

# Heeft u al eens wad gelopen?

W. Kerkhofs

S.L.O. Enschede

## Summary

*Functions play an important role in the world around us. Usually the concept of a function is developed without much feeling for the real world. For this reason it doesn't seem to function very well within other disciplines like physics, economics and chemistry.*

*In the booklet – Wadlopen – developed by the Foundation for Curriculum Development the concept of a function is introduced within the context of walking and hiking in tidal zones. To know whether or not the water will rise or fall is a matter of life and death.*

*The article gives an impression of the experiments with this booklet for 13/14 year old children.*

## Inleiding

Bij de beschrijving van de wereld om ons heen spelen functies een belangrijke rol. Het is daarom niet zo verwonderlijk dat functies zo'n centrale plaats innemen in het huidige wiskundeprogramma. Verwonderlijk is wel dat in de meeste schoolboeken aan "beschrijven van de werkelijkheid" niet wordt toegekomen. Men ontwikkelt een begrip zonder veel realiteitswaarden, waardoor het later slecht functioneert binnen de vakken die juist de ons omringende wereld beschrijven zoals natuurkunde, economie, scheikunde e.a.

Kernvraag is: kun je, op verantwoorde wijze, bij leerlingen het functiebegrip ontwikkelen door uit te gaan van de verschijnselen in hun (belevings)wereld? Deze vraag speelt in heel wat discussies over het functiebegrip, binnen en buiten de sectie wiskunde van de SLO, een rol. Dit artikel geeft hoogstens een aanzet tot een antwoord erop. Enkele ervaringen met tweede klas LTS leerlingen uit Nijverdal, opgedaan tijdens de bespreking van het proefpakket "Loop 'ns wat", worden als uitgangspunt genomen. Het genoemde materiaal beoogt, binnen de reële context van het wadlopen, een eerste inleiding te geven op het grafische en numerieke (tabel) aspect van het functiebegrip.

## Wadlopen is "land"-loperij bij laagwater met als voornaamste tegenstander de klok

Deze iet of wat gekleurde omschrijving van het verschijnsel verbergt drie essentiële variabelen:

- de bodemhoogte (afhankelijk van de plaats)
- de waterstand (afhankelijk van de tijd)
- de tijd.

De functionele samenhang tussen deze drie variabe-

len vormt de centrale problematiek van het genoemde pakket.

Het bestuur van de wandelclub "Loop 'ns wat" krijgt van de leden opdracht een wadlooptocht van Noordpolderzijl naar Rottumerplaat voor te bereiden. Hoe gaan ze dat aanpakken?

## Vanaf zondag: Wadlopen slechts met vergunning

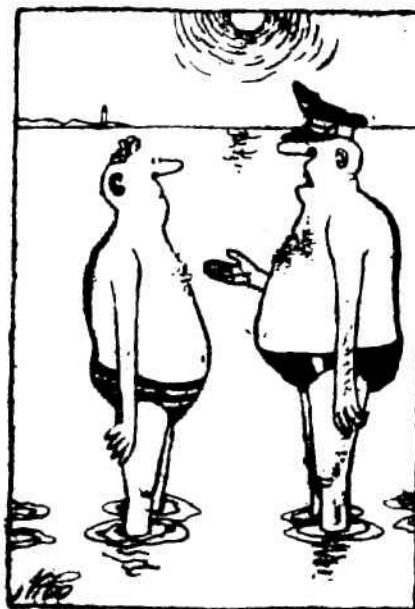


fig. 1

„ . . . Papieren . . . ”

Dat is ook de vraag die aan de leerlingen werd voorgelegd. Ze oriënteren zich eerst op allerlei zaken die het wadlopen betreffen zoals de georganiseerde wadlooptochten, de gevaren en de consequenties voor het milieu. Ook de nieuwe vergunningenregel komt ter sprake.

Bij het beantwoorden van de vraag naar *waterdiepte* op zekere plaats – voor wadlopers van groot belang – moeten bodemhoogte en waterstand met elkaar in verband worden gebracht.

Bijvoorbeeld:

Op een plaats op het wad is de bodemhoogte n.a.p.  $-1,5$  m. De waterstand is n.a.p.  $-0,5$  m. Het water is daar dus 1 m diep.

De waterstand is bovendien afhankelijk van de tijd, dit ten gevolge van het verschijnsel eb en vloed.

Bijvoorbeeld:

Ergens op het wad is de bodemhoogte n.a.p.  $-1$  m. Dit valt bij laag water droog, maar bij hoog water is het water hier ongeveer 2,5 m diep.

Het is duidelijk dat dus de waterdiepte afhankelijk is van de plaats op het wad (bodemhoogte) en de tijd (waterstand). Door de twee verbanden te combineren kunnen de leerlingen de periode voor een veilige overtocht bepalen.

