

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt

Verslagen

V - 268

P.J. Rijkoort

Statistische beschouwingen van enkele
aspecten van temperatuurreksen in
verband met mogelijke klimaatschommelingen
of veranderingen

De Bilt, 1975

Publikationsnummer: K.N.M.I. V-268(S.B.)

U.D.C.: 519.2 :

551.524.34/.35

Statistische beschouwingen van enkele aspecten van temperatuurreeksen in verband met mogelijke klimaatschommelingen of veranderingen.

P.J. Rijkoort

Inleiding.

Enkele malen is in de publiciteitsmedia het probleem van mogelijke klimaatsveranderingen ter sprake gekomen. Hierbij is soms gesuggereerd dat er in de toekomst, misschien zelfs binnen afzienbare tijd, op het noordelijk halfrond een kouder klimaat zal heersen (een kleine dan wel een grote ijstijd).

In het volgende worden de argumenten die aangevoerd worden om klimaatsveranderingen te motiveren of verklaren grotendeels buiten beschouwing gelaten en zal slechts aandacht worden gewijd aan de beschikbare temperatuurgegevens en de daarop berustende beweringen.

De gebruikte reeksen zijn de volgende:

- 1° Een temperatuurreeks voor Midden-Europa vanaf 1761 volgens Baur (gemiddelde van De Bilt, Basel, Potsdam en Wenen).
- 2° Een temperatuurreeks voor centraal Engeland vanaf 1659 volgens Manley.
- 3° Een temperatuurreeks voor het noordelijk halfrond vanaf ca. 1380 volgens Budyko en Spirina.
- 4° Een temperatuurreeks van Thessaloniki over het tijdvak 1892-1973 volgens Flocas en Arseni Papadimitrion.
- 5° Water- en luchttemperatuurgemiddelden over 1951-1970 van 9 weerscheperen in de Noordelijke Atlantische Oceaan (zie Teich).

Dit verslag geeft de resultaten weer van een ad hoc onderzoekje naar enige aspecten van de temperatuur-variaties op langere termijn zonder toepassing van uitvoerig statistisch onderzoek maar enkel met gebruik van enkele eenvoudige statistische methoden.

1. Het verloop van de jaargemiddelden van de temperatuur in Europa.

In figuur 1 zijn de jaargemiddelden van de midden Europa en de centraal Engeland reeksen weergegeven. Tevens zijn hierin niet-overlappende vijf jaar gemiddelden aangegeven.

Hieruit blijkt dat in de periode 1930-1960 de jaartemperaturen voor een groot gedeelte hoger waren dan in het voorafgaande tijdvak 1900-1930, terwijl omstreeks 1890 het temperatuurniveau juist laag was. Het is dit verloop van de temperatuur dat in de beschouwingen over "klimaatsveranderingen" vaak genoemd wordt b.v. in de vorm van hetzij alleen een dalend gedrag sedert omstreeks 1940, dan wel een stijging van omstreeks 1880 tot ca. 1940 en daarna een daling.

Op zichzelf gezien is er sprake van een opvallende stijging over de periode 1885-1945; in de vijfjarige gemiddelden van de Europese reeks een stijging van 8,3 naar 9,6. In het kader van de reeks als geheel is dit echter niet zo opvallend. Statistisch geformuleerd kan men de vraag stellen of de reeks kan worden beschouwd als een reeks onderling onafhankelijk toevallig verdeelde waarnemingen. Indien dit zo is, is er geen reden de toename over de periode 1885-1945 als iets bijzonders op te vatten.

Om na te gaan of de reeks zich inderdaad als een toevalsreeks gedraagt kan men in de eerste plaats onderzoeken of een bekende eigenschap van een toevalsreeks geldt n.l. dat de gemiddelden van k opeenvolgende termen een variantie hebben die k maal zo klein is als de totale variantie. Voor de Europa-reeks is de totale variantie 0,49 en de variantie van de gemiddelden over 5 jaren 0,094. De verhouding is 5,2 en dit is inderdaad nagenoeg 5 zodat de genoemde eigenschap blijkbaar wel geldt. Dit is echter nog niet voldoende om tot een volledige toevalsreeks te besluiten. Iets meer informatie geeft toepassing van de runtoets. Onder een run wordt een reeks waarnemingen verstaan die allen hetzij groter hetzij kleiner dan gemiddelde of mediaan zijn. Als achtereenvolgens de lengten van de diverse runs voor de Europa-reeks worden bepaald en zowel van de aantallen runs met $T > \bar{T}$ als van de aantallen runs met $T < \bar{T}$ de frequentieverdeling wordt samengesteld dan is het resultaat als volgt:

runlengte	Tabel 1		theorie
	$T < \bar{T}$	$T > \bar{T}$	
1	27	24	26,6
2	10	14	13,3
3	7	6	6,67
4	2	1	3,33
5	2	3	1,66
6	-	2	0,83
7	1	-	0,42
8	1	-	0,21

