



*de* maat

*van alle dingen*

De zevenjarige zoektocht naar  
de universele meter

**KEN ALDER**

Anthos

Stel. U hebt een kast nodig.....

**78 x 31 x 171**

# De maat van alle dingen

- De ontwikkeling van de universele meter
- Uitvoering van (rijks)driehoeksmetingen
  - De OLV toren als nulpunt

*Giel van der Speld*

*Gilde Amersfoort*

# Mijn achtergronden bij dit onderwerp

- Torenbeklimming
- De meter is vanzelfsprekend! We staan daar niet bij stil
- Hoe is dit de standaard geworden?
- Verbazing
- Uit een andere wereld
- Anderen waren ons voor
- Vooruitgang
- Is soms wel een technisch verhaal
- Vragen ??

# Indeling voordracht

1. Wat was het probleem?
2. Oplossing. De bepaling en introductie van de universele meter.
3. Driehoeksmeting. De techniek en de uitvoering
4. Driehoeksmeting. Ontwikkelingen in Nederland
5. De veranderde rol/positie van de OLV toren daarbij
6. Het middelpunt van Nederland
7. Vastlegging van de meter
8. Vragen ???

# Wat was het probleem?

- Rond 1750 geen vaste afstandsmaat
- Een woud aan verschillende afstandsmaten. Per regio anders.
- Wel een relatie met de werkelijkheid. Organisch.  
De voet, de el, de duim
- Was lastig werken
- Gaf veel problemen voor de overheid/belastingen
- Wie had er belang bij?
- En in de handel..... je kon er flink mee sjoemelen .....
- Speelde in Nederland/Nederlanden maar ook in Frankrijk

<b>de El</b>	<b>cm</b>	<b>de Roede</b>	<b>meter</b>
Twentse el:	58,7	Hondsbosse en Rijpse roede:	3,42
Amsterdamse el:	68,8	Amsterdamse roede (= 13 voet):	3,68
Brabantse el:	69,2	Schouwse roede (= 12 voet):	3,72
Haagse of gewone el: *	69,4	Rijnlandse roede (= 12 voet): *	3,76
Brugse el:	70,1	Bossche roede (= 20 voet)	5,75



# Bepaling van de standaardmeter / aanloop

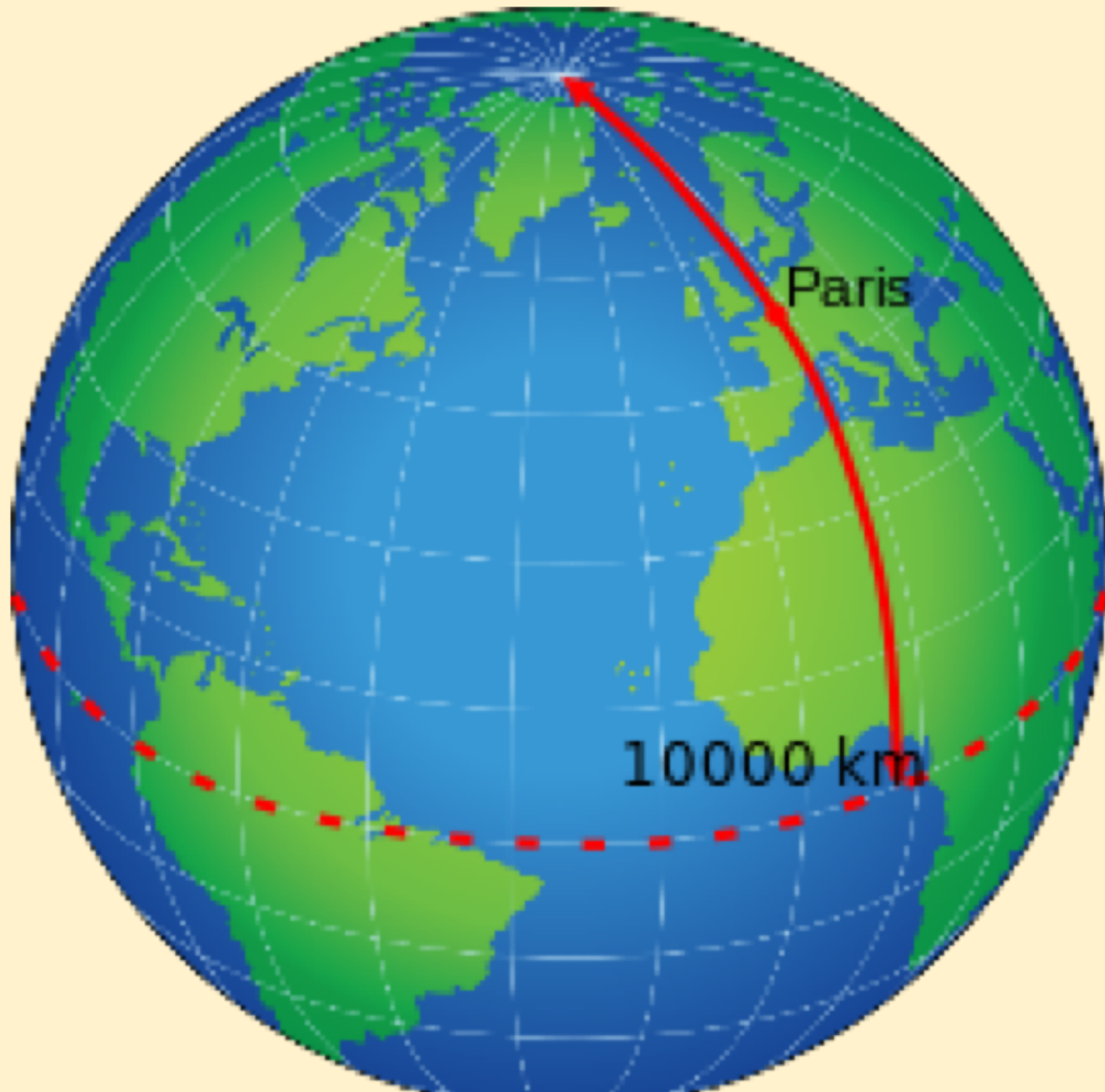
- Is een spannend verhaal. Een film. Ongekende prestatie
- Idee ontstaat rond 1792
- Men wil in Frankrijk een meetstandaard. De standaardmeter.
- ‘Voor alle tijden en voor alle volkeren’
- College van wijze mannen. ‘Savants’. Academie des Sciences.
- Borda/Condorcet/Laplace/Legendre/Lavoisier
- Aanvullende eisen vanuit politiek en wetenschap
- Wetenschappelijk, inzichtelijk
- Franse revolutie was ondersteunend en tegelijk een bedreiging

# Ondersteunende eisen tav standaard maten

- Lengte van de meter afleiden van de natuur,
  - Is daarmee universeel. Voor het draagvlak. Omtrek van de aarde
- Verschillende maten kunnen verbinden in één systeem;
  - Lengte, gewicht, inhoud moesten gelinkt kunnen worden
  - Voorbeeld: een liter is kubieke decimeter
- Decimaal stelsel
  - Onderverdeling op basis van het getal 10
- Voorvoegsels. Standaard aanduiding obv het Grieks.
  - Milli-/centi-/kilo-
- Wetenschappelijk, laat zien hoe het is gedaan, controleerbaar

# Bepaling van de standaardmeter / opzet project

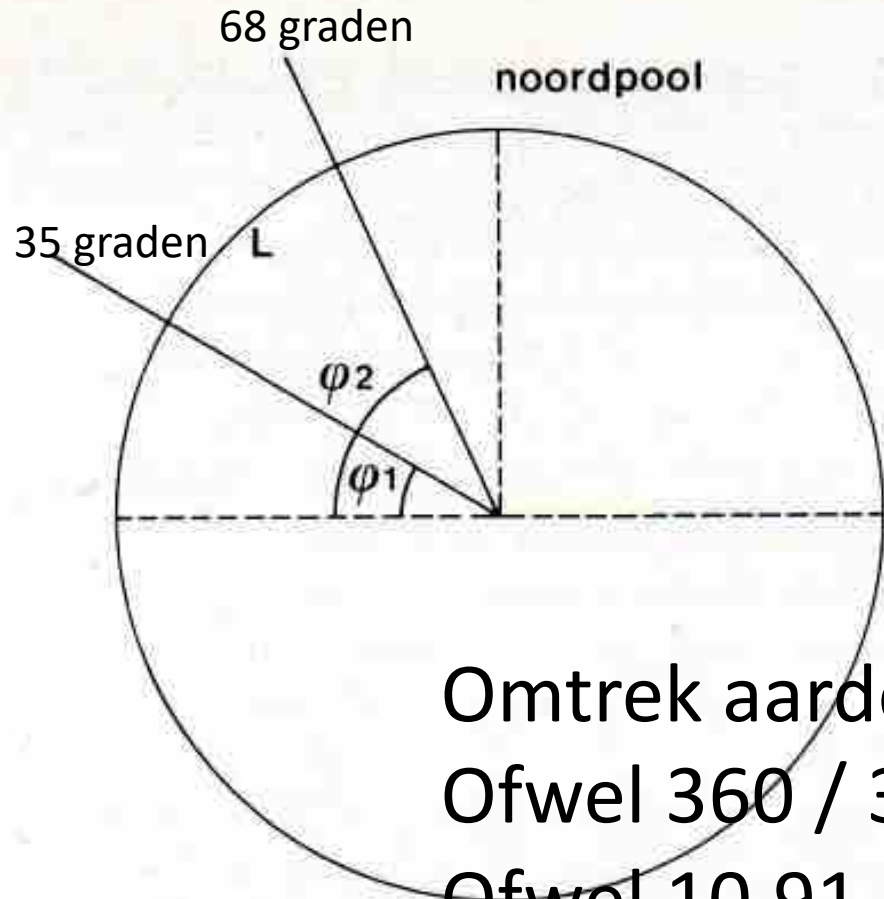
- Omtrek aarde was globaal bekend. Eratosthenes
- Meting o.b.v. steekproef door driehoeksmeting
- Enkele eisen; eindpunten op zeeniveau, gebied dat al eerder gemeten was
- Is meridiaan door Parijs. Noordpool tot evenaar.
- Duinkerken > < Barcelona
- Gefinancierd door de Assemblee
- Geschat op twee jaar