### Waterstand en waterdiepte

Met vier LTS leerlingen, Ronnie, Gert Jan, Han en Eric, begin ik aan het pakket.

Na wat ontspannen gepraat over wadloopsport, wordt de leerlingen gevraagd wat er zoal nodig is om een wadlooproute te bepalen. Ze blijken geen enkel probleem met deze vraag te hebben. Kaarten, basketbalschoenen, korte broek, vuurpijlen, walkie talkie, noemen ze vlot.

Daarna bekijken we de kaarten nauwkeuriger. Met name de kaart van de waddenzee. (Zeil- en motor-

jachtkart nr. 1811 en 1812: waddenzee, ANWB). Zo'n zeekaart ziet er anders uit dan een stadsplattegrond.

Er staan o.a. cijfers op, die aangeven hoeveel meter de bodem op die plaats boven (onder) n.a.p. ligt. Voordat het idee van n.a.p., een afspraak met betrekking tot een standaardhoogte, verwerkt is, moet er nogal wat hardop gedacht worden.

Dan kan de eerste variabele, de bodemhoogte, bekeken worden.

De oorspronkelijke kaarten waren erg gecompliceerd, zodat we ze voor de leerlingen van, voor ons probleem overbodige informatie, ontteden. We maakten drie kaarten van hetzelfde gebied, die op verschillende tijdstippen de waterhoogten lieten zien.

De waterhoogte wordt zichtbaar in de drooggevallen stukken grond op de kaart. Voor alle duidelijkheid arbeerden we deze gebieden. De getallen op kaart 1. geven de bodemhoogten weer.

Het vergelijken van deze drie kaarten doet de tweede variabele in zicht komen: de waterstand.

Op een zekere plaats is de waterstand n.a.p.  $-2$  m. Het water stijgt 3 m. Wat is de nieuwe waterstand? De vraag naar de waterdiepte op een bepaalde plaats werkt verwarrend. De combinatie van bodemhoogte en waterstand – die hieraan ten grondslag ligt – stelt blijkbaar te hoge eisen aan de leerlingen. Als voorbeeld een stukje lesprotocol. (Als Ron over 4 m diepte praat, leest hij dit van de kaart; Wim is de schrijver van het stuk.)



