

Deze aflevering van de rubriek *Een leuke les* gaat over tijdsrekening: waarom geven de zonnewijzer en je smartphone niet dezelfde tijd aan? Over deze en andere vragen gaat deze les. Het ontwerp maakt deel uit van een omvangrijker pakket aan leerlingactiviteiten, dat **Hans van Lint** en **Jeanne Breeman** hebben ontworpen en onder de titel ‘Zonnige zaken’ hebben gepresenteerd op de Nationale Wiskundedagen 2013. Het volledige materiaal vindt u op de website van de NWD¹.

Een leuke les: hoe laat is het?

Soms, als je een zonnewijzer ziet hangen, ben je blij met je goedlopende horloge. Een zonnewijzer lijkt nooit precies de goede tijd aan te wijzen. Is dat ook zo?

Ooit had iedere plaats op aarde zijn eigen tijd. Als de zon op zijn hoogste punt was en door de meridiaan ging, was dat het middaguur, 12.00 uur dus. De tijd die op die manier door de zon wordt bepaald heet Ware Lokale Zonnetijd (WLZ).

1. In 24 uur draait de aarde 360° , dus 1 uur komt overeen met ... en 1° draaiing duurt ...

We laten in gedachten de aarde stilstaan en de zon eromheen draaien.

De snelheid van de zon ten opzichte van de aarde is gedurende het jaar niet constant; soms loopt de zon een beetje voor, soms een beetje achter. Middelbare Zonnetijd is de tijd die hoort bij een zon die met constante snelheid langs de hemelequator beweegt. Het verschil tussen Middelbare Zonnetijd en Ware Zonnetijd heet tijdsvereffening. (Pas op: soms wordt de tijdsvereffening als het omgekeerde gedefinieerd. Niet erg, maar je moet wel op het plus of minteken letten).

2. Noordwijkerhout heeft als coördinaten $52^\circ 15'$ NB en $4^\circ 30'$ OL. Hoeveel vroeger gaat de zon hier door de meridiaan dan in Greenwich?
3. Leg uit dat $MLZ = (MLZ \text{ van Greenwich}) + 4 \text{ minuten } \lambda$, waarbij $\lambda = \text{plaatselijke lengtegraad oost}$.
4. Gegeven: Vlissingen $51^\circ 26'$ NB en $3^\circ 35'$ OL en Winschoten $53^\circ 08'$ NB en $7^\circ 02'$ OL. Hoeveel tijdsverschil zit er tussen de hoogste stand van de zon in beide plaatsen?

Dat iedere plaats op aarde zijn eigen tijd heeft, is niet praktisch. Daarom is de aarde aan het eind van

de negentiende eeuw ruwweg verdeeld in 24 tijdzones van 15° breed. Daarbij is de meridiaan door Greenwich de nulmeridiaan geworden, dus dat is het nulpunt van de zonetelling en de zones worden oostwaarts geteld van 0 tot en met 23.