Vervolg tabel 1.

runlengte	$T < \bar{T}$	$T > \bar{T}$	theorie
9	-	-	0,10
10	-	-	0,052
11	-	1	0,0026

Beide numerieke verdelingen stemmen zowel met elkaar als ook met de theoretische verdeling goed overeen (de overschrijdingskans bij toepassing van de χ^2 toets is 50%)

De theoretische verdeling is verkregen met de formule: $R(\frac{1}{2})^{r+2}$ waarin r de runlengten en R het totale aantal runs voorstellen.

Men kan zich nu nog afvragen of de maximale runlengten die voorkomen (11 voor runs met $T > \bar{T}$ en 8 voor runs met $T < \bar{T}$) misschien bijzonder lang zijn d.w.z. statistisch geformuleerd: 1^o hoe groot is de kans dat in een toevalsreeks een run ≥ 11 in hetzij de groep $T < \bar{T}$ voorkomt en 2^o hoe groot is de kans dat in beide groepen de maximale run 8 is?

Door Mosteller zijn formules afgeleid waarmee deze kansen zijn te bepalen. Wel is het daarbij zo dat de berekeningen gelden voor runs t.o.v. de mediaan T_m i.p.v. het gemiddelde \bar{T} . Nu is voor de Europareeks T_m niet exact te bepalen wegens het grote aantal gelijke waarden. De mediaan moet zich n.l. in dit geval in een groep van 11 gelijke waarden $9,0^\circ C$ bevinden en het is dus niet duidelijk tot welke groep men ieder der 11 waarden $9,0^\circ C$ moet rekenen. Het ene uiterste is: alle waarden tot de groep $T > T_m$ rekenen, dit voert tot hetzelfde resultaat als in tabel 1; het andere uiterste is: alle waarden tot de groep $T < T_m$ rekenen en dit geeft t.o.v. tabel 1 kleine afwijkingen die wat de maximale runs betreft beperkt blijven tot een run van 9 i.p.v. 8 voor $T < T_m$.

De kans op een run ≥ 11 in een der groepen blijkt nu ca. 8% te zijn en de kans op runs ≥ 8 resp. ≥ 9 in beide groepen is 10 resp. 4%; als beste schatting kan men voor het laatste geval het gemiddelde van 10 en 4 nemen dus 7%.

Het is dus blijkbaar zo dat er weliswaar in de Europareeks vrij lange tijdvakken voorkomen met hetzij relatief lage temperaturen hetzij relatief hoge temperaturen, maar dit is statistisch gezien niet zo uitzonderlijk dat men hier iets achter moet zoeken.

Er is tenslotte nog, uitgaande van de variantie 0,49 (dus standaard deviatie 0,7), een toevalsreeks van onderling onafhankelijk normaal verdeelde grootheden geconstrueerd. Het resultaat is als derde reeks in figuur 1 afgebeeld. Het is bepaald zo dat deze toevalsreeks een karakter heeft geheel analoog met de Europareeks, zodat het maximum in de periode 1945-1950 niet als iets bijzonders is te beschouwen.

De Engelandreeks heeft, althans van ca. 1760 tot heden een iets kleinere spreiding dan de Europareeks, zoals ook te verwachten is van een meer maritiem klimaatgebied. Het verloop voor ca. 1740 wijkt duidelijk af van het als geheel gezien toch vrij stationaire verloop na ca. 1740. Vooral de zeer lage waarden van de temperatuur voor 1700 vallen op; maar dat is dan ook het laatste gedeelte van de z.g. kleine ijstijd.

In veel artikelen over klimaat en klimaatschommelingen is het gebruikelijk i.p.v. de oorspronkelijke waarnemingsreeks een reeks overlappende gemiddelden (over b.v. 5 of 10 jaren) samen te stellen met de bedoeling de sterke fluctuaties van jaar op jaar te elimineren om duidelijker het verloop op lange termijn te kunnen overzien. Op zichzelf is dit doel wel de moeite waard maar het proces van overlappend middelen kan, zoals met wiskundige statistiek is aan te tonen, periodiciteiten introduceren die niet reëel zijn. Het is beter een exponentieel gewogen gemiddelde te construeren volgens de formule:

$$z_{t+1} = az_t + (1-a)x_{t+1}$$

waarin x_t de oorspronkelijke reeks voorstelt en z_t de gewogen gemiddelden reeks, terwijl a een constante tussen 0 en 1 is. Als $a = 0$ dan is de z -reeks identiek met de x -reeks, als $a = 1$ dan zijn alle termen van de z -reeks gelijk aan het algemeen gemiddelden van de x -reeks. Naarmate a vanaf 0 toeneemt wordt dus in steeds sterkere mate afgevlakt; neemt men $a = 0,9$ dan komt de z -reeks min of meer overeen met een reeks van 10 jaar gemiddelden maar zonder het bezwaar van niet reële periodiciteiten.

