra-attractors.

De plaatselijke karakteristieken van het aardmagnetisch veld konden behalve een handicap ook een hulpmiddel op zee zijn; voorafgaand aan de praktische ontwikkeling van betrouwbare methoden voor lengtebepaling diende magnetische declinatie als positie-indicatie, toegepast in zeilaanwijzingen en gegist bestek. De technologische vooruitgang van de zeewaardige chronometer (en andere technieken ter bepaling van de afstand tot een standaardmeridiaan) betekenden het einde van deze traditie. Observatie en correctie van het plaatselijke veld bleven echter noodzakelijk gedurende de hele negentiende eeuw, terwijl de kompassen langzaam verbeterden. De verscheiden aard van deviatie door scheepsijs werd nooit volledig opgelost, en moest worden ontweken door de introductie van een niet-magnetisch alternatief voor het traditionele kompas. Uiteindelijk ging het gyrokompas deze taak vervullen, waardoor alle magnetische eigenaardigheden terzijde konden worden geschoven.

Tot slot kan de geofysica wellicht van dienst zijn de merites vast te stellen van de vroege pogingen om de richtende kracht van het aardmagnetisch veld te temmen. Vanwege de onmogelijkheid om de aardmantel en -kern direct te kunnen bestuderen, moeten onderzoekers zich verlaten op indirecte bronnen voor hun informatie, zoals metingen van magnetisch veld-componenten aan het oppervlak. Gedurende de afgelopen tweehonderd jaar is de kwaliteit en kwantiteit van magnetische waarnemingen sterk verbeterd. Geomagnetische observatoria zijn over alle continenten verspreid en groeiden substantieel in aantal in de tweede helft van de twin-

tigste eeuw. Helaas kunnen deze landstations zelfs in theorie slechts ongeveer 30% van het aardoppervlak vertegenwoordigen.⁹¹ Moderne magnetische verkenningen per schip, vliegtuig en satelliet leveren betere, respectievelijk planetaire dekking met hoge resolutie en nauwkeurigheid. Dit is goed nieuws voor contemporair veldonderzoek, maar op zichzelf nutteloos wanneer men poogt de eeuwen beslaande veldverandering van de seculaire variatie te analyseren.

Slechts het maritiem-historisch erfgoed kan een groot aantal betrouwbare observaties met voldoende geografische en temporele spreiding fourneren voor zinvolle diachrone mathematische modellering. Deze tienduizenden peilingen zijn heden ten dage verspreid geraakt over vele archieven, in persoonlijke aantekeningen en correspondentie, publicaties van amateurs en wetenschappers, verzamelingen, isogonenkaarten, zeilaanwijzingen, navigatieleerboeken, officiële rapporten en marginale notities, doch bovenal in scheepsjournalen en logboeken. Gecombineerd met recentere data vormen ze een col-

Noten

1. D. Gubbins, 'Geomagnetism; the next millennium' in: *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* (Global and Planetary Change Section), 89 (1990), 255, 258-259; J. Bloxham en D. Gubbins, 'The secular variation of Earth's magnetic field' in: *Nature* 317 (1985), 777.
2. J. Coulomb, 'Sea floor spreading and continental drift' in: B.M. McCormack (ed), *Geophysics and Astrophysics Monographs* (Dordrecht 1972), 35-40.
3. Uit het Latijn *saeculum* = eeuw. Zie voor een algemene introductie J. Bloxham, D. Gubbins, A. Jackson, 'Geomagnetic secular variation' in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 329 (1989), 415-502 (passim).