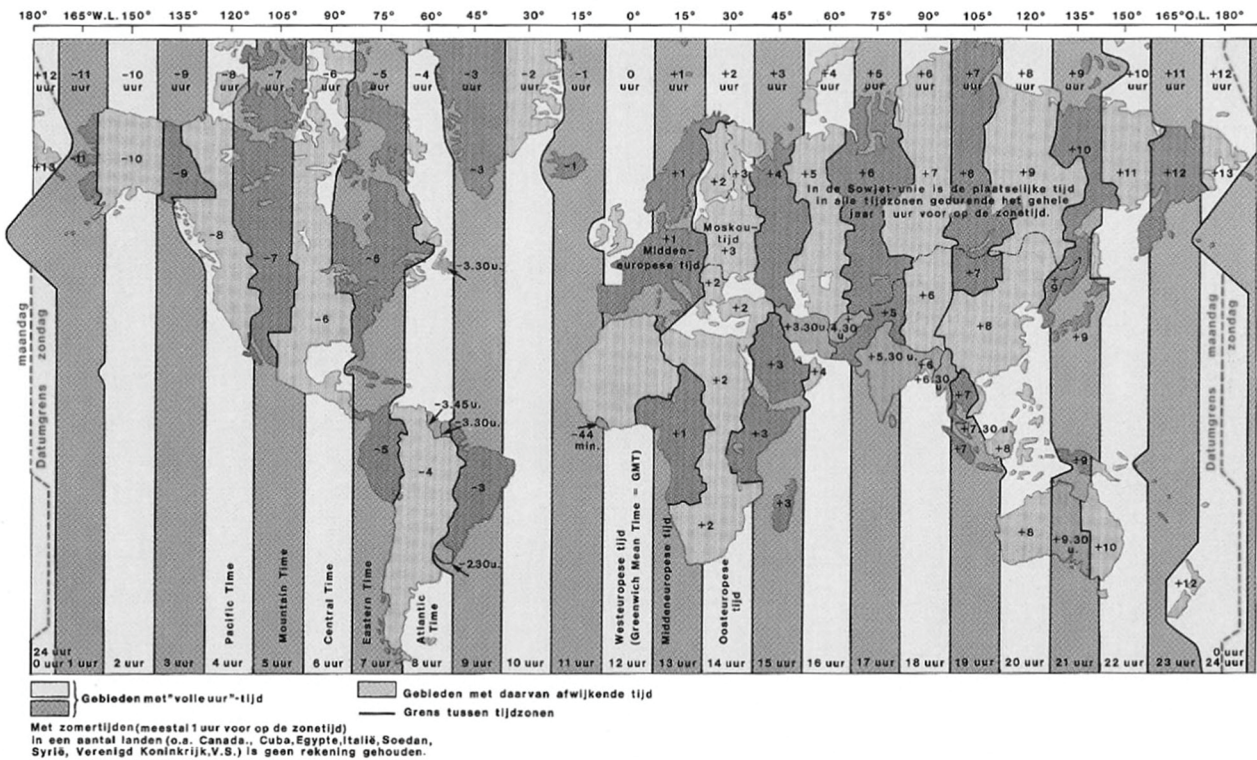
De Middelbare Zonnetijd van Greenwich is de basis voor de wereldtijd geworden, Greenwich Mean Time (GMT).

Het gebied waar het even laat is als in Greenwich loopt ongeveer van $7,5^\circ$ WL tot $7,5^\circ$ OL. Als je op de globe kijkt, kun je controleren dat Nederland in dat gebied ligt, maar wij houden ons aan de tijd van de volgende zone, die tijd heet Midden Europese Tijd (MET) of in het Engels Central European Time (CET). ‘s Zomers staat de klok nog een uur later en hebben we Midden Europese Zomer Tijd (MEZT), dat is dus de tijd die behoort bij 30° OL.

5. Zoek op de globe een plaats 90° oostelijk van Greenwich. Hoe laat, in GMT, gaat de zon daar door zijn hoogste punt? Idem voor 90° westelijk.
6. Beantwoord nu dezelfde vragen voor 180° oostelijk en 180° westelijk van Greenwich.
7. Wat is er aan de hand bij 180° OL? Was het handig om de meridiaan van Greenwich als 0-meridiaan te nemen?

Uitgaande van de tijdzone bij Greenwich liggen er twaalf tijdzones naar het oosten en elf tijdzones naar het westen. We komen dan bij twee tijdzones die naast elkaar liggen.

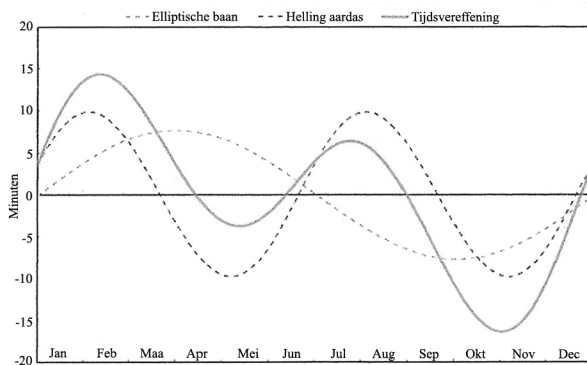
8. Maak een tabel met als eerste kolom de volgende tijden in Greenwich op een woensdag: 06.40, 09.50, 11.05 en 12.10. Zet vervolgens in de twee kolommen daarnaast de bijbehorende tijden in de twaalfde tijdzone naar het oosten en in de elfde tijdzone naar het westen. Wat valt hier op? Wat vind je van het gebruikelijke woord “datumlijn”?