fig. 2

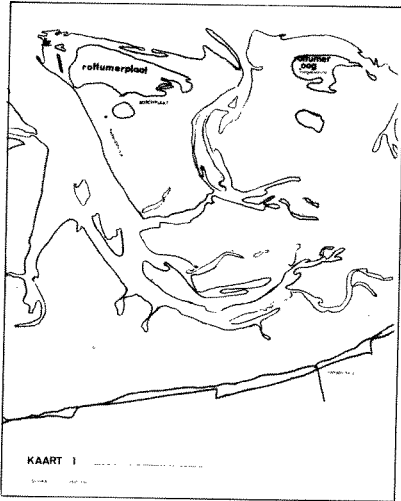


fig. 3a

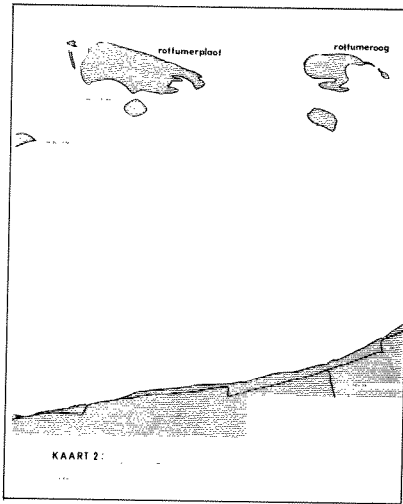


fig. 3b

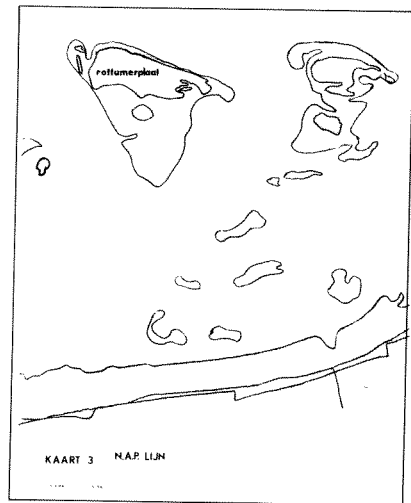


fig. 3c

- Wim** De voorzitter van de wandelclub doet een voorstel voor een route. Hij tekent een rechte lijn van Noordpolderzijl naar Rottumerplaat. Kunnen we nu samen uitmaken of dit een goed voorstel is?
- Gert Jan** Nee, je moet altijd een stuk nemen wat altijd onder water zit.
- Ronnie** Het is zeker vier meter diep en daar wil jij gaan lopen?
- Gert Jan** Watertrappen!
- Wim** Ronnie zei dat het daar vier meter diep is, maar is dat wel waar?
- Gert Jan** Nee.
- Ronnie** Maar dat is toch gewoon  $-11$ ,  $-2\frac{1}{2}$ ,  $-3$ ,...  
maar als dat nou nooit onder water komt te staan, dan kan er toch ook geen min staan?  
Dat snap ik niet.
- Wim** Maar dat komt toch altijd onder water?
- Ronnie** Ja, maar als dat  $-4$  is dat betekent dat er geen water staat.
- Wim** Waarom niet?
- Ronnie** Ja, ha, min 4 houdt voor mij in dat er geen water staat.  
Kijk, als je nou plus 4 hebt, dan staat er weer wel water.  
Zo denk ik er dus over.
- Wim** Wat dan met de Mount Everest, die is meer dan 8000 m hoog.  
Daar staat dus een heleboel water?
- Ronnie** Nee, dat is boven eh wa..., dat is dan boven land!

Ronnie dacht bij  $-4$  aan waterstand, terwijl bodemhoogte (t.o.v. n.a.p.) bedoeld was. In feite moet hij hier de verschillende samenhangen vatten. Ik vatte zijn onbegrip op als een gevolg van een ontbrekende visualisering.

Vandaar het volgende intermezzo:

We spraken in de klas een standaard punt 0 NNP (Nieuw Nijverdals Peil) af. Ten opzichte van dit punt schatten we hoogten, binnen het lokaal en ook er buiten.

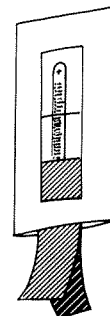
We verbeeldden ons dat het water opkwam: eerst  $-60$  cm NNP, nu  $-40$  cm NNP het stijgt nog hoger. 0 cm NNP. Help, het water staat ons aan de lippen!

Dit gaf ons een aanleiding om tal van punten op het lichaam van NNP maat te voorzien: "Als ik tot mijn kruis in het water sta, dan is de waterstand  $-50$  cm NNP."

Het intermezzo werkte erg verhelderend voor de leerlingen. Later keerden we in discussies over waterdiepten, nog vaak naar dit moment terug.

Na het werk met de leerlingen, en een overdenking van de gerezen moeilijkheden, kwamen we ertoe nog enkele visuele hulpmiddelen te ontwerpen. De eerste visualisering wordt als het ware direct gegeven door "de peilschaal", die in concreto in kanalen en dergelijke te vinden zijn. De volgende opdrachten stellen leerlingen in staat er kennis van te nemen.

Een fraai model, dat de leerlingen zelf kunnen maken, is de "diepte meter". Een verschuifbare blauwe strook geeft de waterstand, een gele de bodemhoogte, aan. De gele is ondoorzichtig (door de bodem kun je niet kijken), de blauwe is wel doorzichtig.



dieptemeter

Dit hulpmiddel lijkt voordelen te bieden. Het laat het variabele karakter van de bodemhoogte en de waterstand en tegelijkertijd het invariante karakter van N.A.P. duidelijk zien.

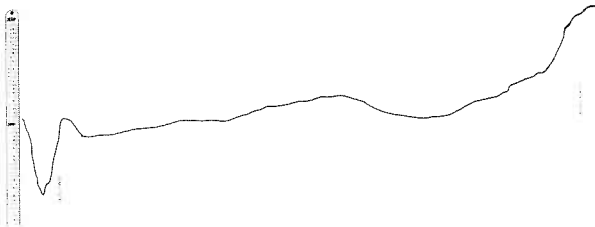
Als er moeilijkheden zijn met het rekenen met negatieve getallen, kan de leerling eenvoudigweg door "verder tellen" de waterdiepte bepalen.

## Eb en vloed

Het nu gewone beeld is nog te veel aan een bepaalde plaats (op het wad, of op de kaart) gebonden. Om de gestelde opdracht – zet een goede wandelroute uit – uit te voeren, moeten de leerlingen inzien dat nu ook het tijdstip (bij een bepaalde plaats) en het tijdverloop (gedurende de tocht) een rol gaat spelen. Met andere woorden: de variabele tijd dient nu mede in beschouwing te worden genomen.

In het pakket staat deze opdracht:

Het profiel stelt de doorsnede van een stuk wad voor dat tijdens de tocht moet worden gelopen.



De laatste vraag werd gesteld omdat we verwachtten dat de leerlingen dit profiel, op schaal notabene!, verkeerd zouden interpreteren.