4. D. Gubbins, M. Richards, 'Coupling of the core dynamo and mantle: thermal or topographic?' in: *Geophysical Research Letters* 13 (1986), 1521-1523; zie ook R. Hide, S.R.C. Malin, 'Novel cal-

lectief geheugen van aardmagnetische karakteristieken door de eeuwen heen. Bij pogingen tot reconstructie van de wijze waarop het veld in de loop der tijd is veranderd, zijn vorm, omvang en aard van de oorspronkelijke informatiedrager onbelangrijk geworden, slechts dienend als een tijdelijk fysiek onderkomen voor hetgeen anders reddeloos verloren was gegaan. Het is een kleine ramp dat de overgrote meerderheid van het bovengenoemde historische bronnenmateriaal niet meer beschikbaar is.⁹² Het is niettemin een klein wonder dat er toch nog zoveel bewaard is gebleven; zeker voldoende voor zinnig onderzoek naar aard, ontwikkeling en zelfs oorzaken van het zich steeds vernieuwende attractieve potentieel van onze planeet.

Dit onderzoek kwam (mede) tot stand met hulp van de Stichting voor Historische Wetenschappen (SHW), met financiële steun van de Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

culations between global features of the Earth's gravitational and magnetic fields' in: *Nature* 225 (1970), 605-609.

5. Toen het werd gepubliceerd door Henri Gellibrand in zijn 'Discourse mathematical of the variation of the magnetic needle together with its admirable diminution lately discovered' (Londen 1635). Zie N.J.W. Thrower, *The three voyages of Edmond Halley in the Paramore 1698-1701* (Londen 1980) 2 dln., 22; C.A. Davids, *Zeewezen en Wetenschap: de wetenschap en de ontwikkeling van de navigatietechniek in Nederland tussen 1585 en 1815* (Amsterdam 1986) 79; J.B. Hewson, *A history of the practice of navigation* (Glasgow 1951) 136; S. Chapman, J. Bartels, *Geomagnetism* (Oxford 1951) 2 dln., 910-911; S.R.C. Malin, 'Historical introduction to Geomagnetism' in: J.A. Jacobs (ed), *Geomagnetism* (Londen 1987) 4 dln., dl. 1, 20.

6. Deze terminologie is afkomstig uit de 16de-18de eeuwse bronnen en zal in de rest van dit artikel worden gebruikt.
7. De term *compasso* schijnt in de 13de eeuw in de Middellandse Zee de alternatieve betekenis gehad te hebben van 'zeilaanwijzing'. Chapman en Bartels, *Geomagnetism* 905-906; H.L. Hitchins, W.E. May, *From lodestone to gyrocompass* (Londen 1955) 24, 43.
8. Zie bijvoorbeeld de zeilaanwijzing door kapitein Bicken 'Beschrijvinge van t bezeilen van Cabo Commorijn' (Ceylon) waarin deze kaap wordt gelokaliseerd op 7.45 noorderbreedte en 14 gr. 10 min noordwestering. Algemeen Rijksarchief 's Gravenhage (ARA), Collectie aanwinsten 1820-1922 van de voormalige Eerste Afdeling, 1.11.01.01 inv.nr. 1823, 55v (gedateerd circa 1641). Voor een veelvoud aan voorbeelden, zie A.R.T. Jonkers, *De strijd om het ware noorden: magnetische declinatie en navigatiepraktijk in de Republiek (1600-1800)* (Leiden 1994) appendix 5.
9. Voorbeelden zijn te vinden in ARA, de Archieven van de Verenigde Oostindische Compagnie (VOC) 1.04.02 inv.nr. 5050 *Hollandia*, 26-10-1626; ARA, Stukken afkomstig van de familie De Ruyter de Wildt, 1.10.72.01 inv.nr. 243 *Zeven Provinciën*, 15-07-1674; Rijksarchief Zeeland (RAZ), Archief van de Middelburgsche Commercie Compagnie (MCC) inv.nr. 20-320 *Don Louis*, 11-10-1724; Maritiem Museum Prins Hendrik (MMPH) Manuscriptencollectie (Ms) *Brandenburg* (West-Indische Compagnie, WIC) 07-08-1730; ARA, de Archieven van de Admiraliteitscolleges, XXVII Verzameling Van den Velden, 1.01.47.17 inv.nr. 43 *Beschermmer*, 1738; ARA, de Archieven van de Admiraliteitscolleges (ADM) 1.01.46 inv.nr. 1157 *Princesse Carolina*, 13-07-1760.