9. Probeer op de bijlage de verschillende tijdsystemen en hun verbanden nog eens te begrijpen. Welke van deze tijden staat er op ons horloge? Welke tijd geeft een zonnewijzer aan?

Het verschil tussen de middelbare zonnetijd en de ware zonnetijd, de tijdsvereffening, varieert van 14 minuten (rond 11 februari) tot - 16,5 minuten (rond 3 november).

Hierna volgen een grafiek en een tabel van de tijdsvereffening. Overigens is deze niet ieder jaar precies hetzelfde. De exacte waarden staan in de Sterren-gids, die uitgegeven wordt door Stichting De Koepel. De variaties vallen in de praktijk weg in de afleesfouten op de zonnewijzer.



De tijdsvereffening - boven de as het aantal minuten dat de plaatselijke middelbare tijd voorloopt op de zonnewijzer (maximaal 14 minuten), en onder de as het aantal minuten dat hij achterloopt (maximaal 16,5 minuut). De bijdragen van de elliptische aardbaan en de helling van de aardas zijn afzonderlijk aangegeven.

De grafiek voor de tijdsvereffening is opgebouwd uit twee andere grafieken.

De baan van de aarde is een ellips in het ecliptica-vlak door de aarde en de zon. De zon staat in één van de brandpunten van de ellips. Het perihelium is het uiteinde van de lange as van de ellips die het dichtste bij de zon staat. Het andere uiteinde van de ellips heet het aphelium. In de noordelijke winter gaat de aarde door het perihelium.

De ene grafiek, hiernaast weergegeven, geeft de bijdrage aan de tijdsvereffening die het gevolg is van het feit dat de aarde in de buurt van het perihelium iets sneller rond de zon gaat dan in het aphelium. De aarde moet dus bij het perihelium veel meer dan een volle omwenteling maken voordat de zon weer in de meridiaan staat dan bij het aphelium.

De andere grafiek geeft de bijdrage die het gevolg is van het feit dat de ware zon langs de ecliptica beweegt en de middelbare zon langs de equator. We kunnen ook zeggen het gevolg van de scheve stand van de aardas tegenover het ecliptica vlak. Dat heeft tot gevolg dat de ware zon tussen maart en juni eerst iets achterloopt tegenover de ware zon en daarna eerst weer even voorloopt op de middelbare zon enzovoort. Als hij achterloopt is hij iets westelijker dan de middelbare zon. Dit is bijvoorbeeld te demonstreren door op een bol de equator en de ecliptica te tekenen met de polen die daarbij horen.

Je kunt nu een lint vanuit de pool behorende bij de equator 30° draaien vanaf de plaats van de zon op 21 maart (dat is het snijpunt van de equator en de ecliptica waar de zon naar het noordelijk halfrond gaat) en hetzelfde doen met een lint vanuit de pool behorende bij de ecliptica. Daarna hetzelfde met 40° , enzovoort.

We gaan nu proberen de tijd die een zonnwijzer aangeeft om te rekenen naar onze kloktijd. We zitten in Noordwijkerhout en het is 3 februari.

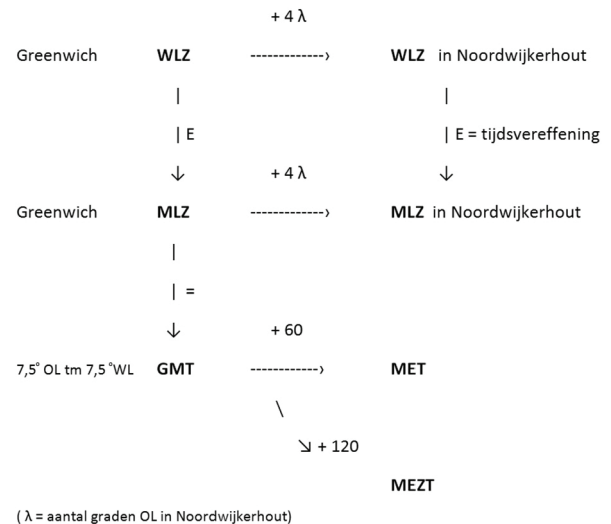
10. Stel dat hier een zonnwijzer staat die 16.00 aangeeft. Hoe laat is het dan volgens Middelbare Lokale Zonnetijd? Zie grafiek of tabel.
11. Reken deze tijd nu om naar MLZ in Greenwich, dus naar GMT.
12. En als laatste stap: hoe laat is het nu in MET?