De verwachte moeilijkheden traden echter niet op. De leerlingen bleken dergelijke doorsneden uit de aardrijkskundeles te kennen. Ook de vreemde verhoudingen – "het lijkt wel bergbeklimmen" – werden snel verklaard: "het is een schaaltekening".

Door nu een aantal van dergelijke doorsneden achter elkaar te zetten met telkens opeenvolgende waterstanden en tijdstippen ontstaat een soort stripverhaal over het verschijnsel eb en vloed.



fig. 7a

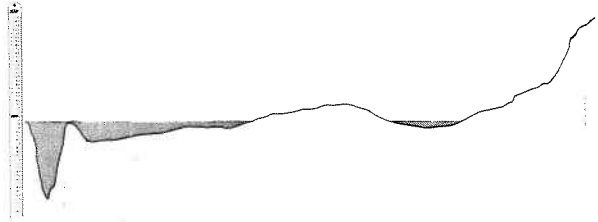


fig. 7b

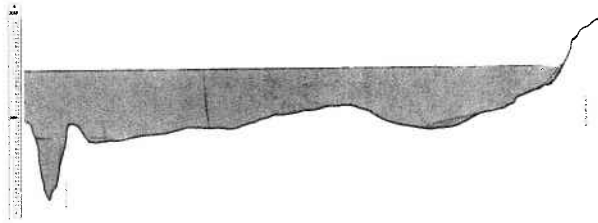


fig. 7c

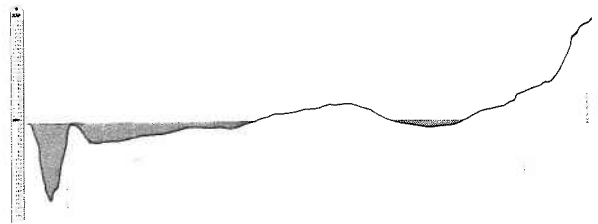


fig. 7d

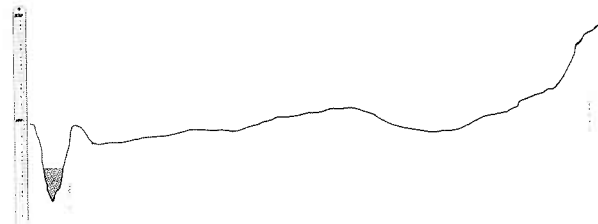


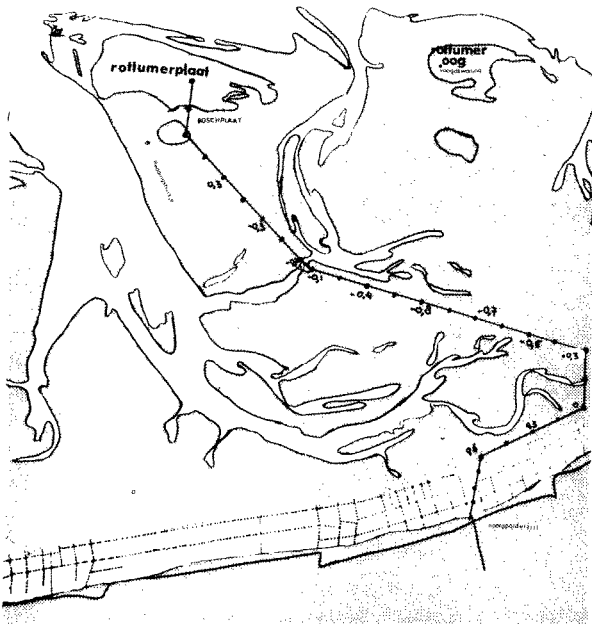
fig. 7e

Over dit verschijnsel bleken in het gesprek nogal wat misverstanden te bestaan. Eb is laagwater, vloed hoogwater, zo dacht men. En: elke dag is het één keer eb en één keer vloed.

Na deze oriënterende activiteiten kwam de vraag, of er wel genoeg tijd is om van Noordpolderzijl op Rottumerplaat te komen, niet meer uit de lucht vallen. Bij het bepalen van de wadlooproute had je rekening te houden met de weg over het wad, en wel in nauw verband met de tijd die je nodig hebt om deze af te leggen.

Dit waren de leerlingen zich nu in elk geval bewust. Dan tekenden de leerlingen een mogelijke route op de kaart. Zelfs Han, de kleinste uit de groep, kon deze route lopen bij laagwater, zonder dat zijn kruis nat werd.

Men ontdekte een kritieke plaats in de route: het Boschwad. Daar is de bodem op z'n laagst, dus moet men dáár zijn als het water op zijn laagst staat. De tijd nodig om bij dit kritieke punt te komen, werd berekend met (gegeven) gemiddelde snelheden op het wad.