10. Voorbeelden in: MMPH, Ms *Eenhoorn* (VOC), 25-11-1690; Nederlands Scheepvaartmuseum Amsterdam (NSM) Catalogus (Cat.) I 266 *Frankendaal* (walvisvaart), 08-09-1789; NSM Cat. I 36 *Unie* (VOC), 03-04-1790.
11. Zie bijvoorbeeld het journaal van de *Amsterdam* (1598-1600) geschreven door stuurman J.P. Cornelisz, getiteld 'Den Oost Indysche Seevaart uet Texel tot Bantam gelegen in Java Mayor'. ARA, de Archieven van de Compagnieën op Oost-Indië 1594-1603 (COI), 1.04.01 inv.nr. 46.
12. Respectievelijk 'Om in de herfsttijt uyt Nederlandt na Iava te seylen' en 'Om in de may-tijt uyt Nederlandt na Iava te seylen'. Zie J.P. Sigmond, 'De weg naar de Oost' in: *Spiegel Historiae* 9 (1974), 364; Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 101; J.R. Bruijn, F.S. Gaastra, I. Schöffer, *Dutch-Asiatic Shipping* Rijks Geschiedkundige Publikatiën 165-167 ('s Gravenhage 1979) 3 dln., dl. I, 60.
13. ARA, Collectie Hope 1602-1784, 1.10.46 inv.nr. 8481; Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 288.
14. Zie bijvoorbeeld ARA, VOC inv.nr. 5026 'Instructie voor de examinateurs der stuurlieden by de edele oost-indische compagnie (...) 1793', eerste hoofdstuk, art. VI; ARA, VOC inv.nr. 11346 / NSM Gr 87-77 'Verbeeterde instructie van de eygenschap der winden, en de courssen te houden in het vaarwater tusschen Nederland en Java, met eenige aantekeningen vermeerderd' (...) 1748, 13. Soortgelijke teksten in ARA, Eene verzameling stukken afkomstig van Jacob Pieter van Braam (JPB), 1.10.11.01 inv.nr. 10 'Aanwijzing en ordre om ten allen tyden des jaars van Caab de Goede Hoop het eylant Ceylon te bezeilen'; ARA, VOC inv.nr. 4826 en 5036 'Zeilaasordre van Bengalen naar het patria' (1769); ARA, VOC inv.nr. 5034 en 5035 'Instructie van de eygenschap der winden ende courssen te houden in het vaarwater tusschen Nederland en Java' Amsterdam (1785).
15. Jonkers, *De strijd om het ware noorden* 97-109, 140.
16. W.F.J. Mörzner Bruijns, 'Kompassen in de 19e eeuw' in: *Spiegel der Zeilvaart* 1 (September 1977) 39.
17. Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 59-60, 102-103, 147; H.A. Foreest, A. de Booy, 'De vierde schipvaart der Nederlanders naar Oost-Indië onder Jacob Wilkens en Jacob van Neck, 1599-1604' in: *Werken van de Linschoten Vereniging* LXXXII, LXXXIII ('s Gravenhage 1980, 1981) 44. Er was zelfs een onderscheid tussen kompassen afkomstig uit verschillende steden. Het journaal van het Admiraliteitsschip *Wapen van Delft* (1623) op verkenning in de Stille Oceaan spreekt van het gebruik van kompassen uit Amsterdam en uit Rotterdam, die ongeveer 1½° verschillen. Zie bijvoorbeeld de aantekening op 21-09-1623 in ARA, het Archief van de Staten-Generaal (SG) deel III, 1.01.05 inv.nr. 9290. De ontstane verwarring door de verschillende aflezingen leidde uiteindelijk tot het negeren van het Rotterdams kompas ten gunste van het instrument uit de hoofdstad, ongeveer halverwege de reis.