Noord/Zuid  
is lengte

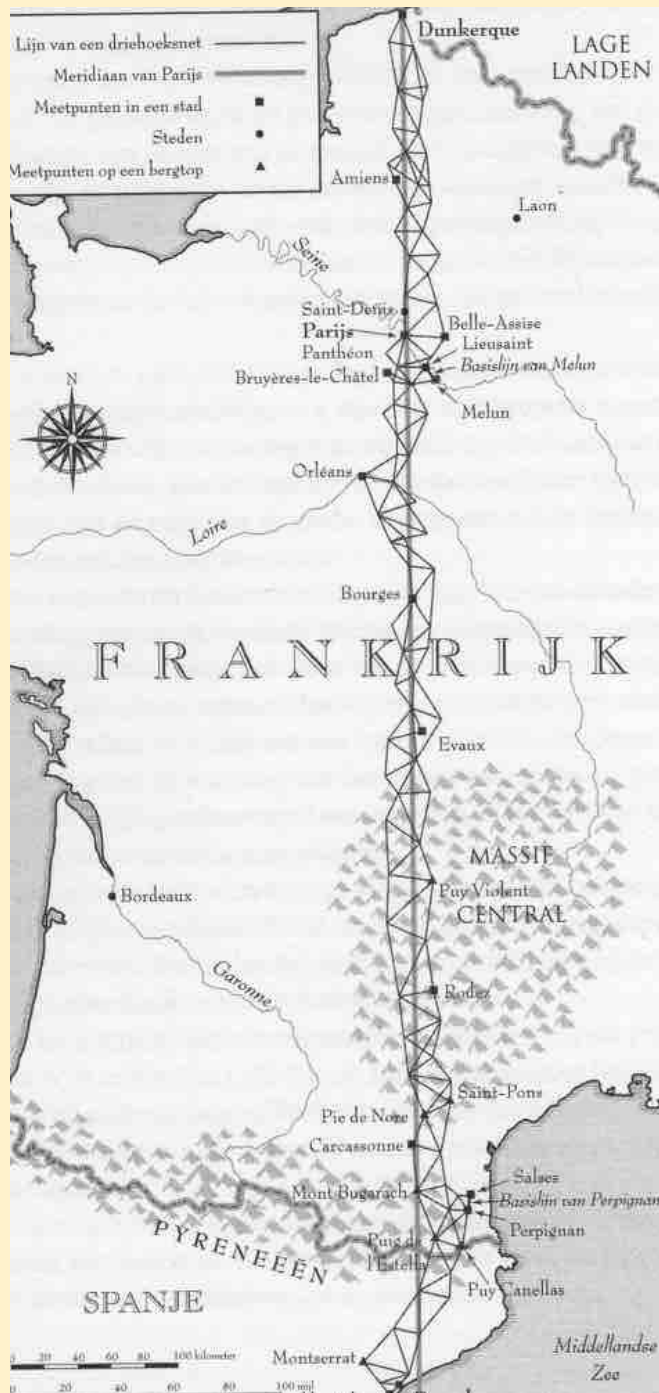
Oost/West is  
breedte

# Opzet steekproef in schema



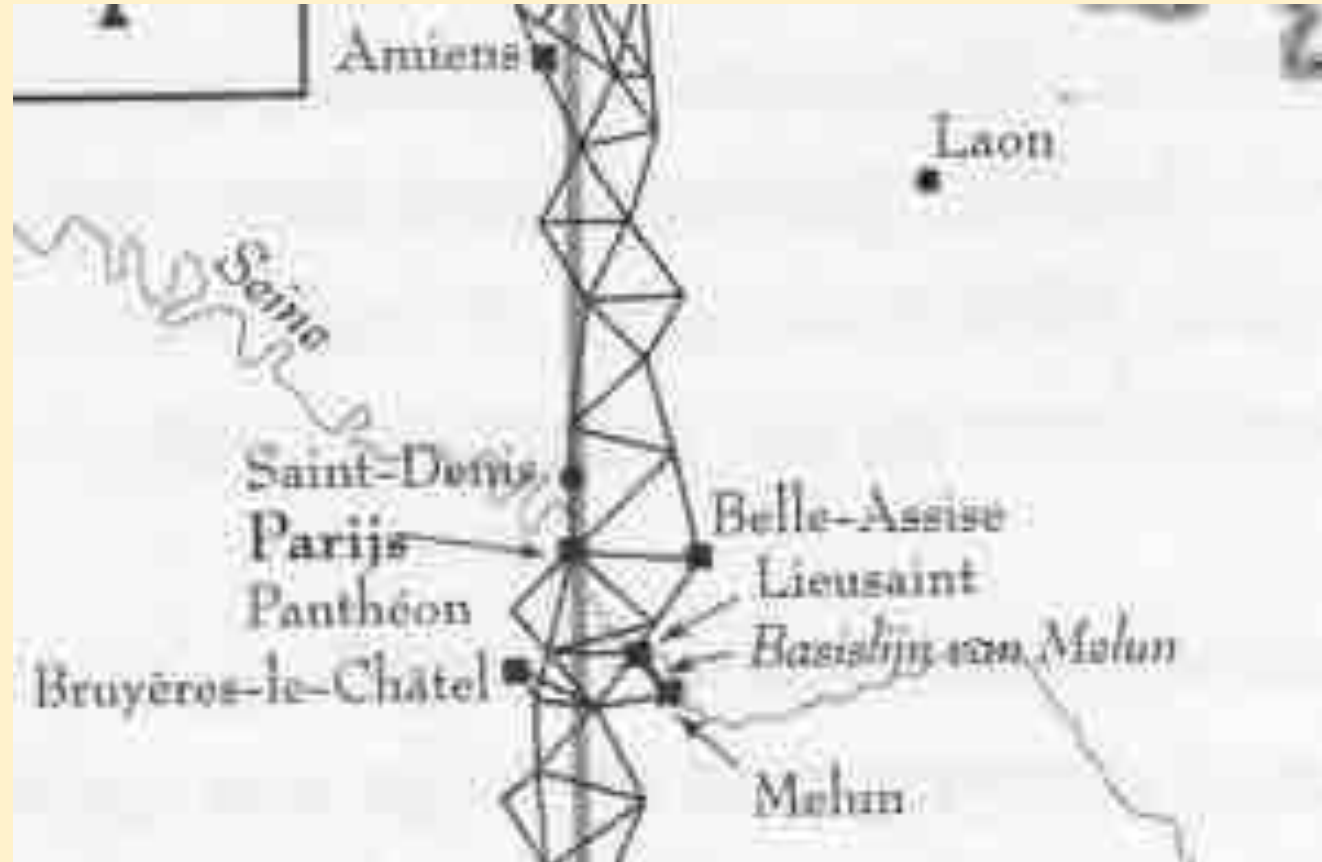
$$\text{omtrek} = \frac{360}{\varphi_2 - \varphi_1} \times L$$

Omtrek aarde =  $360 / (68 \text{ graden} - 35 \text{ graden}) \times \text{Lengte}$   
Ofwel  $360 / 33 \times \text{Lengte}$   
Ofwel  $10,91\dots \times \text{Lengte (L)}$



# Het meettraject

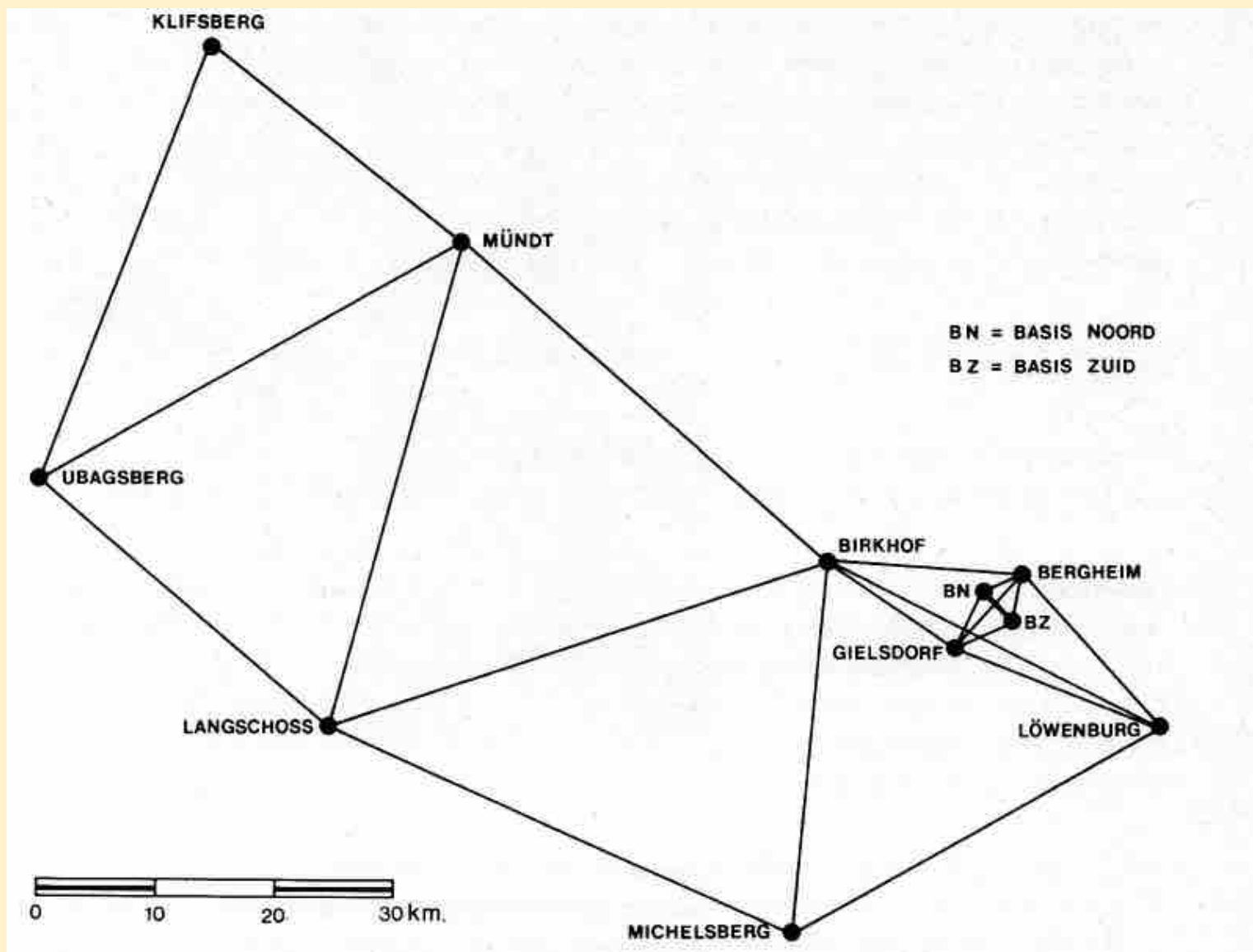
1074 kilometer



# Wat is driehoeksmeting? Het idee.

- Bepaal twee hoeken van een driehoek. Van 2 standplaatsen naar twee meetpunten. Niet de afstand maar de richting/positie van punten
- Dan weet je de derde hoek (som 180 graden). Dit bepaalt de *vorm* van een driehoek. Niet de *afmeting*.
- Zoveel driehoeken als nodig om het meetgebied te bestrijken
- Vervolgens de afmeting bepalen met basislijn. Bepaal de lengte van één zijde van een driehoek door die exact te meten. Op de grond.
- Dan weet je ook de maat ofwel de grootte van een driehoek en daarmee van alle driehoeken
- Door Snellius als eerste toegepast in 1617.