KAART 1 Laagwater laagwaterlijn n.d.p. -1,7 m  
Route W.C., loop 'ns wot'

fig. 8

Door de kwelder is op de kaart .... cm.  
Dat is ... m.  
Over het wad naar Boschwad is op de kaart .... cm.  
Dat is ... m.  
Door de kwelder loop ik .... km/u.  
Dus loop ik .... min door de kwelder.  
Over het wad loop ik .... km/u.  
Dus loop ik .... min over het wad tot Boschplaat.  
Ik moet nu .... min voor laagwater vertrekken.

**hoogwater te rotterdam**

dat.	jan	febr	mrt.	april	mei	juni	juli	aug.	sept.	okt	nov	dec.
1	3.11	4.12	3.50	4.34	4.38	5.12	5.31	6.47	8.03	9.43	10.83	11.22
2	15.25	16.24	16.01	16.77	17.01	17.51	18.09	19.22	20.21	21.02	23.23	23.46
3	3.54	4.47	4.28	5.08	5.09	5.48	6.18	7.33	9.05	10.01	12.08	12.22
4	18.05	18.55	18.34	17.25	17.39	18.28	18.51	20.05	21.29	22.25	—	—
5	4.28	5.21	5.03	5.38	5.39	6.30	6.59	8.27	10.23	11.24	13.06	0.43
6	18.39	17.27	17.10	16.00	16.13	19.04	19.37	20.55	22.46	23.51	13.09	13.19
7	5.05	5.54	5.33	6.10	6.13	7.15	7.51	9.28	11.48	12.43	13.00	1.36
8	17.14	16.01	17.44	16.30	16.48	19.50	20.30	22.02	—	—	13.57	14.06
9	5.49	6.26	6.56	7.39	7.48	8.06	8.52	10.43	12.08	13.04	15.12	2.23
10	17.48	16.36	16.14	19.00	19.19	20.46	21.31	23.16	25.09	26.04	14.35	14.45
11	6.27	7.02	6.31	7.02	7.22	9.08	10.01	12.02	1.21	2.01	2.48	3.05
12	18.30	19.10	18.45	19.30	20.00	21.54	22.37	—	14.14	14.36	16.11	16.17
13	7.09	7.40	7.05	7.38	8.13	10.21	11.12	0.34	2.20	2.39	3.16	3.40
14	19.11	19.46	19.14	20.11	20.57	23.07	23.49	13.20	15.04	15.12	16.40	15.47
15	8.75	8.16	7.33	8.30	9.23	11.34	12.23	1.41	3.05	3.14	3.49	4.09
16	19.52	20.30	19.48	21.10	22.13	—	—	—	14.25	15.43	15.41	16.12
17	6.27	6.59	6.04	6.44	10.43	0.17	0.57	2.34	3.43	3.50	4.38	4.37
18	20.35	21.24	20.36	22.30	23.36	12.43	13.33	15.17	16.18	16.13	18.46	16.54
19	9.05	9.52	8.50	11.10	12.05	1.19	1.59	3.17	4.21	4.29	5.18	5.14
20	21.24	22.34	21.40	23.69	—	13.47	14.33	15.56	16.50	16.44	17.19	17.33
21	8.48	11.00	10.04	12.31	0.96	2.12	2.49	3.58	4.58	5.00	5.41	6.00
22	22.20	23.52	23.03	—	13.18	14.44	15.27	16.34	17.22	17.18	17.55	18.16
23	10.48	12.19	11.38	1.20	1.57	3.01	3.31	4.35	5.25	5.32	6.14	5.45
24	23.30	—	—	13.45	14.17	15.35	16.15	17.13	17.53	17.50	18.32	18.57
25	11.54	1.12	0.34	2.22	2.42	3.48	4.14	5.18	5.57	6.07	7.04	7.24
26	—	13.39	13.10	14.43	15.03	16.23	16.57	17.54	18.22	18.23	19.13	19.43
27	0.43	2.21	1.56	3.06	3.22	4.28	4.58	5.49	6.32	6.41	7.52	8.12