18. Zie bijvoorbeeld ARA, COI inv.nr. 43, journaal *Mauritius*, aantekening op 25-06-1598.
19. ARA, VOC inv.nr. 4952, no. 45 'Ordre wegens het houden en schryven der dagregisters op de schepen den Ed. Oost Indische Compagnie... (Sept 1747)'; art. XII aangaande journaal-houden: "De eerste gezagvoerders, nevens hunne luitenant, opper en onder-stuurlieden zullen hebben te zorgen, dat by alle gelegentheden de observatiën aan de zon, ter ontdekking van de poolshoogte en naaldwijzing op de reyse wordt verricht en dat na bevinding der laatste (en by gebrek van dien na de aantekening op de laatste vojagie) de kompassen teffens worden verlegt, en verbeterd, enzulk door hen in de dagregisters word aangetekent, op poene van drie maanden gagie te verbeuren by den genen, die daarin nalatig is geweest".
20. Zie ARA, SG inv.nr. 9290 *Wapen van Delft*, aantekening op 18-12-1623.
21. RAZ, Handschrift 187 *Zuidbeveland* 18-03-1773. Dit stuk spreekt van 'den wimpelvoerder' die het signaal geeft om de kompassen te verleggen van 12½ naar 10° noordwestering.
22. Een zeldzaam voorbeeld van het noemen van de instructie zelf is te lezen in het logboek van het VOC schip *Vrouwe Anteonnetta Coenradia* op 28-12-1780. MMPH Ms *Vrouwe Anteonnetta Coenradia*.
23. Jonkers, *De strijd om het ware noorden*, 82.
24. ARA, COI inv.nr. 43 *Mauritius* 06-06-1598: "...die naelde lach op drie quartier van een streek noordoosteringh vant schuifcompas".
25. MMPH Ms *Admiraliteitsschip Bellona* 08-05-1789, 19-05-1789 en 09-09-1789.
26. Jonkers, *De strijd om het ware noorden* 80-84, 117-138, 152-157.
27. Citaat uit Hewson, *A history of the practice of navigation* 52; zie ook Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 189-190, 197, 245, 351.
28. L. Jansze Bzn, *Mededeeling aangaande eene hoogst belangrijke praktische aanwending van natuurkrachten op een instrument, dat, onafhankelijk van het magnetisme der aarde en van het scheepsijzer, den waren koers van het schip aanwijst* (Amsterdam 1875) 9-10: "Aldus ingericht en benedendeks geplaatst, doet het instrument dienst als standaardkompas, bij hetwelk de correctiën in rekening worden gebracht. Wanneer de ware koers alsdan bepaald is, seint men dien naar het dek, waaruit of de miswijzing van het stuurkompas opgemaakt of de roos rechtwijzend gedraaid wordt." Alhoewel hij zijn beschreven vinding zowel in Engeland als in Frankrijk patenteerde, bleek het instrument in de praktijk onbruikbaar. Zie F.C. van Oosten, 'Navigatie en veiligheid op zee' in: G. Asaert, Ph.M. Bosscher, J.R. Bruijn, W.J. van Hoboken (eds), *Maritieme Geschiedenis der Nederlanden* (MGN), (Bussum 1976-1978) 4 dln., dl. IV (Bussum 1978) 135.
29. ARA, VOC inv.nr. 5017 'Lyst van de kaarten en stuurmansgereedschappen voor den schipper van 't schip genaemt Ternate' (april 1655), 30 mei 1673. Zie ook Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 108.
30. Een van de uitzonderingen was het eerder genoemde schip *Wapen van Delft*. Op 29 en 30 november 1623 werd de zon tien graden boven de horizon stond: "...hebben desen dach gepeijlt doen de son 10 graden hoog stond, bevonden met ons compas 1/2 graet N:O steringe". ARA, SG inv.nr. 9290.
31. NSM Cat.E 1004: W.J. Blaeu, *Tafelen van de breedte van de opgang der Sonne met onderrekening om, zonder calculatie, de miswijzing der compassen aen alle oirten des aerdrjcx lichtelijck te vinden* (Amsterdam circa 1638); Foreest en De Booy, *De vierde schipvaart* 42; Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 109.
