

Het water stroomt

GETIJDENWONDER NOORDZEE

Via een kiertje in het zuiden en een groot gat in het noorden komt tweemaal daags een vers getij de Noordzee in. Er is een astronomische regelmaat die aan de hand van de planeten te verklaren valt, maar de werkelijkheid vertoont opmerkelijke afwijkingen.

De Noordzee is een echt getijdenwonder. Wat gebeurt er allemaal met dit water waarop we zo graag zeilen?

Tekst JORIS WESTERVELD

De Noordzee heeft een wispelturig karakter. Niet lang geleden liepen er mammoeten en wolharige neushoorns rond, tegenwoordig ligt er een ondiepe zee waarvan de verraderlijke zandbanken en platen tot op de dag van vandaag schepen doen vergaan. De kust die haar omlijst, kent vele verschijningsvormen: van delta's en estuaria tot kliffen, fjorden, wadden en duinen. Maar het grilligste element van de zee is het water zelf.

Knappe koppen
Hoewel het verband tussen de getijden en de maan en de zon al sinds de oudheid bekend is, was Isaac Newton de eerste die het fenomeen aan een wiskundige onderbouwing knoopte en de krachten kwantificeerde. Zijn theorie over zwaartekracht verklaarde waarom de zon – die toch miljoenen malen zwaarder is dan de maan – minder invloed heeft op de getijden dan de maan. Newtons theorie werd later uitgebreid door knappe koppen zoals Daniel Bernoulli, Pierre-Simon Laplace en Joseph Fourier. Later werkten andere wetenschappers, zoals George Darwin (ja, de zoon van), aan een theorie die

HARMONISCHE ANALYSE
Om tot een voorspelling van het astronomische getij te komen gebruiken hydrografische diensten de zogenaamde harmonische analyse. Hiervoor analyseren ze waarnemingen van meerdere jaren van waterhoogtes op een bepaalde plek. Met behulp van een reeks sinusvormige patronen (zoals het maangetij) kunnen ze het getij verklaren. Langs de Nederlandse kust gaat het om zo'n 100 componenten. Dat klinkt ingewikkeld, maar zolang de plaatselijke omstandigheden gelijk blijven, kun je met deze techniek het astronomisch getij jaren vooruit voorspellen.

het voorspellen van het getij mogelijk maakt: de harmonische analyse. Tijdens zeiltochten over het Wad en de Delta en bij oversteken naar Engeland zijn we echter gewend te rekenen met het eindproduct van het spel tussen de planeten en het water: de verschillende waterstanden en stromingen. Maar hoe zorgen de zon, de maan, de kanteling van de aarde en het water in onze zee hiervoor?