# Bepaling driehoeken en basislijn. Bypass





# Driehoeksmeting. De uitvoering

- Instrument: met een kijker of *theodoliet*
- Richt die achtereenvolgens op twee meetpunten in de verte
- Mik op een oplichtend punt. De reflectie van een *heliotroop*
- Lees zorgvuldig de graden af van de twee metingen
- Het verschil is de hoek die je wilt weten
- Doe vanaf elk punt meerdere metingen. Dus meerdere hoeken
- Géén contact tussen de twee meetpunten

CONFIDENTIAL  
Memorandum      Wash 25 June 1950

That it is the belief of the Committee  
that the investigation of the  
Communist Party of the United States  
(CPUSA).

It is believed that the CPUSA is  
engaged in a campaign of  
subversion and sabotage.

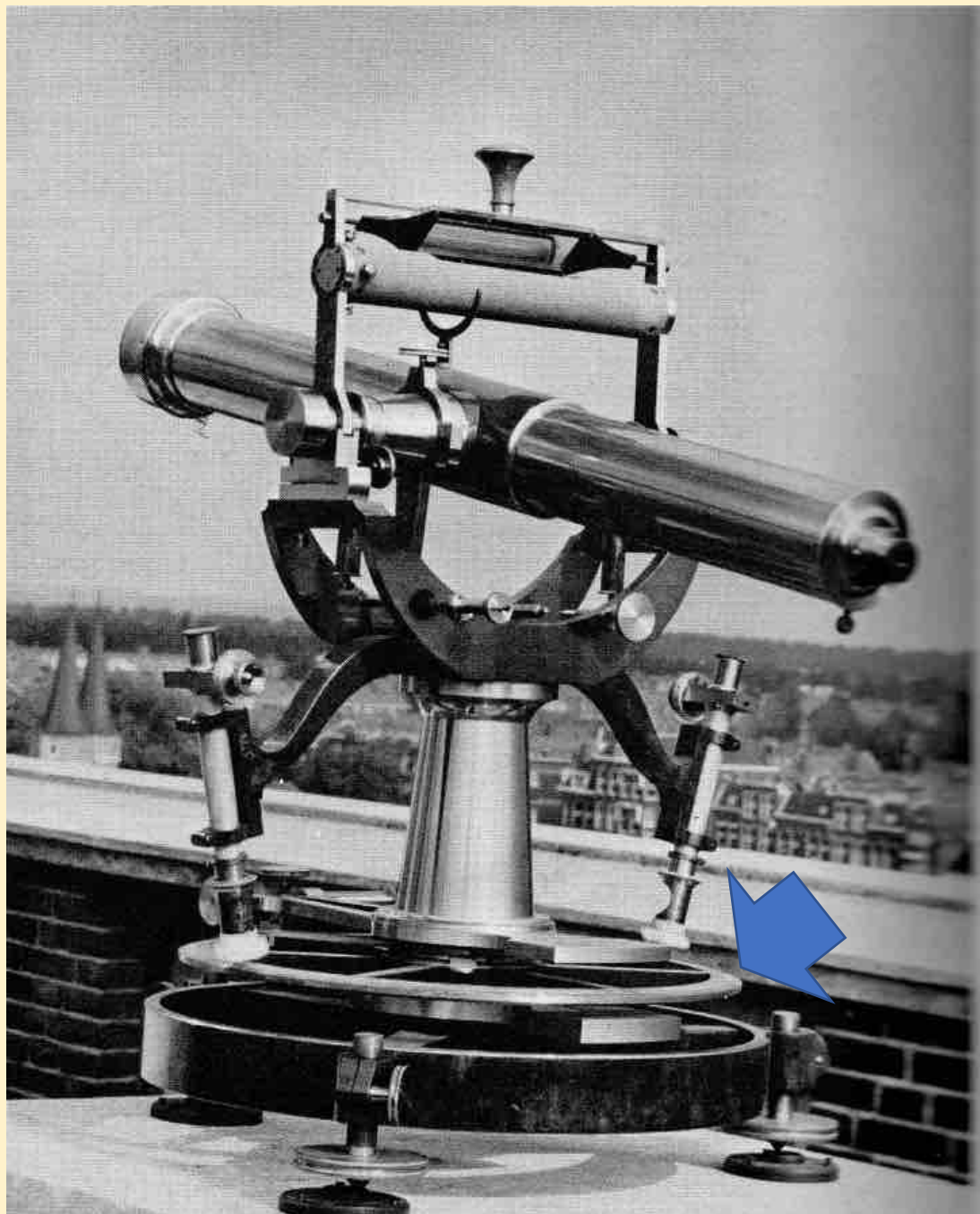
It is believed that the CPUSA is  
engaged in a campaign of  
subversion and sabotage.

It is believed that the CPUSA is  
engaged in a campaign of  
subversion and sabotage.

Very truly yours,  
A. M. ...  
L. ...

# Theodoliet

Let op de  
stenen voet  
en de  
gradenboog





# Theodoliet

# Repetitiecirkel

Twee kijkers die beide draaibaar zijn naar een meetpunt.

De eindstand geeft precies de te meten hoek aan.



# Heliotroop



# Een deel van het Nederlandse primaire net

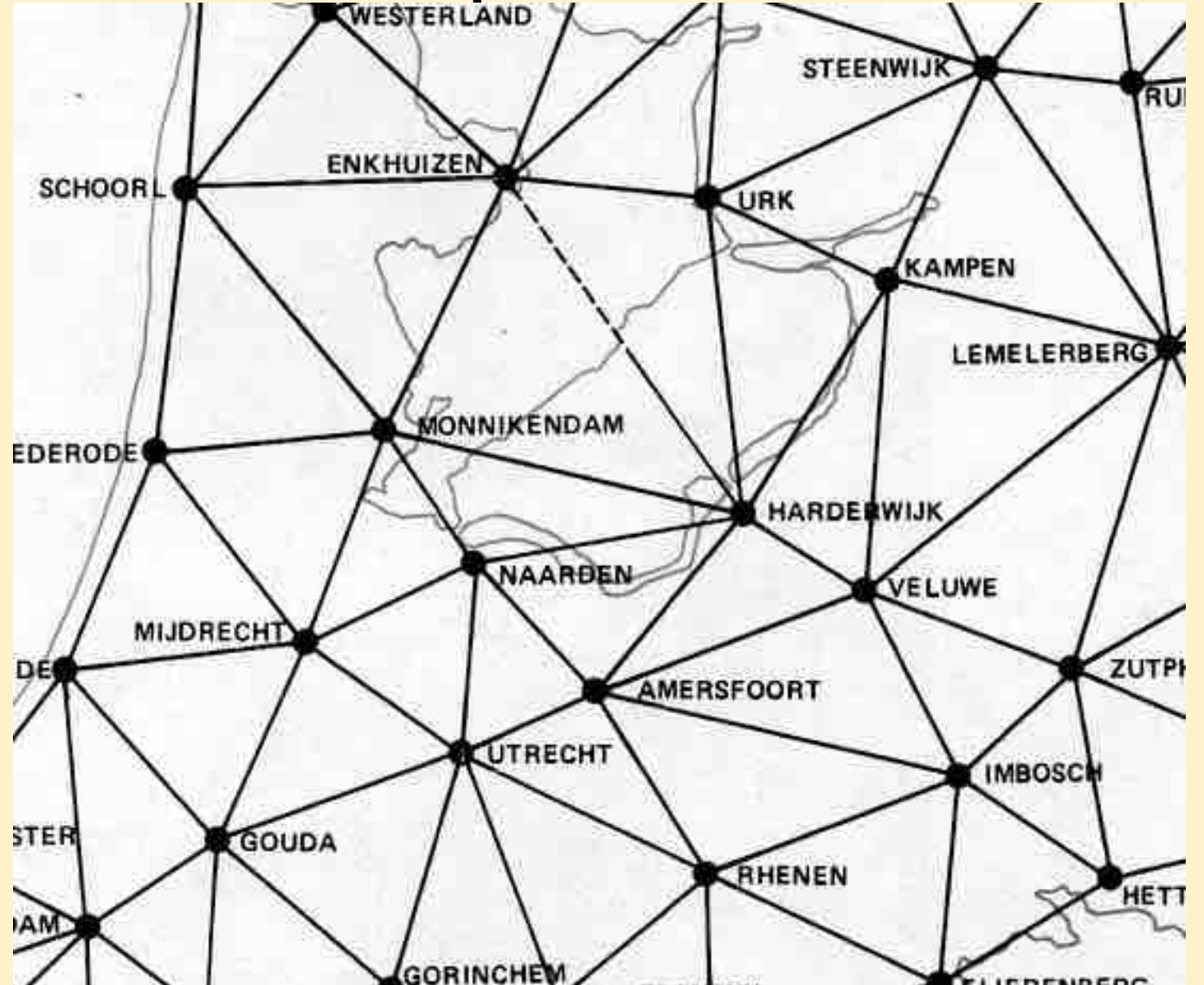
Vanuit Amersfoort;

Utrecht 20 km

Harderwijk 27 km

Naarden 22 km

Rhenen 25 km



**Hoe de meter een meter lang  
werd.....**



# Delambre / Méchain



# Bepaling van de standaardmeter / uitvoering

- Start in 1792
- Door wie? J.B.J. Delambre (noord) / P.F.A. Méchain (zuid). Astronomen
- Twee heel verschillende karakters. Gentleman / extreem onzeker
- Delambre bleef loyaal
- Hoekmetingen aan de hand van de repetitiecirkel (= Theodoliet)
- Meetpunt moet zichtbaar zijn. Spiegel (heliotroop) op toren, heuvel, hoog gebouw. Of zelf een toren bouwen.
- Berekeningen/correcties met de hand !!
- Basislijn Melun gemeten; 10 km in 41 dagen, met platina platen
- Ook in Perpignan gemeten