32. Jonkers, *De strijd om het ware noorden* 152.
33. Met name in de tropen, waar de hoeksnellheid van de aarde het grootst is en de hemelen meer dan 50% sneller lijken te draaien dan op NW-Europese breedten.
34. Voor een beschrijving van deze slechte weersomstandigheden die nauwkeurige observatie van de magnetische declinatie behinderden, zie ARA, ADM inv.nr. 1170 *Castor*, 19-06-1769, nabij de Kaap Verdische eilanden.
35. Ofwel miswijzend.
36. Ofwel regtwijzend.
37. Jonkers, *De strijd om het ware noorden* 157; Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 141-144.
38. ARA, Collectie Van Vredenburg 1.10.83 inv.nr. 11, no. 17: 'Lyste van de boeken, kaarten en stuurmansgereedschappen die voortaan de scheepen na Indiën gaande zullen worden mede gegeven voor en ten behoeve van den opperstuurman (...) 1731'; Voorbeelden in VOC journaal in ARA, VOC inv.nr. 6033 *Goidschalkoord* (1737), en het Gemeente Archief Amsterdam (GAA) inv.nr. M 165 *Polanen* (1750) plus *Herculis* (1750). Een voorbeeld van een Admiraliteitsjournaal in ARA, ADM inv.nr. 2338 *Brederode* (1740-41).
39. Waar eerder in dit artikel reeds aan werd gerefereerd, toen atmosferische omstandigheden in verband met kimobservaties ter sprake kwamen.
40. ARA, VOC inv.nr. 5018, 5023 en 4952: 'Generale lyst van de stuurmansgereedschappen, kaarten en boeken (...) meede gegeven aan de eerste gezagvoerders (...) 1747'. Een alternatieve latere versie in: ARA, VOC inv.nr. 11347. Zie ook G. Schilder, W.F.J. Mörzner Bruijns, 'Navigatie' in: *MGN* III (Bussum 1977) 219.
41. Jonkers, *De strijd om het ware noorden* 155.
42. Vele observaties in de categorie 'overig' hadden geen enkele indicatie met betrekking tot wanneer de waarneming was uitgevoerd, maar kimpeilingen zijn het waarschijnlijkst.
43. ARA, JPB inv.nr. 10: 'Aanwijzing en ordre om ten allen tyden des jaars van Caab de Goede Hoop het eylant Ceylon te bezeilen' (1768), periode september-december: "...Eindelyk dient geacht te worden, dat de zeilaas ordre naar de miswijzing is geschikt, dog die, zelf op de beste compassen wel 1 a 1½ graad kan verschillen weshalven meer dan een goede pyling nodig is, en by gebrek, de variatie door de azimutrekening moet worden geobserveert om van de waarheit verzekert te zijn".
44. ARA, VOC inv.nr. 4952, no. 14: 'Instructie van de eygenschap der winden ende courssen te houden

- in het vaarwater tusschen Nederland en Java (...) 1783': "...en word hen verder gerecommandeerd de miswyzing der compassen, door de gewone zons kimpeilingen en bovendien deszelfs asimuth, naaukeuriger te observeeren en hunne compassen geduurig naar dezelve te verbeteren..."
45. ARA, VOC inv.nr. 5026: 'Instructie voor de examineurs der stuurlieden by de edele oost-indische compagnie (...) 1793', art. IX. Een soortgelijke tekst is aan te treffen in het 'mond-examen' voor VOC stuurlieden uit 1794 door A. Kikkert. NSM Cat.B III 743, 16-17.
 46. Johannes Ingen-Housz (1730-1799), geboren te Breda, studeerde medicijnen, scheikunde en natuurkunde aan de universiteiten van Leuven en Leiden. Hij verhuisde naar Londen (1765), Wenen (1769) en terug naar de Republiek (1795). Hij was een vroeg voorstander van vaccinatie tegen pokken, bestudeerde de chlorofyl-CO₂ cyclus in planten (1773-9), ontdekte algen-sporen en verbeterde de microscoop. Zie E. Mortreux, 'Johannes Ingen-Housz' in: P.C. Molhuysen, P.J. Blok, F.K.H. Kossmann (eds), *Nieuw Nederlandsch Biografisch Woordenboek* (NNBW) (Amsterdam 1911-1937) 10 dln., dl. 6, 832.