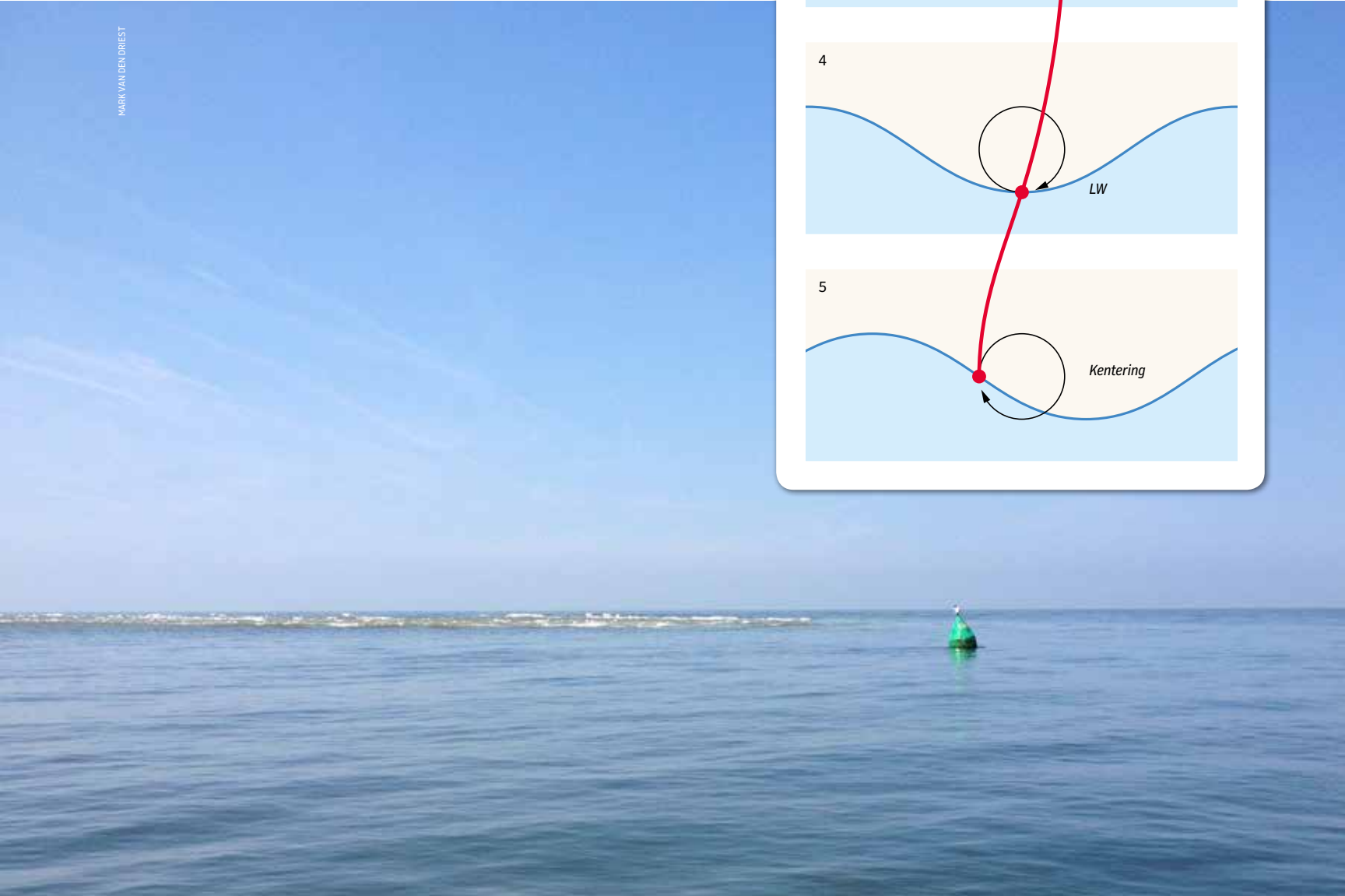
Hemellichamen en het water
Hemellichamen trekken elkaar aan: door zijn nabijheid heeft de maan de grootste invloed op het water op aarde. De zwaartekracht van de maan, gecombineerd met de centrifugaalkracht van het duo aarde-maan, zorgen ervoor dat er op aarde tegelijkertijd twee vloedbergen ontstaan. De centrifugaalkracht is overal op aarde even groot en trekt in dezelfde richting, de gravitatiekracht van de maan niet. Die is kleiner op de plekken die verder van de maan verwijderd zijn: het grootst aan de kant van de maan, het kleinst aan de andere kant van de aarde. Zoals je in de illustratie hiernaast ziet, zorgen de resultaten van deze krachten op het water voor twee vloedbergen: eentje richting de maan, de tweede naar de andere kant van de aarde. De zwaartekracht 'duwt' het water die kant op. De aarde draait in 24 uur om haar as, als het ware onder de vloedbergen door. In theorie zouden er in één dag op iedere plek op aarde twee vloedbergen en twee dalen moeten langskomen. Helaas is het niet zo simpel, want de continenten liggen in weg. Daarnaast staat de maan niet stil: in ongeveer 28 dagen draait hij rond de aarde. Deze baan, gecombineerd met de draaiing van de aarde, zorgt ervoor dat één getijdencyclus ongeveer 25 uur duurt. Daarom verschuift het tijdstip van hoog- en laagwater dagelijks. De andere planeten in ons zonnestelsel zijn te klein om invloed uit te oefenen op het water op aarde, maar de zon is een zwaargewicht. Bij volle en nieuwe maan staan de zon, de aarde en de maan in één lijn, waardoor de vloedbergen groter zijn: springtij. Tijdens het eerste en laatste kwartier heffen de zon en maan elkaars aantrekkingskracht op de aarde deels op: je hebt doottij.