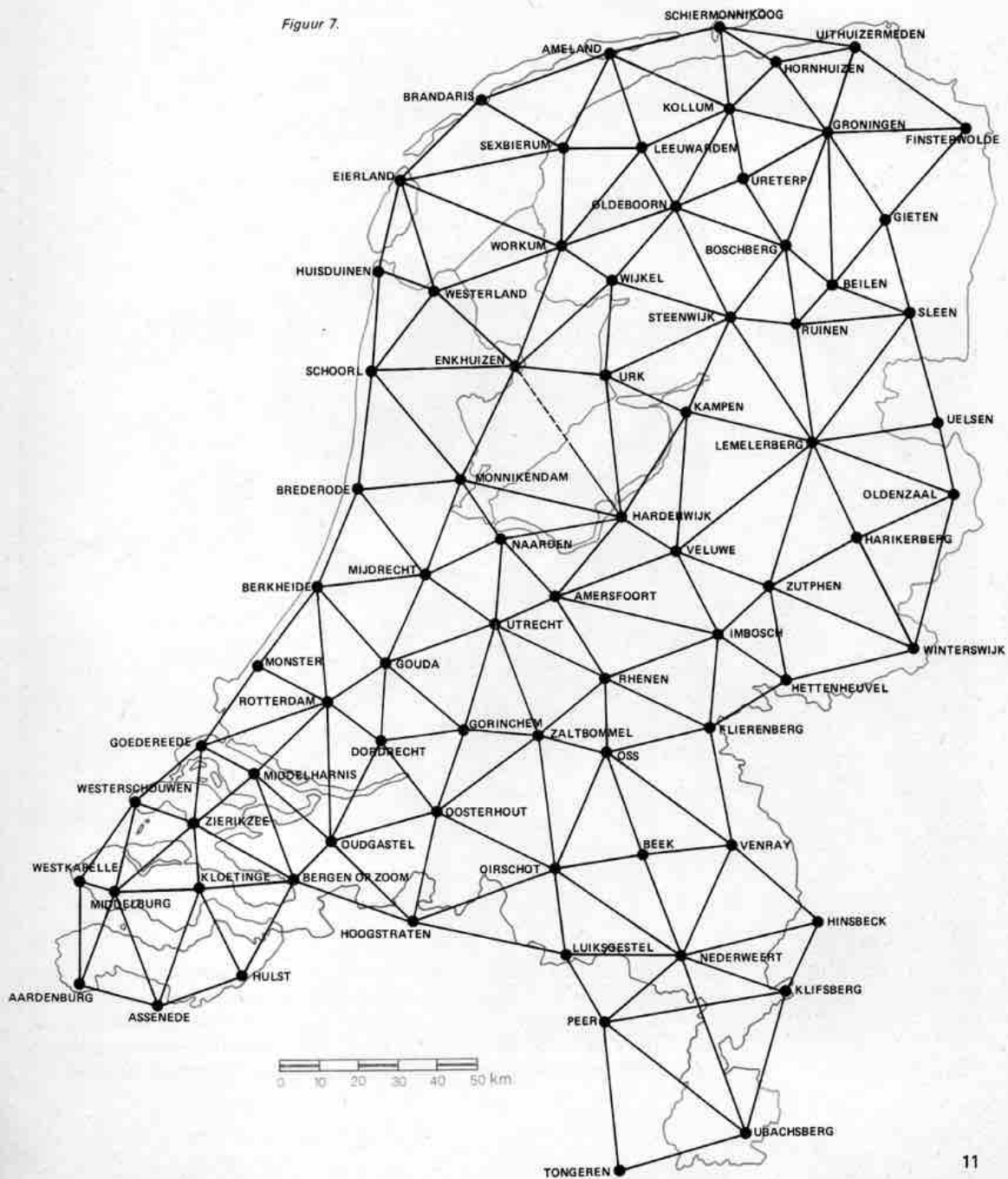
# Verstoringsen/bedreigingen project standaardmeter

- Franse revolutie: 1789-1799. Tijdgeest/achterdocht/democratie
- Delambres aangehouden en opgesloten. Spion?
- Oorlog met Spanje. Metingen Méchain in oorlogsgebied
- Zoeken/maken van meetpunten. Moesten vaak een nieuwe houten toren bouwen
- Geen budget meer
- De psyche van Méchain. Was erg onzeker en daardoor zeer precies. Depressies. Melancholie
- Meet- of rekenfout van Méchain. Fout in het bepalen van de positie van het eindpunt (via de hoogte van een ster).

# Bevindingen/vervolg

- 7 Jaar over gedaan
- Verrassing: de aarde is onregelmatig van vorm. Niet exact rond als een bal. Dus deze meting (deze meridiaan) niet echt universeel toepasbaar.
- Meter bleek 0,2 mm tekort. Omvang aarde is daardoor 40.008 Km.
- De standaard meter wereldwijd (bijna) geaccepteerd !!
- Nederland was snel met de invoering. 1820
- USA niet. Het momentum gemist. Zagen geen reden tot.....
- In Frankrijk weer snel afgeschaft (Napoleon)

Figuur 7.



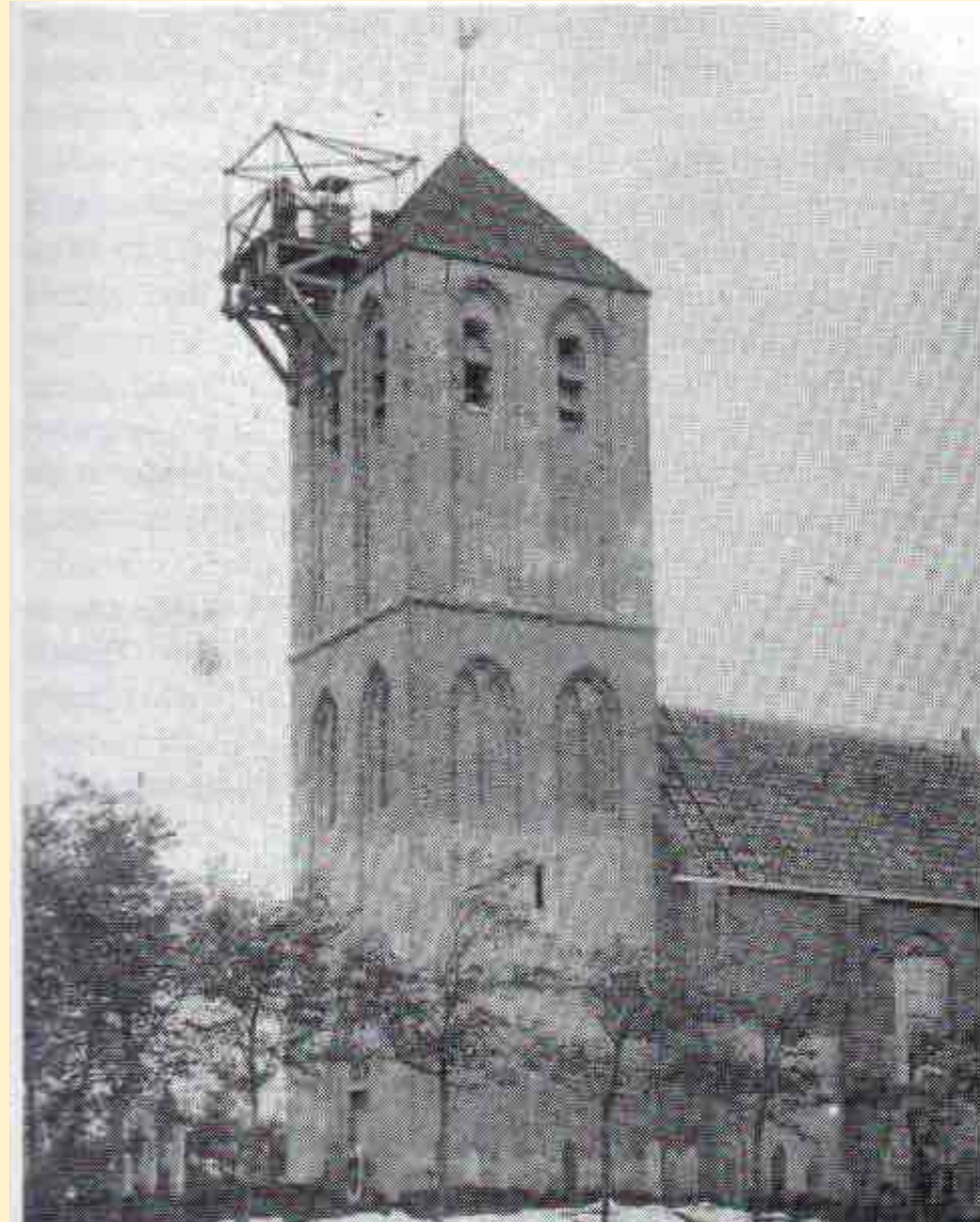
Het 1<sup>e</sup> orde net van de  
de  
1904  
meting  
77 meetpunten

# Driehoeksmetingen in Nederland

- Krayenhof: 1802 – 1811
- Stammkart: 1865 – 1879
  - Beide niet nauwkeurig genoeg
- Schols/Heuvelink: 1885 – 1904. Huidige net.
- Moest aansluiten op Europees net.
- Basislijn opgemeten bij Stroe als validering

# Meetopstelling

Theodoliet staat  
op een gemetselde  
pijler



*Fig. 2. Meetopstelling op het primaire punt Westerland.*

# Meetopstelling Ruinen





# Tijdelijke meettoren

De pijler is de steun voor de theodoliet.  
De vlonder voor de uitvoerders staat er los omheen