 47. Tegenwoordig wordt een mengsel gebruikt van water, alcohol en glycerine. J. van Beylen, P.A. de Groote et al. (eds), *Maritieme encyclopedie* (Bussum 1971) 4 dln., dl. IV, 118.
 48. G. Schilder, W.F.J. Mörzner Bruijns, 'Zeekaarten en navigatie' in: *MGN* dl. I, 219; B.J.G. Volck, *Bijdrage tot de kennis van het kompas en zijne afwijkingen, naar verschillende bronnen samengesteld* (Leiden 1881) 8.
 49. Archives Nationales Paris (AN) Marine (MAR) 3JJ-35; AN MAR 2JJ-59; Bibliothèque Nationale Paris (BN) Nouvelles Acquisitions Français (NAF, manuscrits) 10764, aantekeningen van Guillaume Delisle.
 50. AN MAR G 91, no. 1, 6, 8; 3JJ 7, no. 17; BN NAF 10764, no. 2: Jean-Philippe Dela Croix (1731-47); AN G 95, f. 48; G 99 f. 86-87, Pierre Charles Le Monnier (circa 1777).
 51. A.R.T. Jonkers, dissertatie in voorbereiding.
 52. Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 67, 282. Het principe was al bekend bij de oude Grieken, en was eveneens geformuleerd door Johannes Werner en Petrus Apianus.
 53. D.J. Struik, *The land of Stevin and Huygens: a sketch of science and technology in the Dutch Republic during the golden century*, *Studies in the history of modern science* 7 (Dordrecht 1981) 75. Galilei bood zijn bevindingen in 1635 aan aan de Nederlandse Staten-Generaal, en werd beloond met een gouden ketting ter waarde van 500 florijnen.
 54. Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 67, 87; C.D. Andriess, *Titan kan niet slapen: een biografie van Christiaan Huygens* (Amsterdam 1993) 122, 148-151, 205, 215-217, 269, 303, 325-26, 337-38, 355, 366-70; M.S. Mahoney, 'Christiaan Huygens: The measurement of time and of longitude at sea' in: H.J.M. Bos, M.J.S. Rudwick, H.A.M. Snelders, R.P.W. Visser (eds), *Studies on Christiaan Huygens: invited papers from the symposium on the life and work of Christiaan Huygens*, Amsterdam, 22-25 August 1979 (Lisse 1980) 246-47, 252-260, 264, 269.
 55. S.E. Morison, *The European discovery of America: part I. The Northern Voyages AD 500-1600* (New York 1971) vol.I, 141; Schilder en Mörzner Bruijns, *Navigatie* 213, 223; J. van Beylen, *Zeilvaart Lexicon: viertalig maritiem woordenboek* (Weesp 1985) 46; C.A. Davids, 'De zeevaartkunde en enkele maatschappelijke veranderingen in Nederland tussen 1850 en 1914' in: *Mededelingen van de Nederlandse vereniging voor zee-geschiedenis* 40/41 (1980) 55.
 56. De inhoud van de 'Almanach' was grotendeels gebaseerd op die van de Britse Nautical Almanac, met het belangrijke onderscheid dat alle lengtegraden waren herberekend ten opzichte van de meridiaan over Tenerife (in plaats van Greenwich). Greenwich werd pas in 1826 in Nederland ingevoerd. Zie J.E. Oosterling, 'Het korvet "Lynx" in Zuid-Amerika, de Filippijnen en Oost-Indië 1823-1825: De Koninklijke Marine als instrument van het "politiek systeem" van koning Willem I' in: *Werken van de Linschoten Vereniging LXXXIX* (Zutphen 1989) 86-87.
 57. Schilder en Mörzner Bruijns, *Navigatie* 215-16, 222; Davids, *De zeevaartkunde* 55; Davids, *Zeewezen en Wetenschap* 283.