Het getij is een golf
In de Noordzee is het pas twee dagen ná de genoemde maanstanden spring- of doottij. Dat komt omdat het even

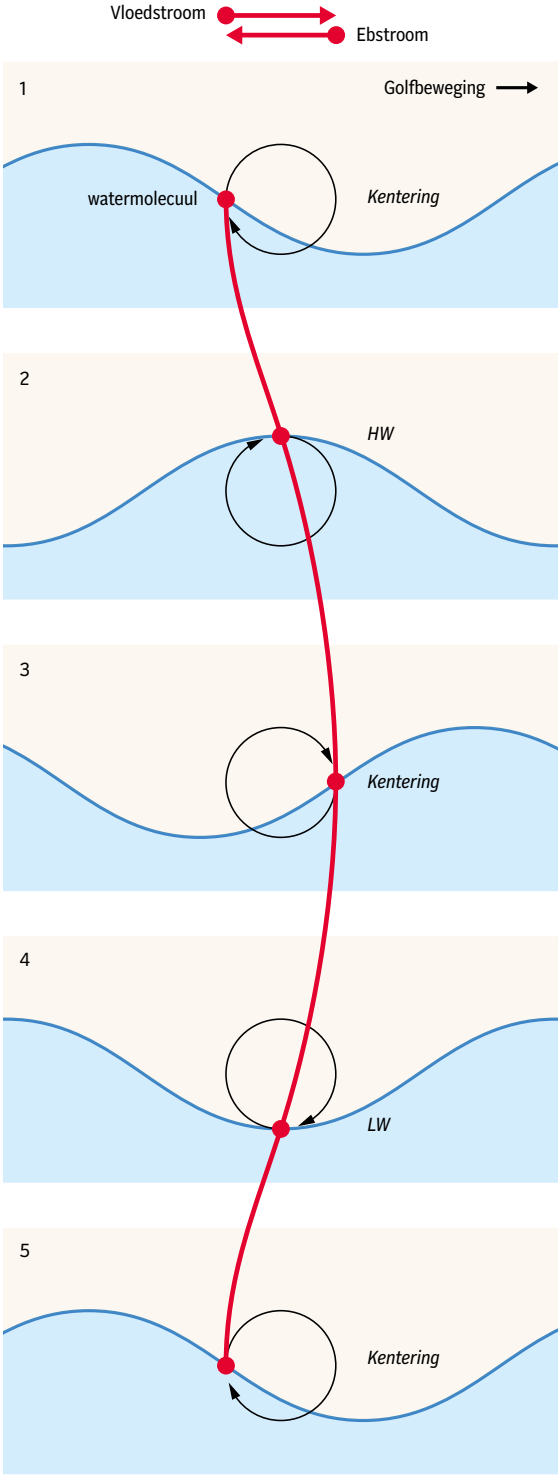
duurt voordat het getij in onze contreien is. De vloedberg ontstaat namelijk niet over de hele breedte tegelijk, maar komt uit de Zuidelijke Oceaan. Vanaf daar verspreidt hij zich en beweegt zich als een golf: de getijgolf. Het dagelijkse rijzen en dalen van het water kun je zo zien als de kringen die ontstaan als je een steentje in het water gooit. De dalen tussen de rimpels zijn laagwater, de toppen hoogwater. Maar hoe verklaar je dan de getijstroom die je op zee ervaart? Het water in het gerimpelde slootje staat immers stil.