Volgens dit procedé, met $a = 0,9$, zijn de Engeland-, de Europa- en de toevalsreeksen van figuur 1 bewerkt. Het resultaat is te vinden in figuur 2. Er is in deze figuur een duidelijk parallel lopen van de Europa- met de Engelandreeks te zien, hoewel er toch ook kleine niveau verschillen in diverse perioden zijn. Uiteraard is het algemene niveau van de Engelandreeks hoger dan dat van de Europareeks.

Het hoge niveau in de jaren na 1940 in Europa en Engeland valt duidelijk op, maar tevens lijkt er een vertraging te zijn van Europa t.o.v. Engeland. In Engeland begint het hoge niveau al in '940 maar in Europa eigenlijk pas omstreeks 1950.

Verder blijkt opnieuw dat dit optreden van een periode op hoog niveau toch wel toevallig kan zijn, in de toevalsreeks komt zoiets ook voor.

2. De temperatuurvariatie van het noordelijk halfrond.

Er zijn verschillende pogingen gedaan het temperatuurverloop te bepalen voor het noordelijk halfrond dan wel voor het zuidelijk halfrond en voor de gehele aarde. Het laatste b.v. door Mitchell en het NCAR. Helaas is in de figuur waarin het temperatuurverloop wordt weergegeven, dit verloop slechts als 5 jarige overlappende gemiddelden genoteerd. De gegevens betreffen de periode 1880-1969 en de figuur is in 1973 door Lamb overeengekomen in Nature. Zoals reeds opgemerkt kunnen overlappende gemiddelden een onjuist beeld geven door introductie van niet reële periodiciteiten. Het wordt b.v. behandeld in de Technical Note No. 79 van de W.M.O. (Climatic change) waaraan n.b. Lamb zelf heeft meegewerkt.

In een recent boek van Budyko: "Climate and Life" is een reeks temperatuur anomalieën, gemiddeld over het noordelijk halfrond gepubliceerd, die met hulp van L.P. Spirina is samengesteld. De figuur in Budyko's boek geeft zowel de jaarwaarden zelf als ook overlappende 10 jaar gemiddelden. Helaas gaat deze reeks niet verder terug dan 1885.

In figuur 3 worden zowel de Mitchell reeks als de Budyko-Spirina reeks weergegeven.

Uit de Budyko-Spirina reeks blijkt nu wel dat over zo'n groot gebied gemiddeld de fluctuaties van jaar op jaar veel kleiner zijn dan in het geval van de Engeland- of Europareeks. Voor het noordelijk halfrond is er dus inderdaad een duidelijk statistisch reële toename van de gemiddelde temperatuur met 0,6 à 0,7 over het tijdvak 1890-1940. In hoeverre daarna van een daling sprake is, is niet duidelijk te zien, hoewel er omstreeks 1940 of kort daarna een maximum schijnt te zijn.

Als nu het exponentieel middelingsprocedé op de Budyko reeks wordt toegepast ontstaat het verloop dat in figuur 2 is getekend. Dit verloop is veel vlakker dan het beeld van de Engeland- en Europareeksen.

Verder geeft vergelijking van de diverse temperatuurlijnen van figuur 2 de indruk dat in de noordelijk halfrondreeks het maximum vroeger valt dan in de Engelandreeks en hierin weer vroeger dan in de Europareeks.

Het verloop van de temperatuur in midden Europa en Engeland is dus wel in overeenstemming met het verloop over het noordelijk halfrond, althans ten noorden van 17° N.B. waarvoor de Budyko-Spirina reeks geldt. De suggestie wordt derhalve gewekt dat dit binnen dit gebied wel overal het geval zal zijn. Dit is echter niet zo blijkt figuur 4 waarin voor het tijdvak 1892-1973 een temperatuurreeks uit Griekenland (Thessaloniki) op 40° N.B. is weergegeven. Tevens zijn ter vergelijking de reeksen van Europa en Engeland in beeld gebracht. Als een lineaire trendlijn wordt bepaald blijkt dat in dit tijdvak in Engeland de temperatuur met gemiddeld $0,036^{\circ}$ per 10 jaar is gestegen, in midden-Europa met $0,063^{\circ}$ per 10 jaar is gestegen, maar in Griekenland met $0,053^{\circ}$ per jaar is gedaald! (Statistisch significant; tweezijdige overschrijdingskans 2,3%). In figuur 2 is deze Griekenland-reeks, na exponentieel middelen ook in beeld gebracht.