 58. Davids, *De zeevaartkunde* 62.
 59. Van Oosten, *Navigatie en veiligheid op zee* 134; Schilder en Mörzner Bruijns, *Navigatie* 215, 217.
 60. Oosterling, *Het korvet "Lynx"* 84-86, 89.
 61. Mörzner Bruijns, *Kompassen in de 19de eeuw* 39, 42; W.F.J. Mörzner Bruijns, 'Navigational instruments in the Netherlands during the 19th century: production, distribution and use' in: *Bulletin Sci. instr. Soc.* (1985) no. 6, 11-13; A.E. Fanning, *Steady as she goes: a history of the Compass Department of the Admiralty* (Londen 1986), xi; Davids, *De zeevaartkunde* 57, 66.
 62. ARA, Inventaris van de scheepsjournalen behorend tot het archief van het ministerie van Marine 1813-1968 (MvM), 2.12.03 inv.nr. 491, 4615, 30, 2748, 99, 5331, 1295, 1245 (2), 3580, 4073, 2187, 1069, 4072, 2318, 7314, 7315, 147, 490, 4061, 214, 2319, 4503, 4150, 608, 2350; ARA, Archief Losse Aanwinsten 1845-1979, 2.22.01 inv.nr. 247; ARA, Archief van de Koninklijke Paketvaart Maatschappij (KPM), 2.20.58.01 inv.nr. 15, 35, 87, 108, 166.
 63. ARA, KPM inv.nr. 87 koopvaarder *Prins Hendrik* 2de reis (1875).
 64. Zie bijvoorbeeld ARA, KPM inv.nr. 35, koopvaarder *Insulinde* (1882).
 65. ARA, KPM inv.nr. 15 *Celebes* 8ste reis (1879).
 66. Sterpeilingen zijn te vinden in: ARA, KPM inv.nr. 87 *Prins Hendrik* 5de reis (1876); ARA, KPM inv.nr. 108 *Prinses Amalia* 3de reis (1875).
 67. ARA, KPM inv.nr. 108 *Prins van Oranje* (1900).
 68. ARA, MvM inv.nr. 2748 *de Maas* (1826).
 69. De VOC ontwikkelde een speciale instructie voor blikseminslag: ARA, VOC inv.nr. 5026: 'Instructie voor de examineurs der stuurlieden by de edele oost-indische compagnie (...) 1793', 3de hoofdstuk, art. VIII: "Omtrend het nagaan van het gehouden gedrag, zoowel bij storm als by opkoomend onweeder (...) sub 5. Of, indien het schip door den donder getroffen is (...) of indien de donder in de nabijheid van het schip gevallen is, men terstond daarna de compas-naalden, zowel die, welke dadelyck gebruikt worden als die welke ter waarlo leggen behoortlyck heeft geëxamineerd, om na te gaan of dezelve ook in haare kracht of richting verandering hebben ondergaan, lam geworden zyn of verkeerd wijzen..."
 70. Fanning, *Steady as she goes* xxii, 421.
 71. A. de Graaf, *De seven boecken van de grootte zeevaart, zijnde een volkomen klare, en konstige beschrijvinghe der navigatie* (Amsterdam 1658) 48.
 72. ARA, ADM inv.nr. 43 *Beschermer*, aantekening op 22-01-1738.
 73. Gemeente Archief Dordrecht inv.nr. 156-3 *Propatria*, aantekening op 27-06-1784.
 74. G. Schilder, W.F.J. Mörzner Bruijns, 'Navigatie' in: *MGN* II (Bussum 1977) 195.
 75. Charles H. Cotter, 'The early history of ship magnetism: the Airy-Scoresby controversy' in: *Annals of Science* 34 (1977) 589-590; Fanning, *Steady as she goes* 421-424; A. Jackson, 'Historical data for geomagnetic field modelling' in: R.A. Langel, R.T. Baldwin (eds), *Types and characteristics of data for geomagnetic field modeling*, NASA Conference publication 3153 (symposium proceedings Wenen, Oostenrijk, 23 Augustus 1991) (Greenbelt MD, 1992) 15, waarin een citaat uit de 'London Quarterly Review' (oct. 1865) 1-22; Davids, *De zeevaartkunde* 53, noot 11.