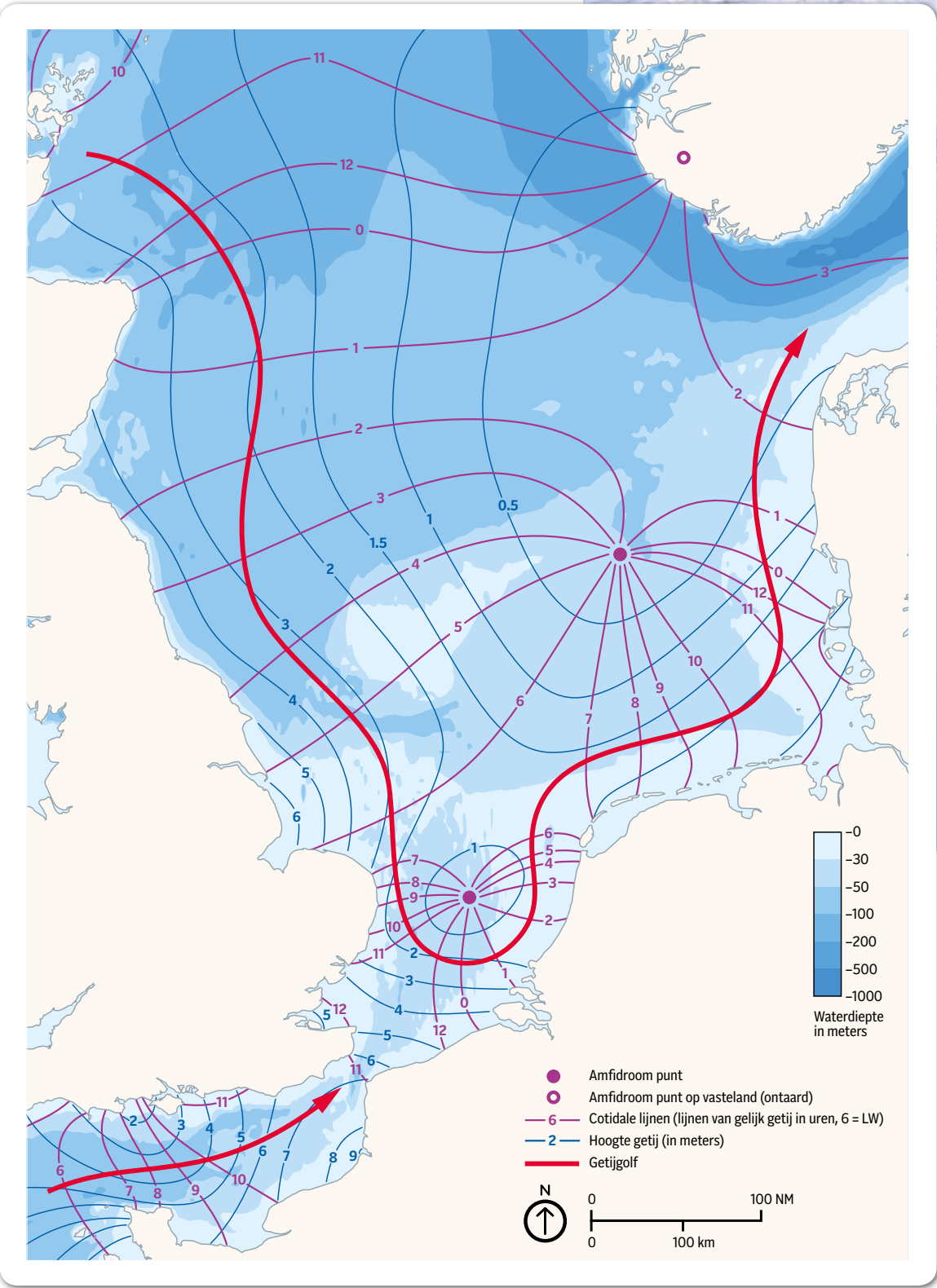
Geert Folkertsma, fervent zeiler én natuurkundige, legt het uit. "Om dit te begrijpen moeten we kijken naar wat watermoleculen doen in een normale golf. Ze bewegen zich daarin in een cirkel: op de golftop rollen ze met de golf mee naar voren, maar in het golfdal bewegen ze juist naar achteren. Precies daartussenin verandert het molecuul zijn horizontale beweging van voor- naar achteruit." In de illustratie hiernaast zie je die beweging. "Het water op zee gedraagt zich op een vergelijkbare manier, alleen zijn de schaal en de periode een stuk groter dan de windgolven die we langs onze boot zien rollen," vervolgt Folkertsma. "Die golven hebben een periode van een paar seconden, maar het duurt zo'n 12 uur voordat twee golftoppen van de getijgolf zijn gepasseerd."