*Hans van Lint,
Jeanne Breeman
vanlint-breeman@hetnet.nl*

G.M.T. Correction Factor (Equation of Time) in minutes (C.F.)

Date	C.F.	Date	C.F.	Date	C.F.	Date	C.F.
Jan 2	+ 4	Apr 1	+ 4	Aug 17	+ 4	Nov 11	-16
Jan 4	+ 5	Apr 5	+ 3	Aug 22	+ 3	Nov 17	-15
Jan 7	+ 6	Apr 8	+ 2	Aug 26	+ 2	Nov 22	-14
Jan 9	+ 7	Apr 12	+ 1	Aug 29	+ 1	Nov 25	-13
Jan 11	+ 8	Apr 15	0	Sep 1	0	Nov 29	-12
Jan 14	+ 9	Apr 20	- 1	Sep 5	- 1	Dec 1	-11
Jan 17	+10	Apr 25	- 2	Sep 8	- 2	Dec 4	-10
Jan 20	+11	May 2	- 3	Sep 11	- 3	Dec 6	- 9
Jan 24	+12	May 15	- 4	Sep 13	- 4	Dec 9	- 8
Jan 28	+13	May 28	- 3	Sep 16	- 3	Dec 11	- 7
Feb 3	+14	Jun 4	- 2	Sep 19	- 6	Dec 13	- 6
Feb 20	+14	Jun 10	- 1	Sep 22	- 7	Dec 15	- 5
Feb 27	+13	Jun 14	0	Sep 25	- 8	Dec 17	- 4
Mar 1	+12	Jun 20	+ 1	Sep 28	- 9	Dec 19	- 3
Mar 8	+11	Jun 24	+ 2	Oct 1	-10	Dec 21	- 2
Mar 12	+10	Jun 29	+ 3	Oct 4	-11	Dec 23	- 1
Mar 16	+ 9	Jul 4	+ 4	Oct 7	-12	Dec 25	0
Mar 19	+ 8	Jul 10	+ 5	Oct 11	-13	Dec 27	+ 1
Mar 23	+ 7	Jul 19	+ 6	Oct 15	-14	Dec 29	+ 2
Mar 26	+ 6	Aug 4	+ 6	Oct 20	-15	Dec 31	+ 3
Mar 29	+ 5	Aug 12	+ 5	Oct 27	-16		

Overzicht tijdsystemen



Antwoorden

1. 1 uur = 15° $1^\circ = 4$ min
2. $4^\circ 30' * 4$ min = $4,5 * 4$ min = 18 min
3. Volgens 1 gaat de zon bij iedere graad verder OL 4 min eerder op.
4. $7^\circ 02' - 3^\circ 35' = 3^\circ 27'$ Ong $3,5 * 4$ min = 14 min
5. 90° OL = Bangladesh $90 * 4$ min = 360 min = 6 uur eerder, dus om 6.00 GMT
 90° WL = New Orleans 6 uur later, dus om 18.00 GMT
6. $180 * 4$ min = 12 uur Fiji eilanden 0.00 u en 24.00 u GMT
7. Datumgrens. Ja, op 180° ligt weinig land
9. Horloge = MET of MEZT zonnwijzer = WLZ
10. Zonnwijzer 16.00 = WLZ Noordwijk 16.14 = MLZ
- 11 en 12. Greenwich 16u14 -18min = 15u56 GMT = 16.56 MET

Noot

[1] Voor de volledige versie van het materiaal zie http://www.fisme.science.uu.nl/nwd/nwd2013/handouts/LInt_Breeman.pdf