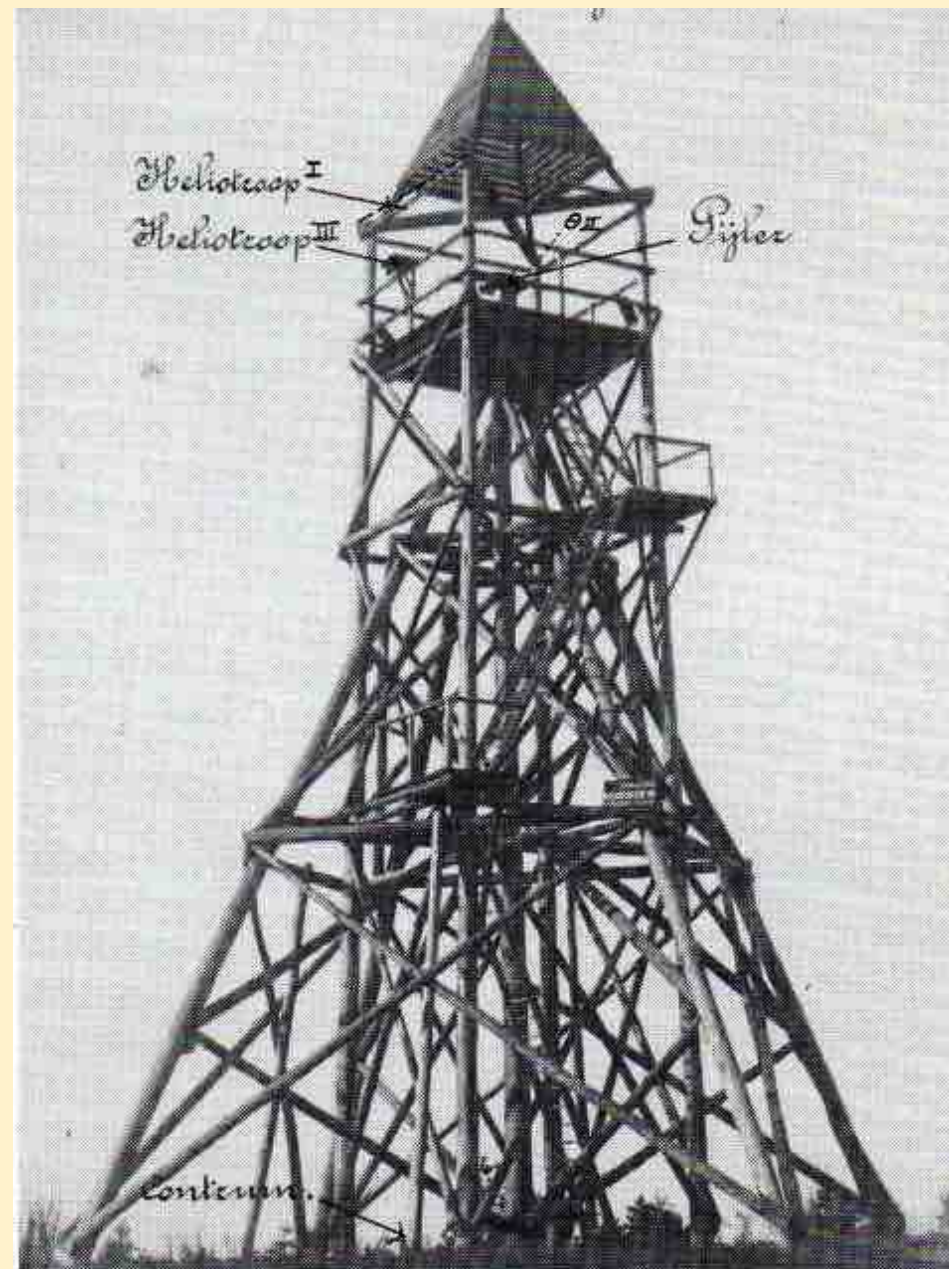
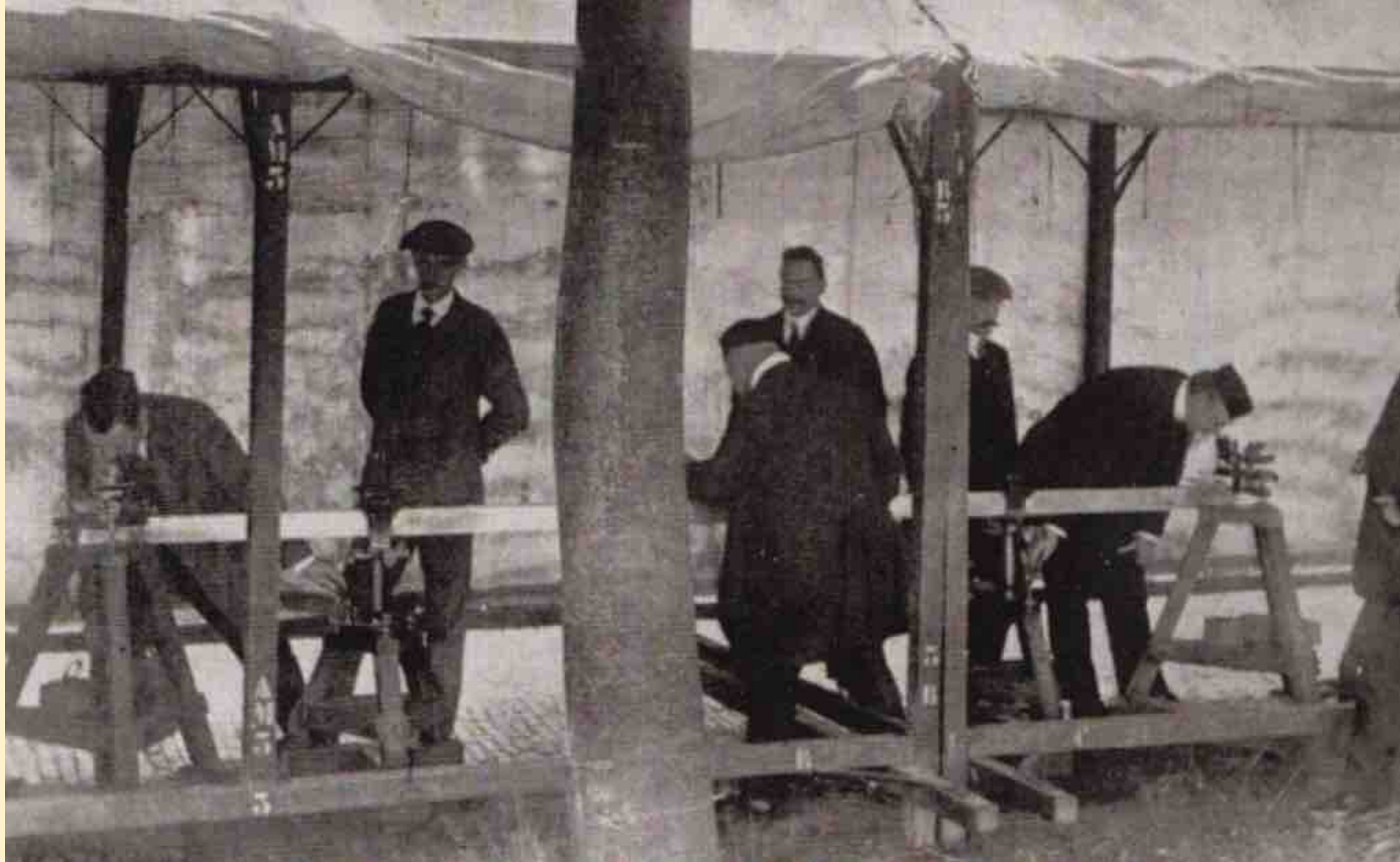


Fig. 3. Houten meettoren ten behoeve van de metingen op het primaire punt Klifsberg.

# Meting basislijn Stroe



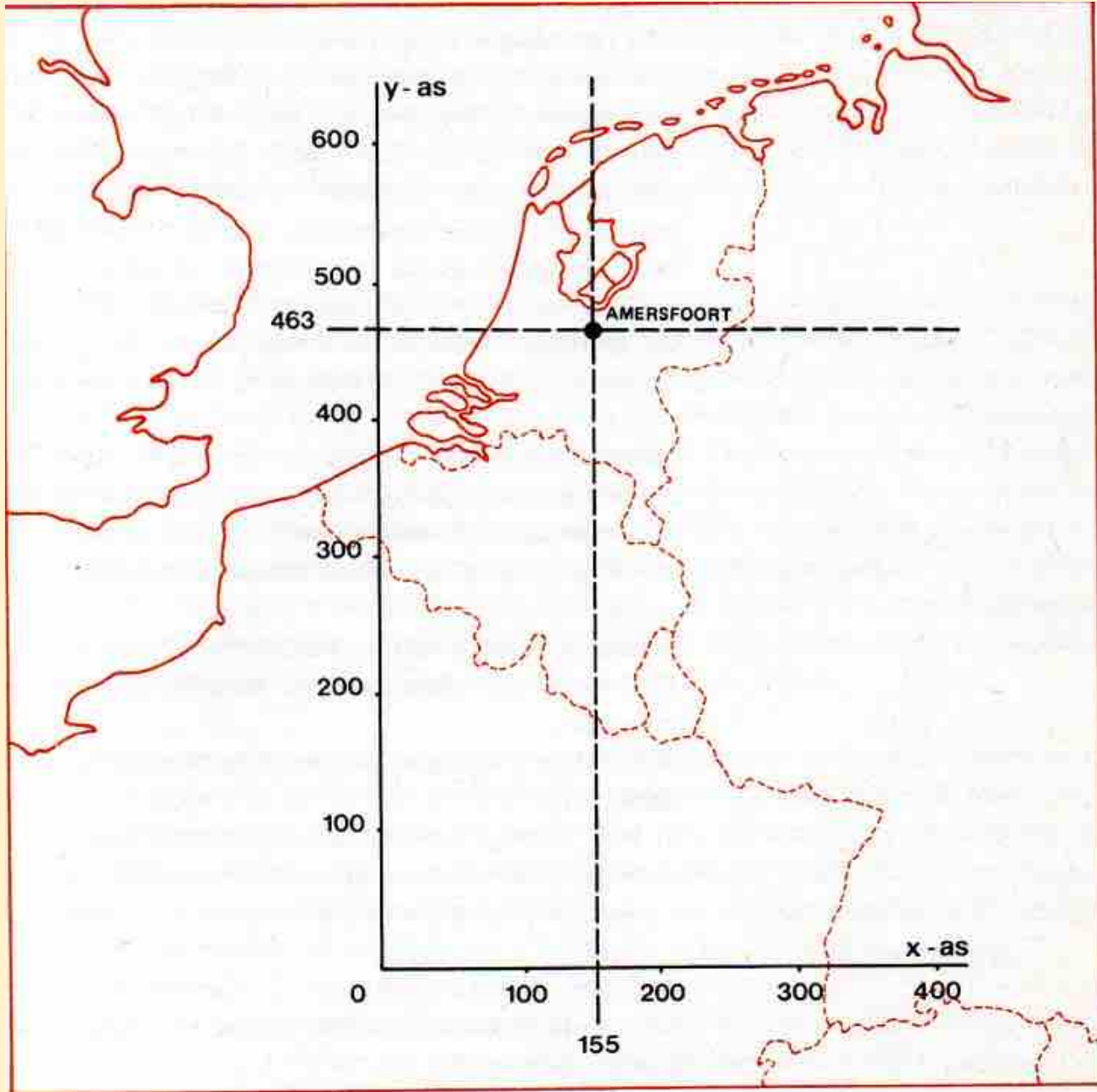
# Meting Stroe

- Weg Amersfoort/Apeldoorn bij Stroe
- Recht / vlak / verhard
- In 1913, 6 juli tot 7 augustus, een maand
- Meetbalk van 4 meter is legering van nikkel en ijzer
- Afstand 4320,039622 meter
- 8 ingenieurs, 10 assistenten, 46 landarbeiders
- Bleek goed overeen te komen met resultaat Bergheim (Duitsland)