Het is tenslotte nog interessant de correlatie tussen de temperatuurafwijkingen ten opzichte van de trendlijnen te beschouwen; deze zijn als volgt: Engeland-Europa 0,69; Europa-Griekenland 0,34 en Engeland-Griekenland -0,01. Terwijl dus het temperatuurverloop in Engeland en Europa zeer sterk met elkaar samenhangt en er ook tussen de temperatuurvariaties in midden-Europa en Griekenland een vrij sterk verband is, is het temperatuurverloop in Engeland geheel onafhankelijk van dat in Griekenland.

3. Temperatuurverloop volgens waarnemingen op 9 weerschepen op de noordelijke Atlantische Oceaan van 1951 tot 1973.

Door M. Teich zijn resultaten gepubliceerd van een onderzoek naar de variatie van de lucht- en zeewatertemperatuur volgens metingen op 9 weerschepen op de Noordelijke Atlantische Oceaan over de periode 1951-1970. Voor de posities van deze weerschepen zie figuur 6.

De voornaamste conclusies van Teich zijn te vinden in figuur 5 waarin de figuren 5 en 6 uit het artikel van Teich zijn overgenomen. In figuur 5^b zijn overlappende gemiddelden over 5 jaren van de jaargemiddelden van water- en luchttemperatuur weergegeven. Deze lopen nagenoeg volledig parallel (met ca. $1,3^{\circ}$ verschil) en vertonen een vrijwel monotone temperatuur daling tot 1961 daarna een nagenoeg constant blijven tot 1966 en dan opnieuw daling.

Ter vergelijking heeft Teich het gemiddeld temperatuurverloop van een aantal Europese stations in dezelfde figuur opgenomen. Dit vertoont een heel ander beeld n.l. na een kleine daling een toename van de temperatuur tot 1959, dan een daling tot 1963 of 1964 en weer stijging.

Teich concludeert dan dat Europa en de Noordelijke Atlantische Oceaan een vrijwel autochtone temperatuur ontwikkeling vertonen (althans gedurende het tijdvak 1951-1970).

In figuur 5^a is het resultaat weergegeven van een splitsing van de 9 stations in twee groepen n.l. B, C, D, E en K (1) enerzijds en A, L, J en M (2) anderzijds, waarbij de scheidingslijn van de zuidpunt van Groenland naar Spanje loopt. Groep 1 vertoont in de overlappende 5 jaar gemiddeld en een sterke temperatuurdaling tot het einde der 50-er jaren en daarna een nagenoeg constant blijven van de temperatuur; terwijl groep 2 een toename in het eerste tijdsinterval en een afname in het tweede tijdsinterval laat zien.

Teich berekent voor dit tegengesteld verloop een correlatiecoëfficiënt van -0,41, die echter niet op de temperatuurwaarden zelf betrekking heeft, maar op de temperatuurverandering van de overlappende gemiddelden.

In de eerste plaats is het nu zo dat $r = -0,41$ bij $n = 16$ nog niet significant is, maar in de tweede plaats vraagt men zich wel af wat de betekenis is van het correleren van de temperatuurveranderingen van de overlappende gemiddelden. In feite is n.l. deze temperatuurverandering gelijk aan 1/5 van de temperatuurverandering na 5 jaren in de oorspronkelijke temperatuurwaarden.

Deze correlatiecoëfficiënt hangt samen met de correlatie tussen de oorspronkelijke reeksen en met de wederzijdse kruiscorrelatie met "lag" 5 tussen beide reeksen. In feite dus een klein aspect van de fourier-analyse van twee reeksen. Het is de vraag of het zin heeft zo'n enkel aspect te bekijken. Men zou een volledige analyse van het complete temperatuurveld moeten uitvoeren, hetzij met fourier-analyse hetzij met hoofdcomponenten-analyse. Vooralsnog een te omvangrijk werk. Met zeer beperkte middelen kan echter toch wel iets gezegd worden omtrent Teich's bewering inzake autochtone ontwikkeling en zijn indeling van de 9 weerschepen in twee groepen.