 76. Jackson, *Historical data* 14-17; Fanning, *Steady as she goes* 424, 426.
 77. J.M. Dirkzwager, 'Scheepsbouw' in: H.W. Lintsen et al. (eds) *Geschiedenis van de techniek in Nederland: de wording van een moderne samenleving 1800-1890* (Zutphen 1992-5), 6 dln., dl. IV (1993) 67, 81, 84, 87.
 78. J.A. Raven, J.J. Wijn et al. (eds), *De kroon op het anker: 175 jaar Koninklijke Marine* (Amsterdam 1988) 27-31, 38-40, 45; A. van Dijk, *Voor Pampus: de ontwikkeling van de scheepsbouw bij de Koninklijke Marine omstreeks 1860* (Amsterdam 1987) 20, 31, 162; J.M. Dirkzwager, 'Schepen' in: *MGN* IV (Bussum 1978) 18; Dirkzwager, *Scheepsbouw* 67, 75-88, 98; Fanning, *Steady as she goes* 18-21, 47, 125.
 79. Hetgeen de wijze is waarop magnetische verkenningen per schip dezer dagen worden uitgevoerd. Jackson, *Historical data* 14; Fanning, *Steady as she goes* 20-21.
 80. Fanning, *Steady as she goes* xxiv-xxix, 422; Volck, *Bijdrage tot de kennis* 9-10; P. Kemp (ed), *Oxford companion to ships and the sea* (Oxford 1992) 189, 315-316; Van Beylen en De Groote, *Maritieme encyclopedie* deel II, 270; W.E. May, 'The melancholy fate of the Baltic ships in 1811' in: *Mariner's Mirror* 50 (1964) 282 (notes).
 81. Cotter, *The early history* 590-591, 598-599; Kemp, *Oxford companion* 189; Fanning, *Steady as she goes* xxxv-xxxviii, xl-xlii; Jackson, *Historical data* 14-15.
 82. Van Oosten, *Navigatie en veiligheid op zee* 134; Van Beylen en De Groote, *Maritieme encyclopedie* dl. IV, 118; Fanning, *Steady as she goes* 142.
 83. Waarvan tenminste één ook in het Frans is verschenen. Voor een lijst van zijn publicaties en brieven, zie J.G. van Cittert-Eymers, 'Albertus van Beek 1787-1856' in: *Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afd. letterkunde* nieuwe reeks, dl. 21 nr. 5 (Amsterdam 1958) 32.
 84. Die in 1858 werd benoemd tot "verificateur van 's Rijks zeeinstrumenten". Door Dekker gezien als het begin van de standaardisatie en professionalisering van de technische aspecten van navigatie in Nederland. E. Dekker, 'Frederik Kaiser en zijn pogingen tot hervorming van "het sterrekundig deel van onze zeevaart"', A. de Knecht-van Eekelen en G. van Paemel (eds), 'Met zicht op zee: zee-wetenschappelijk onderzoek in de Lage Landen na 1800' in: *Tijdschrift voor de geschiedenis van de geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 13 (1990) 23.
 85. Dekker, *Frederik Kaiser* 24-25.
 86. Oosterling, *Het korvet "Lynx"* 88.
 87. F.J. Stamkart, *Over de afwijkingen van het kompas voortgebracht door de aantrekking van het scheepsijzer* (Amsterdam 1856) 3-4, 7, 10, 40.
 88. Volck, *Bijdrage tot de kennis* 13-14.
 89. Mörzner Bruijns, *Navigational instruments* 12.
 90. Fanning, *Steady as she goes* 176; Kemp, *Oxford companion* 821; Van Oosten, *Navigatie en veiligheid op zee* 135.
 91. Malin, *Historical introduction* 35-44.
 92. Volgens persoonlijke schattingen is circa 95% verloren gegaan.