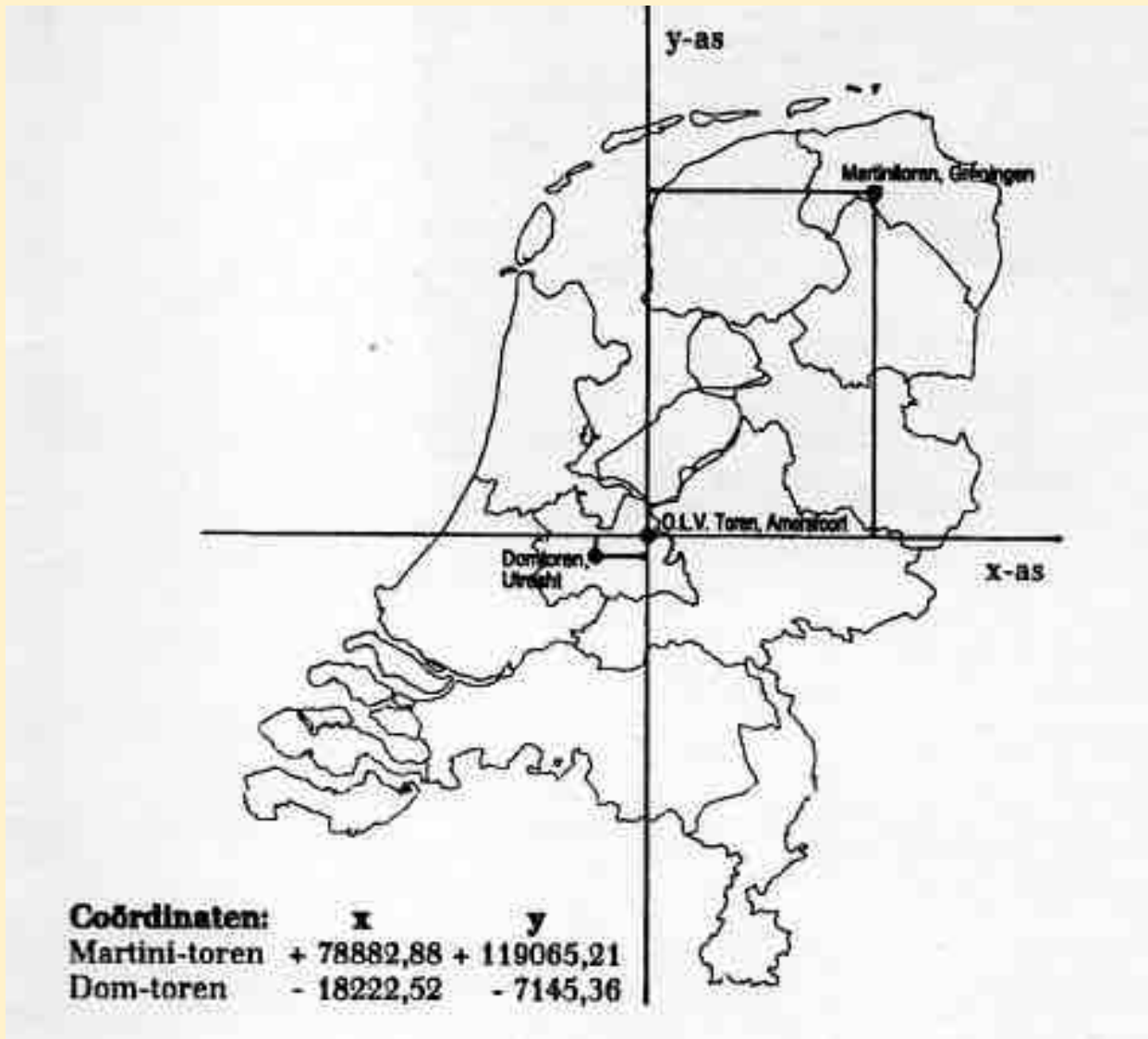
# Aanpassing nulpunt 1970

Om twee redenen:

- Alleen positieve waarden
- Verwisseling X en Y waarden uitsluiten
- Positie OLV toren (155, 463)
- = 155 en 463 km



# Voorbeeld kwadranten (+ en -)



# Uitleg verschuiving nulpunt

## Reden 1

- Voordien: noodzaak van omrekening naar positieve waarden van coördinaten
- Valt weg als één kwadrant met alleen positieve X en Y waarden

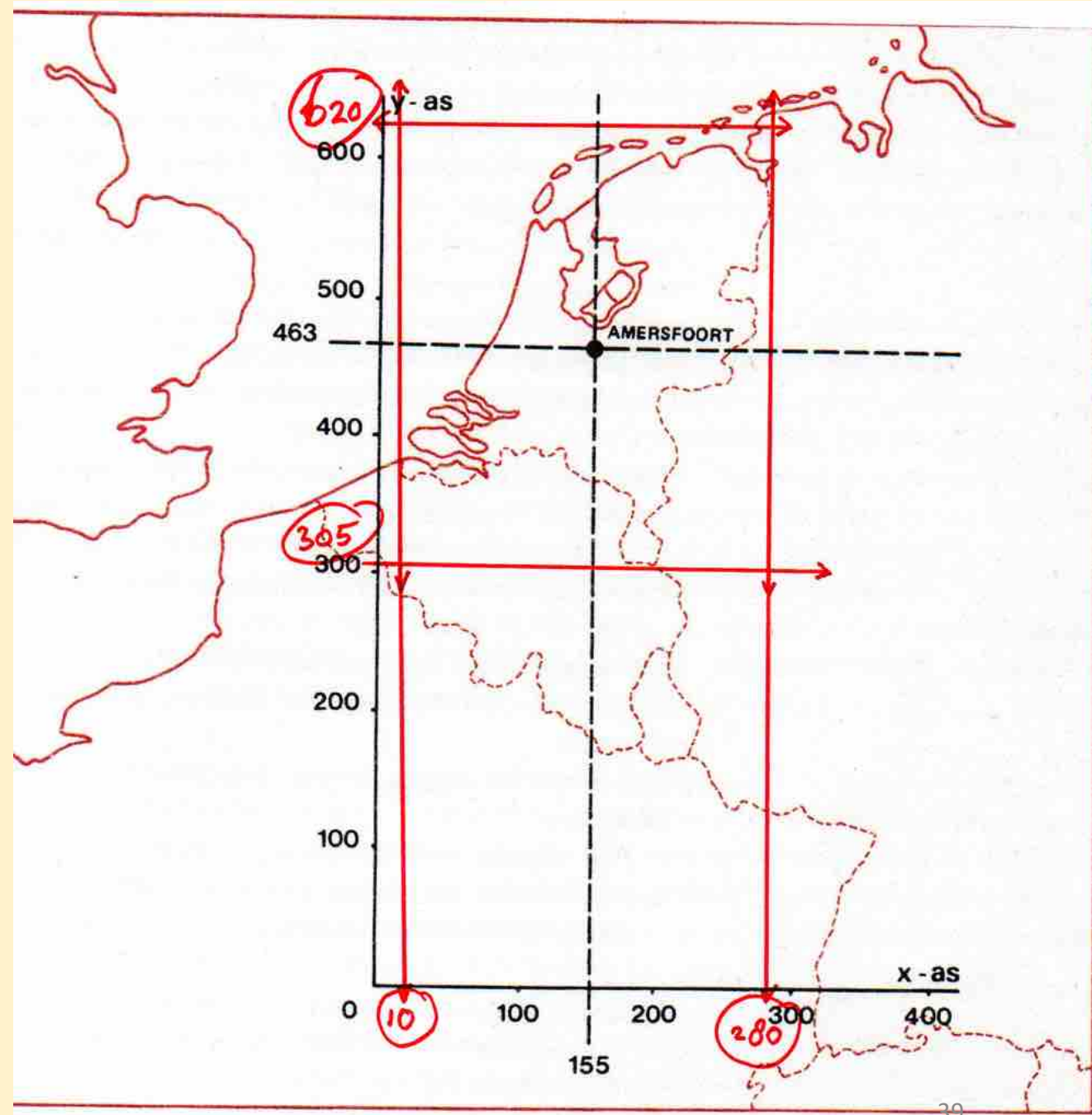
## Reden 2

- Voordien: mogelijk verwisseling van X en Y waarden
- Valt weg als Y per definitie altijd groter is dan X

X waarden altijd tussen 10 en 280 (maximaal)

Y waarden altijd tussen 305 (minimaal) en 620

Dus Y waarde is altijd groter dan X waarde



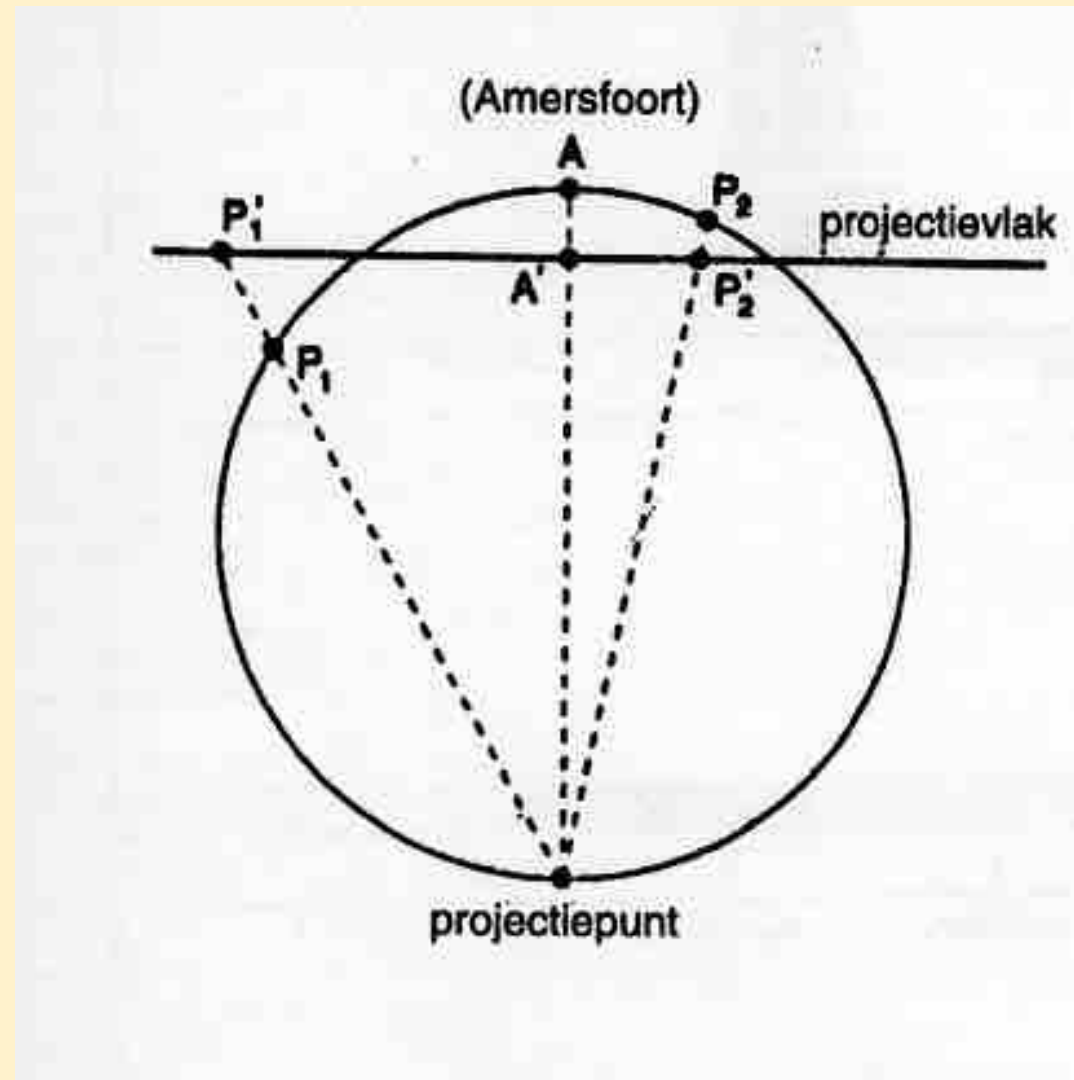
# Wat moet je dan als gids ?