Stroming bij de Domburger Rassen.



Getijstroom en kentering vergelijkbaar met cyclische beweging watermolecuul in een golf





moment geen stroom, maar het water rijst of daalt nog wel.

Golfslagbad

Dat is de theorie. De werkelijkheid op de Noordzee is iets weerbarstiger. Denk nog eens aan die kringen in de sloot als je daar een steentje in hebt gegooit. Als die een drijvend takje in het water raken, of de kant, dan gebeurt er van alles met de eerst

zo mooie, ronde kringen. Ze buigen af, weerkaatsen, versterken elkaar of doven uit. Iets soortgelijks gebeurt ook in de Noordzee. Eigenlijk is het één groot golfslagbad.

Onze zee kent namelijk meerdere ingangen; één golf komt via Het Kanaal en het Nauw van Calais de Noordzee binnen, maar belangrijker is de golf die een halve dag later via Schotland binnenkomt. Deze golf beweegt

zich langs de oostkust van Engeland, versmelt met de zuidelijke golf en buigt door het corioliseffect tegen de wijzers van de klok in, waarna hij langs de Nederlandse stranden rolt.

Amfidromie

De punten waar de getijgolf omheen draait, heten amfidromische punten. Je hebt ze overal ter wereld, maar in de Noordzee liggen er drie erg dicht bij elkaar: één tussen IJmuiden en Lowestoft, een ander voor de kust van Denemarken en tot slot een zogenaamd ontwaard punt, dat op het vasteland van Noorwegen ligt.

Cotidale lijnen die vanuit de amfidromische punten naar de kust lopen, geven aan waar het getij zich op dat moment in dezelfde fase bevindt. Dat zie je bijvoorbeeld in de illustratie op de pagina hiernaast: als het vanuit Zeebrugge in noordelijke richting tot het amfidromische punt overal hoogwater is, is het op datzelfde tijdstip bij Texel laagwater. Op de amfidromische punten zelf is geen rijzing en daling: de waterhoogte is hier het gemiddelde van hoog- en laagwater. Op deze punten staat overigens wel stroming, onder meer omdat het langs de ene kant van het punt hoog- en langs de andere kant laagwater is, en het water van de 'hoge' kant naar de 'lage' kant stroomt.

Stel je voor dat je op het strand van Scheveningen staat. Voor de kust rolt de getijgolf langs. Het water op zee beweegt dan zoals het rode stipje in de illustratie op de vorige pagina een cirkel maakt: op een golftop beweegt het water naar het noorden, in het golfdal naar het zuiden. De noordwaartse beweging duurt ongeveer zes uur, en de zuidgaande ook. Precies tussen hoog- en laagwater zie je dat er geen horizontale beweging is, slechts een verticale. Dit is wanneer de kentering plaatsvindt. Er is op dit



De Noorse Saltstraumen staat de sterkste getijstroom ter wereld.



DOGGERLAND

De mammoetbotten op de met Noordzeezand opgespoten stranden van de Maasvlakte zijn het bewijs: de Noordzee lag vroeger droog. Engeland was onderdeel van het continent, en de Rijn en de Theems mondden uit in dezelfde rivierdelta. Archeologen noemen dit verdwenen land Doggerland. Het was millennia lang het jachtterrein van onze verwant, de neanderthaler.

GETIJ IN DE PRAKTIJK

BRONNEN VOOR GETIJDEN EN WATERHOOGTES

Tijdens het navigeren op getijdenwater moet je weten wat het getij doet en wanneer. De Nederlandse HP33, het getijdenboek van de Dienst der Hydrografie, geeft getijdentafels, stroomkaarten en havenkrommen. Digitale kaarten op kaartplotters zijn eveneens voorzien van getijdendata. Op internationale reizen is de *Reeds* onmisbaar. De werkelijke waterhoogte kan natuurlijk afwijken van het astronomisch getij. Rijkswaterstaat geeft op Waterinfo.rws.nl de verwachte afwijking van LAT aan door invloed van de wind en luchtdruk.