28	13.05	14.48	14.22	15.30	15.48	17.10	17.39	18.30	18.47	18.53	19.56	20.36
29	1.53	3.12	2.55	3.53	4.03	5.09	5.32	6.25	7.09	7.17	8.38	8.17
30	14.08	15.30	15.10	16.11	16.32	17.58	18.18	19.00	19.15	19.29	20.55	21.46
31	2.49	3.53	3.38	4.38	4.41	5.51	6.14	7.03	7.43	7.58	9.38	10.33
1	15.00	16.04	15.47	16.52	17.20	18.40	18.58	18.28	19.49	20.18	22.04	23.02
2	3.29	4.33	4.17	5.13	5.23	6.34	6.58	7.38	8.24	8.27	10.56	11.49
3	15.42	16.42	16.30	17.38	18.09	19.22	18.33	18.56	20.39	21.22	23.24	—
4	4.03	5.02	5.48	6.07	7.20	7.39	8.18	9.22	10.11	12.20	—	0.21
5	16.17	17.30	17.19	18.23	18.56	20.03	20.11	20.31	21.46	22.43	—	12.57
6	4.50	5.58	5.38	6.32	6.55	8.10	8.21	9.00	10.41	11.35	0.43	1.33
7	16.56	18.21	18.06	19.12	19.43	20.51	20.53	21.20	23.13	—	13.30	13.56
8	5.30	6.50	6.17	7.21	7.47	8.05	8.06	10.03	12.06	0.08	1.47	2.32
9	17.40	19.05	18.49	20.01	20.33	21.43	21.41	22.27	—	—	12.56	14.19
10	6.08	7.22	7.01	8.14	8.45	10.01	10.02	11.21	0.42	1.21	2.33	3.21
11	16.25	18.44	18.22	19.33	20.57	22.37	23.47	13.26	14.04	15.00	16.32	—
12	6.58	8.00	7.48	8.20	8.49	11.02	11.07	12.45	1.55	2.18	3.12	4.04
13	19.14	20.33	20.23	22.08	22.37	23.42	23.39	—	14.26	14.55	15.39	18.14
14	7.47	9.00	8.38	10.31	10.56	12.08	12.18	1.11	2.44	3.01	4.00	4.44
15	20.04	21.40	21.25	23.20	23.42	—	—	—	15.12	15.32	16.23	16.87
16	8.38	10.18	9.43	11.45	11.56	0.42	0.46	2.16	3.22	3.44	4.53	5.34
17	21.02	23.06	22.39	—	—	13.08	13.29	14.58	15.52	16.08	17.08	17.08
18	9.33	11.42	11.04	0.34	0.43	1.37	1.50	3.02	4.05	4.30	5.32	6.16
19	22.09	—	—	12.51	12.56	14.05	14.8	—	16.34	16.46	17.48	18.57
20	10.34	0.37	0.00	1.37	1.35	2.26	2.43	3.34	4.53	5.08	6.23	7.04
21	22.22	12.56	12.27	13.48	13.51	14.57	15.15	16.14	17.14	17.30	18.31	19.14
22	11.46	1.50	1.18	2.23	2.07	3.07	3.11	4.16	5.21	5.50	7.14	7.57
23	13.59	13.37	14.33	14.39	15.40	15.53	16.57	17.53	18.13	19.23	20.04	—
24	0.38	2.42	2.19	2.59	3.01	3.45	3.54	5.04	6.05	6.39	8.09	8.38
25	13.04	14.47	14.28	15.13	16.21	16.18	16.28	17.44	18.25	18.53	20.28	20.53
26	1.47	3.16	3.06	3.41	4.20	4.31	5.43	6.48	7.29	8.10	9.24	—
27	14.15	15.27	15.08	15.50	16.01	16.55	17.11	18.25	19.04	19.42	21.38	21.46
28	2.48	—	—	3.38	4.03	4.12	4.54	5.19	6.28	7.39	8.27	10.16
29	15.10	—	—	15.40	16.27	16.38	17.32	17.58	18.59	19.55	20.44	22.48
30	3.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.37	11.16
31	15.52	16.14	—	17.14	—	16.41	19.34	—	22.03	—	—	23.45