- Hou het simpel
- Systeem is aangepast om fouten uit te sluiten.
  - Nu alleen positieve waarden van coördinaten. Makkelijker rekenen
  - Geen verwarring/verwisseling meer van X en Y waarden
- Nulpunt nu in Noord Frankrijk ??
  - Koppeling aan een fysiek vast punt is losgelaten



**OLV toren toch nog  
middelpunt.....**

# Stereografische projectie



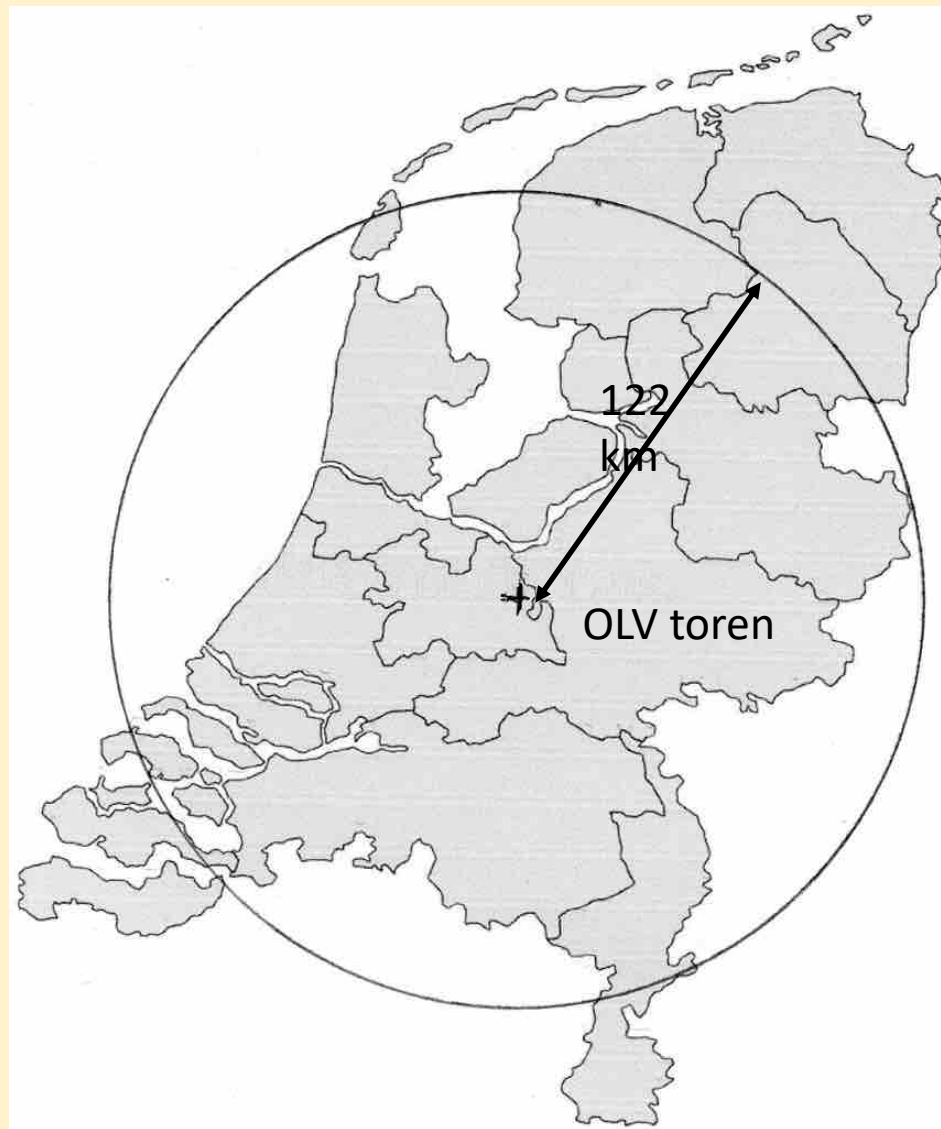
# Stereografische projectie

- Probleem: een bolvorm presenteren als een plat vlak.

Als landkaart dus

- Daarvoor deze projectie methodiek/techniek
- Het centrum van dit projectievlak ligt recht onder de OLV toren op 1200 meter diepte
- Plat projectievlak (doorsnijding) obv een cirkel om de toren met een straal van 122 km
- Ligt helemaal binnen Nederland
- Hiermee worden vertekeningen in kaartprojectie gelijkelijk verdeeld

# Cirkel i.v.m. projectie naar plat vlak



-7-  
*Amersfoort.*

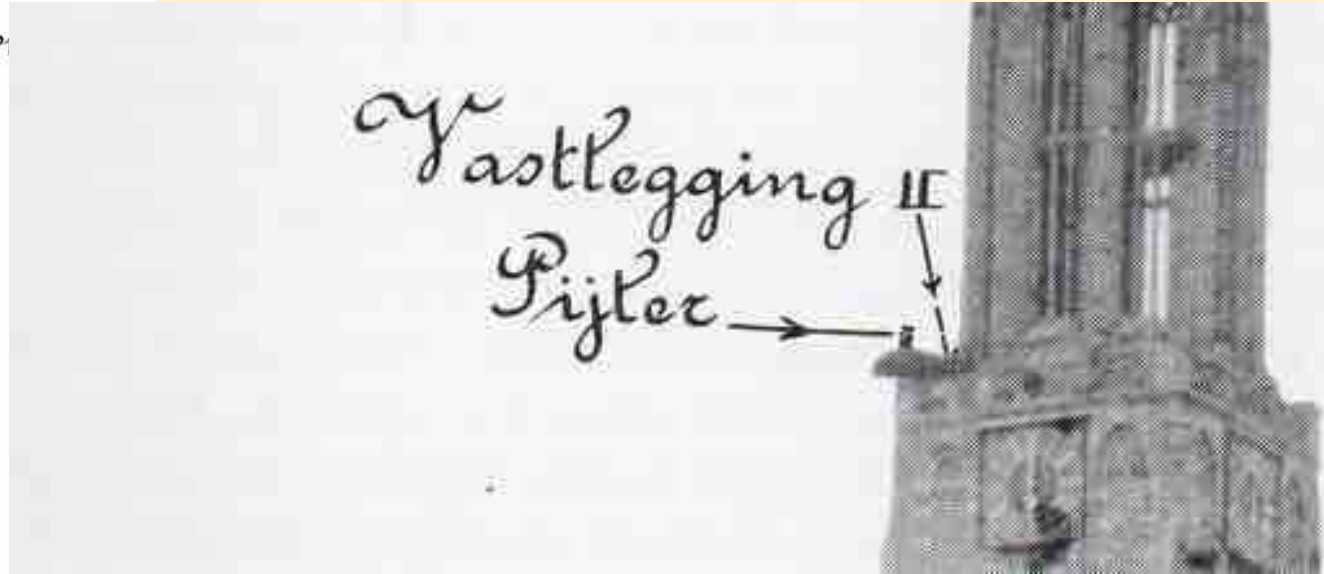
*mit het y.  
25 Juni 1894.*

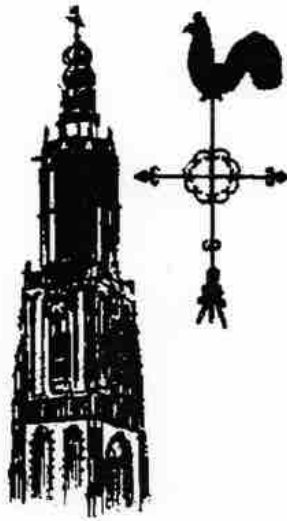
*← Contoorn*  
*← Monto*  
*← Heliotroo*  
*Yastlegging II*  
*Pijler*

OLV toren als meetpunt  
van de

ing

*Yastlegging II*  
*Pijler*





Nr	Omschrijving
01	Stang boven makelaar.
11	Grote bronzen bout in de N.O.torenmuur, rechts van de ingang; 0.20 m uit de N.steunbeer; 2.55 m b.b.g.
22	Grote bronzen bout in de O.steunbeer van de N.O.torenmuur, links van de ingang; 1.58 m b.b.g.

Nr	Jaar	X-RD	Y-RD	H-NAP
01	1998	154999.86	462999.88	
11	1998	155003.86	463008.14	
22	1998	155009.94	462997.91	

# Vastleggingen OLV toren

- 2 Bouten aan de voet vanwege controle op afwijkingen van het centrum (de spits)
- 3 Vastleggingen op 1<sup>e</sup> omloop
- 2 Op 2<sup>e</sup> omloop

Nr	Omschrijving
01	Stang boven makelaar.
11	Grote bronzen bout in de N.O.torenmuur, rechts van de ingang; 0.20 m uit de N.steunbeer; 2.55 m b.b.g.
22	Grote bronzen bout in de O.steunbeer van de N.O.torenmuur, links van de ingang; 1.58 m b.b.g.