GEVAARLIJK GETIJ

Tussen Sumburgh Head, de zuidelijkste punt van het hoofdeiland van de Shetlandeilanden, en Fair Isle, staat over een gebied van 6 mijl een stroom van wel 6 knopen. In combinatie met ongunstige wind kan dat gevaarlijke omstandigheden veroorzaken. Meerdere factoren bepalen hoe erg de golven opgestuwd worden: de windrichting en -sterkte, de rijzing of daling, en of het springtij is. Als je naar de Shetlandeilanden zeilt, kun je deze *tidal race* vermijden door oostelijk te blijven. Rond je de eilanden? Dicht bij Sumburgh Head is de veiligste passage. Bereid je dus goed voor.



OVER HET WANTIJ

Stel: je wilt van Terschelling naar Ameland. Vanaf 15.00 uur staat er genoeg water op het wantij van Oosterom. Reken vervolgens terug om je vertrektijd te bepalen: naar Oosterom is het ongeveer 9 mijl, en je hebt 1 knoop stroom in de rug. Als je over de grond 6 knopen denkt te zullen varen, moet je dus niet eerder dan 12.30 uur uit Ameland vertrekken.

NAAR EEN HOOGWATERHAVEN IN ENGELAND

De getijgolf loopt langs de Engelse kust van noord naar zuid: in Lowestoft is het een uur eerder hoogwater dan in Dover. Aan de Engelse oostkust is het daarom lastig om naar een hoogwaterhaven te varen ten noorden van je, omdat je tegen de stroom in moet varen om daar op tijd te zijn.

Nadat de golf langs de Engelse oostkust is gereisd en bij ons komt, vertraagt hij flink door de relatieve ondiepte van de zuidelijke Noordzee – op het kaartje hiervoor zie je dan ook dat de cotidale lijnen (dus de lijnen van gelijk getij) bij ons voor de kust dichter bij elkaar liggen dan verder noordwaarts. Verder zie je dat de hoogtes van het getij in zuidelijk Nederland groter zijn dan voor de kust van IJmuiden, dat immers dicht bij het amfidromische punt aldaar ligt. Richting de grens met Duitsland worden de getijdenverschillen weer groter.

Verstoringsen

Vlak voor onze kust gedraagt het getij zich netjes als een golf, reizend van zuid naar noord, maar er gebeurt wel wat gek. Bij een onverstoord getij vindt de kentering immers precies tussen hoog- en laagwater plaats. In Hoek van Holland is de kentering echter later, namelijk twee uur voor hoogwater. Het model van de golf (zoals hiervoor geïllustreerd) is redelijk toe te passen op de open oceaan, waar de getijgolf zich ongehinderd kan voortbewegen. Maar verstoringen zoals ondieptes en riviermondingen beïnvloeden dit systeem. In Dover, waar het getij wordt beïnvloed door het Nauw van Calais, kentert de getijstroom dan ook juist rond hoogwater.

Oceanografen proberen verklaringen te vinden voor dit soort fenomenen. Wiskundige Tjebbe Hepkema, die promoveerde op onderzoek naar het getij en het ontstaan van zandbanken, weet hoe complex het kan zijn: “Er zijn genoeg fenomenen die vanuit mijn vakgebied nog niet precies verklaard kunnen worden. Neem de afwijkende getijdengrafiek van Den Helder: bij springtij komt daar ineens een extra hobbeltje bij, alsof er kort achter elkaar twee hoogwaters zijn!”

Hoe het ook precies werkt, zeker is dat menselijk ingrijpen het getij kan beïnvloeden. Na de aanleg van de Tweede Maasvlakte konden we dit in de praktijk zien gebeuren: het verval in Vlissingen werd zo’n 20 centimeter groter dan daarvoor. Een ander voorbeeld is de afsluiting van de Zuiderzee. Hoewel de Afsluitdijk er al bijna 90 jaar ligt, is het Waddengebied nog steeds aan het ‘wennen’ aan de nieuwe situatie.