fig. 9 \*er is geen rekening gehouden met zomertijden.

**Tabel en grafiek**

Met behulp van de tijdlijn kan nu ook de spraakverwarring tussen eb en laagwater, vloed en hoogwater uit de wereld geholpen worden.

Hoogwater en laagwater geven een toestand aan op een bepaald tijdstip, terwijl eb en vloed een periode van verandering aangeven, gedurende een bepaald tijdverloop. Het ander misverstand: elke dag één keer vloed en één keer eb is nu ook zichtbaar aan de kaak gesteld.

De opdracht om te vertellen hoe de waterstand in de tijd verandert, leverde een leuke woordenwissling op. Met elke leerling lukte het om dit verschijnsel aan een ander duidelijk te maken. De vraag: "Kun je er een plaatje van tekenen?", kwam dan ook als een verlossing. Met: "Ja, en dan zullen we eens zien wie er gelijk heeft!", karakteriseerde een leerling de essentie van de grafiek.

Hiermee werd de zinvolheid van het grafisch verwerken door de leerlingen zelf onderstreept. De grafieken zagen er ongeveer aldus uit:

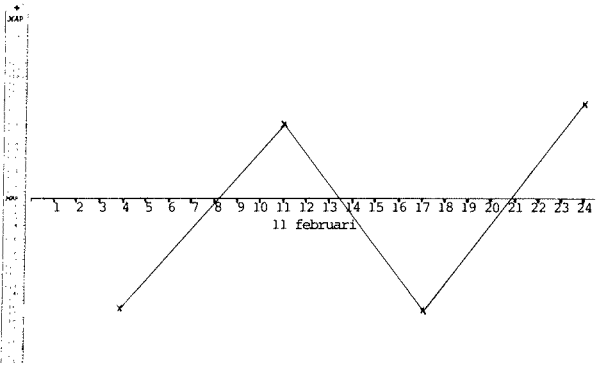


fig. 10

Nu mochten de leerlingen proberen het in beeld gebrachte verhaal nog eens in eigen woorden te vertellen. Het bleek dat ze het verband tussen waterstand en tijd wel doorhadden. Maar wat er rond hoogwater gebeurt konden ze niet onder woorden brengen. Wel waren ze ervan overtuigd dat het water gelijkmatig stijgt en daalt.



fig. 11

Om het verband tussen waterstand en tijd (waterstand als functie van de tijd!) preciezer te omschrijven, werd een visser ten toneel gevoerd. Hij zit naast een peilschaal te vissen.

Blijkbaar zit er niet veel vis, want om het half uur noteert hij de waterstand. Een enkele keer slaat hij dat over, als hij toevallig beet heeft. De leerlingen krijgen zijn notities over de waterstand in een tabel. Er wordt gevraagd deze grafisch te verwerken.

In het volgende gesprek werden de ontbrekende waterstanden geschat (geïnterpoleerd) en werd er gepraat over de lijngrafiek door de getekende punten. Ook vragen als: "Wanneer was het hoogwater en laagwater?" (extremen) en "Kun je zeggen wanneer het hoog- en laagwater was de volgende dag?" (extrapoleren) waren toegankelijk.

## Grafieken lezen

Bij de Rijkswaterstaat in Leeuwarden komen continu waterstanden binnen van peilstations die in havens aan de Waddenzee staan. Deze gegevens komen automatisch in een grafiek, doordat een schrijver elke twee minuten een stip op de juiste plaats zet. Zo'n grafiek leverde heel wat gesprekstof op. Ter illustratie een stukje uit het protocol.

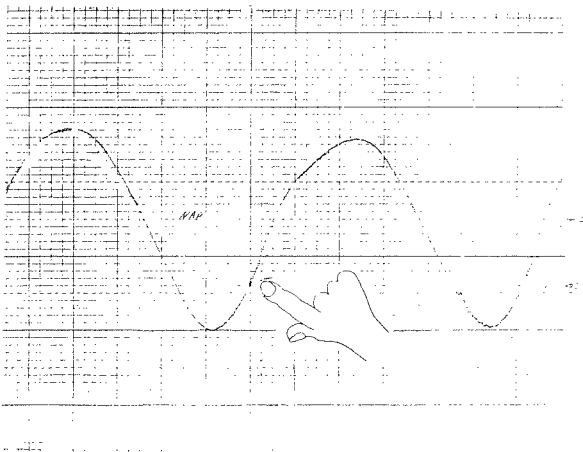


fig. 12

- Wim *Hoeveel stippen zet de schrijver in een half uur?*  
 Han/Ronnie *30, 15 nee veel meer.*  
 Gert Jan *Om de vijf minuten, 6 dus.*  
 Han *10.*  
 Wim *Waar heb je dat geteld?*  
 Gert Jan *Hier, hier kun je het het beste zien.*  
 Wim *Hoeveel zijn er dat?*  
 Han *14.*  
 Wim *Ja, 14. Het zouden er 15 moeten zijn maar de schrijver slaat er om de 60 min. één over.*  
*Om de 2 min. zet hij een stip.*  
*Hoe komt het nu dat de stippen hier zo ver uit elkaar en daar zo dicht bij elkaar zitten?*  
 Gert Jan *Hier gaan ze, zeg maar dit stuk, naar boven en opzij en hier gaan ze op een rechte lijn en dan komen ze dicht bij elkaar te staan.*  
 Wim *Kijk eens nauwkeurig naar het opzijaan.*