Nr	Jaar	X-RD	Y-RD	H-NAP
01	1998	154999.86	462999.88	
11	1998	155003.86	463008.14	
22	1998	155009.94	462997.91	

# Vastlegging aan de voet van de toren









# NAP markering op de toren.

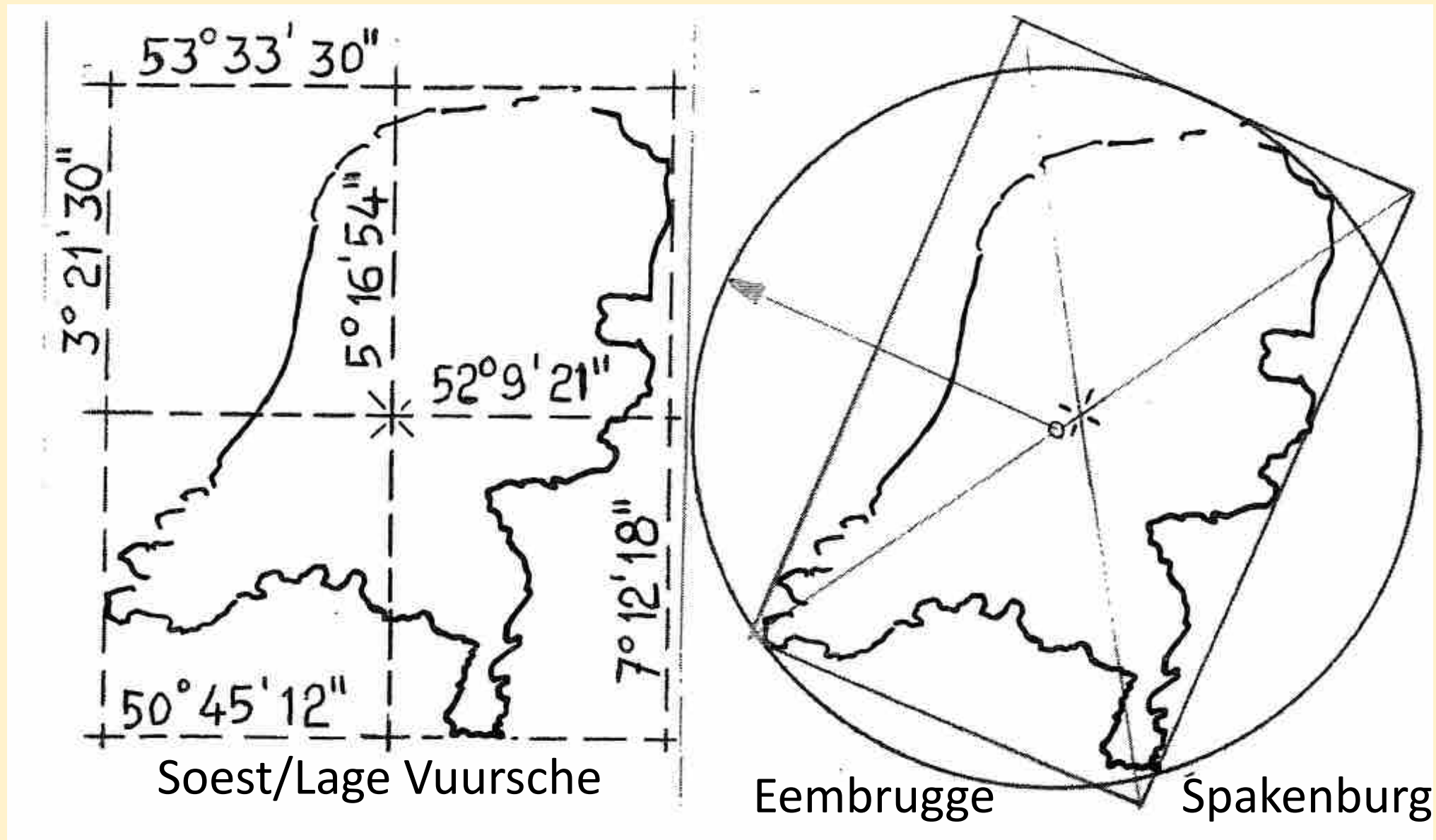
- Normaal Amsterdams Peil
- Hoofdmerk
- Vastlegging hoogte t.o.v. AP, waterpassing
- Stamt uit periode rond 1880
- Deze markering: 4,099 meter boven AP (volgens register)



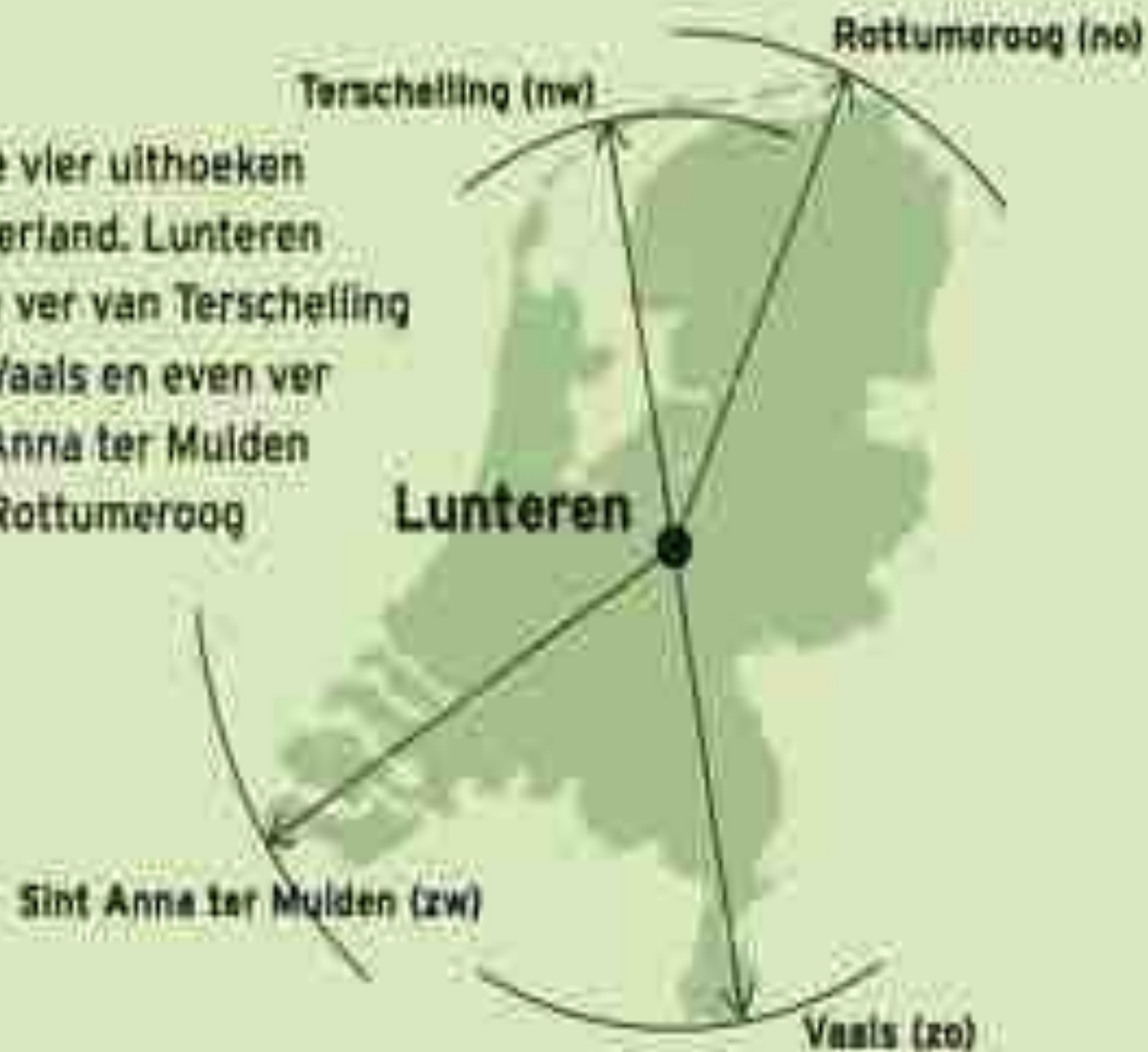
# Hangt helemaal van de meetmethode af

- Per methode een andere uitkomst
- Diagonalen? Wat doe je met de Waddeneilanden?
- Als rechthoek > Soest/Spakenburg
- Als cirkel > Baarn/Eembrugge
  
- Bij Lunteren? Beetje dun verhaal

# Uit Gilde witte map. 1997



Neem de vier uithoeken  
van Nederland. Lunteren  
ligt even ver van Terschelling  
als van Vaals en even ver  
van St. Anna ter Mulden  
als van Rottumeroog



# Markering middelpunt Lunteren, de Goudsberg





# Zwaartepunt van Nederland



# Zie ANWB gids



# ANWB middelpunt ??



# Wat is het verschil?

- Middelpunt betreft gelijkheid van *afstand*
- Zwaartepunt is gelijkheid van *massa*, ofwel van *gewicht*
- Tekst zwaartepunt:  
"Til Nederland op aan deze ring en niemand zal het merken".
- Als je Nederland optilt aan die ring dan blijft het hele land in evenwicht

# Wat moet je dan als gids ?

- Hou het simpel
  - Bepaling middelpunt is lastig. Het is maar hoe je meet
  - Lunteren maakt zich er sterk voor
  - Voordeel. Je kunt het publiek wijzen op de toeristische plek aldaar
- Zwaartepunt zou ik niet noemen

# Over vooruitgang gesproken !

## Vastleggingen lengte meter;

- Staaf van messing (koper/zink)

1795

# Lengte meter is;

- Staaf van messing (koper/zink) 1795
- *Staaf van platina* 1799

# Lengte meter is;

- Staaf van messing (koper/zink) 1795
- Staaf van platina 1799
- *Staaf van platina/Iridium X vormig* 1889



# Lengte meter is;

- Staaf van messing (koper/zink) 1795
- Staaf van platina 1799
- Staaf van platina/Iridium X vormig 1889
- *De lengte van een 90%-platina-10%-iridiumstaaf, bij een temperatuur gelijk aan het smeltpunt van ijs onder een druk van 1 atmosfeer*  
1927

# Lengte meter is;

- Staaf van messing (koper/zink) 1795
- Staaf van platina 1799
- Staaf van platina/Iridium X vormig 1889
- De lengte van een 90%-platina-10%-iridiumstaaf, bij een temperatuur gelijk aan het smeltpunt van ijs onder een druk van 1 atmosfeer 1927

## *Naar andere technieken*

- *De lengte van 1.650.763,73 keer de golflengte in een vacuüm van de straling die vrijkomt van een Krypton isotoop 1960*
- *1.579.800,298 728 golflengtes van helium-neon laserlicht in vacuüm 1983*

# Vooruitgang techniek meting

- Vandaag meten met satelliet communicatie
- Nu 32 in bedrijf. Op 20.000 km hoogte. In verschillende richtingen
- GPS (Global Positioning System) meet positie en hoogte beide
- Voor positiebepaling is contact met meerdere satellieten nodig
- Europees verband ETRS89 (Europees Terrestrisch Referentiesysteem 1989)
- Verschillen bepalingen RD en GPS (nauwkeuriger) zijn bekend en vastgelegd
- Onderhoud/herijken van RD punten alleen als er reden toe is

Aldus.....