Droogvallen

Het Duitse en Nederlandse deel van de Waddenzee is Unesco-werelderfgoed vanwege de grote ecologische waarde als kraamkamer en pleisterplaats voor vele diersoorten. Ook voor zeilers is het een bijzondere plek: het wantij zoals we dat op het Wad kennen, is uniek in de wereld.

Dit wantij ligt op de plek waar de vloedstromen elkaar ontmoeten. Omdat de getijgolf van west naar oost langs de eilanden rolt, heeft het water aan de westelijke kant een voorsprong. Het wantij ligt daarom oostelijker dan het midden van het eiland. Op deze plekken is wel rijzing en daling, maar bijna geen getijstroom, waardoor ook het fijnste slib kan bezinken. Het resultaat: een strook droogvallende zeebodem tussen het eiland en het vasteland.

Extreme getijden

Aan de Engelse oostkust zijn de getijdenverschillen een stuk groter dan bij ons. Daar komt bij dat sommige Engelse rivieren uitmonden in een trechtervormig estuarium, zoals de monding van de Theems. Zo’n trechter kan voor nog grotere getijdenverschillen zorgen dan er al voor de kust zijn. Als je de rivier op wilt varen, moet je dus daar goed rekening mee houden. Vroeger gingen schepen die niet in één getij bij Londen konden komen, zelfs op de rivier voor anker om de vloed af te wachten.

Langs de Engelse kust zijn meerdere rivieren waar een zogenaamde *tidal bore* kan ontstaan bij springtij. Dat is een golf die stroomopwaarts rolt met het opkomende getij. Het hoogwater heeft minder last van bodemwrijving en kan het laagwater als het ware inhalen. Als er dan ook nog sprake is van een trechtervorm, die de energie concentreert, kan een brekende golf ontstaan. Een voorbeeld is de Trent Aegir, die via de Humberrivier bij Hull binnenkomt en daarna via de Trent tientallen kilometers stroomopwaarts kan rollen.

Maar het getij kan nog extremere fenomenen veroorzaken. Net ten noorden van de Noordzee, bij de Lofoten, zijn verschillende maalstromen te vinden. De sterkste, de Salstraumen vlak bij de stad Bodø, verbindt twee fjorden. Er kan tot wel 20 knopen stroming staan als het binnenkomende getij de Skjerstadfjord probeert te vullen. Iets naar het noordwesten, bij het zuidelijkste puntje van de Lofoten, zijn draaikolken te vinden met een diameter van wel 40 meter in de Moskstraumen. Het zijn zulke fenomenen die schrijvers als Jules Verne en Edgar Allan Poe inspireerden. In een verhaal over maalstromen schrijft laatstgenoemde:

“De mond van de enorme trechter, waarvan het binnenste, voor zover dat te zien was, werd gevormd door een gladde, zwarte watermuur, die met een helling van ongeveer 45 graden duizelingwekkend snel rondwentelde met gillende en brullende geluiden.”

De zee kan zowel fascineren als angst inboezemen. Hetzelfde geldt voor zeilen op getijdenwater. Het maakt de tocht ingewikkelder, soms spannender, maar vooral interessanter. 

LEESLIJST

Meer weten over dit fascinerende onderwerp? Dit waren, naast de experts, de bronnen bij dit artikel:

- *Kustnavigatie – Handboek voor instructie en praktijk*, Toni Rietveld, Adelbert van Groenningen en Janneke Bos. ISBN 9789064106583
- *Handboek Varen op de Waddenzee*, Marianne van der Linden. ISBN 9789064107528
- *Zeilen op getijdenwater – Theorie en praktijk van getijden-navigatie*, Wilfried Krusekopf. ISBN 9789064106514
- *Het getij – Wijsheid en wetenschap van eb en vloed*, Hugh Aldersey-Williams. ISBN 9789023435778