- Gert Jan *Dat is voor alle stippen hetzelfde!*  
 Wim *Ja en wat is dat....*  
 Gert Jan *De tijd.*  
 Han *Om de 2 min.*  
 Wim *Waar stijgt het water in 2 min tijd het snelst?*  
 Ronnie *Waar het het steilst is.*  
 Gert Jan *Waar de stippen het verst uit elkaar staan.*  
 Wim *Nu zeiden jullie dat het water altijd even hard steeg en daalde.*  
 Gert Jan *Ja in onze grafiek!*  
 Wim *Waar gaat het hier het snelst?*  
 Gert Jan *In het midden!*  
 Wim *Waar is het midden?*  
 Gert Jan *De steile stukken.*  
 Wim *Waar gaat het het langzaamst?*  
 Ronnie *De bolle stukken, boven.*  
 Gert Jan *En onder.*  
 Wim *Leuk hè, dat je in de grafiek kunt zien waar het water het hardst stijgt en daalt!*

Een verklaring voor de onregelmatigheid in de grafiek is het vertrek van de veerboot Lauwersoog - Terschelling. Deze mededeling sprak zeer tot de verbeelding van de leerlingen.



fig. 13

## Afwijkingen van de "standaard-grafiek"

1. De radio draagt een steentje bij.  
 Wat betekent dit voor onze grafiek?

Met goed inzicht verschoven de leerlingen de grafiek van de waterstanden omhoog en omlaag! Eerst de extremen, dan de nulpunten.

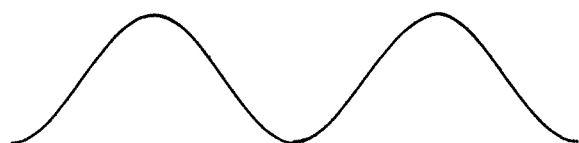


fig. 14

2. Maak deze grafiek af als er plotseling wind komt opzetten vanuit zee.

## Eindelijk het wad op!

De vraag aan het bestuur kan nu eindelijk beantwoord worden, stapsgewijs.

- Op welke dag wil je wadlopen?
- Zoek op wanneer het hoogwater is op die dag. Maak een tijdlijn.

14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

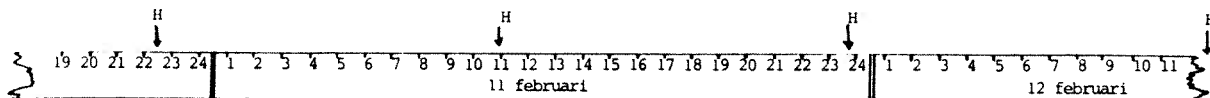


fig. 15

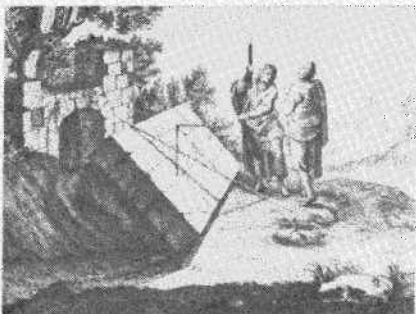
- Plaats deze tijdlijn nu zo onder de grafiek dat de tijd van hoog- en laagwater overeenkomt met de grafiek. Je hebt nu de verwachte (het kan waaien) kromme voor die dag.

Op het kritieke punt in de tocht moet het laagwater zijn. Wanneer kun je dan vertrekken?

Om eerlijk te zijn heb ik deze laatste fase met de leerlingen in een nogal rap tempo doorgewerkt. De vakantie stond voor de deur en dan kun je beter echt

gaan wadlopen! Met het gevoel dat de leerlingen echt ervan overtuigd waren dat ze het wadloopprobleem hadden opgelost, ben ik toen maar wat gaan lopen. In Frankrijk, in de Haute Provence.

## Schaduw en diepte



schaduw

en

diepte

*Waarom worden schaduwen 's avonds langer?  
Zijn lampeschaduwen en zonnenschaduwen wel hetzelfde?  
Waarom verandert de maan van vorm?  
Waarom lopen spoorrails in de verte naar elkaar toe?  
Hoe maak je een tekening met diepte?*

Eenvoudige vragen over alledaagse verschijnselen. Wie naar antwoorden zoekt krabbelt al gauw wat lijnen op papier, die de essentie van de verschijnselen moeten weergeven. Zo leiden zulke vragen tot meetkunde. Niet de formele meetkunde van axioma's, stellingen en "gegeven A, te bewijzen B". Niet direct tenminste. Wel tot meetkunde die zich in alles om ons heen verbergt en op ontdekking door onze nieuwsgierigheid wacht. Dat is precies waar het in "Schaduw en Diepte" om gaat.

Prijs leerlingenboek: f 6,50; Docentenboek f 8,00.

Bestellingen: Stichting IVIO, Postbus 37, 8200 AA Lelystad, tel. 03200-26514.