Daartoe zal echter het luchttemperatuurverloop op de 9 weerschepen niet met het temperatuurverloop in centraal Europa in verband worden gebracht maar met dat in midden Engeland (dat overigens zeer sterk positief met centraal Europa is gecorreleerd). Er is n.l. een temperatuurreeks voor midden Engeland beschikbaar die door Gordon Manley is gepubliceerd.

De correlatiecoëfficiënten tussen de maandgemiddelden van deze Engelandreeks en de overeenkomstige van de 9 weerschepen zijn berekend. Hiervoor zijn de door Teich gebruikte reeksen nog uitgebreid, voor zover mogelijk met gegevens van de jaren 1971-1973. Tabel 2 geeft de resultaten.

Het is eigenlijk zonder toetsing wel duidelijk dat het temperatuurverloop in Engeland met dat op de Atlantische Oceaan samenhangt. De correlatiecoëfficiënten voor de weerschepen A, B, C en D zijn overwegend negatief, waarbij er 10 (uitsluitend negatieve) significant zijn (onderstreept). De weerschepen I, J, K en M leveren overwegend positieve r waarden met 6 (uitsluitend positieve) significante. E heeft evenveel positieve als negatieve r waarden waarvan er geen enkele significant is.

Tabel 2

	A	B	C	D	E	I	J	K	M
jan	-0,084	-0,415	-0,391	-0,096	-0,119	+0,004	-0,089	+0,120	<u>+0,506</u>
feb	-0,093	-0,096	-0,303	-0,395	+0,037	+0,087	+0,114	<u>+0,591</u>	+0,354
mrt	-0,177	-0,309	<u>-0,500</u>	-0,255	+0,179	+0,177	+0,045	+0,346	+0,384
apr	+0,348	+0,110	-0,346	<u>-0,506</u>	+0,072	+0,346	+0,147	+0,305	<u>+0,459</u>
mei	-0,068	-0,137	-0,067	-0,054	+0,009	+0,266	+0,294	+0,391	<u>+0,438</u>
jun	-0,137	+0,181	-0,137	<u>-0,434</u>	-0,291	+0,293	+0,310	+0,314	+0,288
jul	-0,349	-0,007	+0,031	+0,025	+0,063	+0,083	+0,282	+0,375	-0,157
aug	-0,385	+0,079	-0,052	-0,210	+0,044	+0,216	<u>+0,465</u>	<u>+0,570</u>	+0,053
sep	-0,089	-0,094	<u>-0,487</u>	<u>-0,452</u>	-0,078	+0,319	+0,095	+0,173	+0,343
oet	-0,339	<u>-0,579</u>	<u>-0,570</u>	<u>-0,452</u>	-0,235	+0,204	+0,070	+0,116	+0,017
nov	-0,210	<u>-0,414</u>	+0,018	+0,048	+0,169	-0,015	+0,045	+0,315	+0,127
dec	-0,230	<u>-0,481</u>	-0,094	-0,155	-0,182	-0,067	+0,124	-0,393	-0,038
\tilde{r}	-0,155	-0,195	-0,260	-0,260	-0,030	+0,164	+0,164	+0,288	+0,246

Er is nog onderzocht of er een jaarlijkse gang is in de grootte van r. Dit blijkt niet het geval te zijn d.w.z. de hypothese dat ρ (de ware waarde van r) in alle maanden hetzelfde is behoeft niet verworpen te worden. Men kan dus per station een "overall" r, aangeduid met \tilde{r} bepalen.

Dit is uitgevoerd via de z-transformatie ($z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}$), omdat z bij benadering normaal verdeeld is. Op grond hiervan kan van \bar{z} de standaard deviaties S_z worden berekend en hiermede 95% betrouwbaarheidsinterval. Teruggerekend naar \hat{r} kan dan voor \hat{r} een 95% betrouwbaarheidsinterval worden aangegeven. In figuur 6 zijn voor de \hat{r} waarden deze 95% grenzen bij de posities van de weerschepen genoteerd. Duidelijk ziet men dat op grond van de \hat{r} waarden een indeling in 4 weerschepen (IJKM) dicht bij het vasteland tegenover 4 weerschepen (ABCD) in het midden van de Atlantische Oceaan voor de hand ligt. De indeling van Teich wijkt hiervan af, waarbij K en A verwisseld zijn en E door Teich bij de BCD groep wordt ingedeeld.

Het verschil in indeling wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat Teich als argument het verloop over langere termijn, in het bijzonder de trend in de eerste helft van het gehele tijdvak, in aanmerking neemt, terwijl met \hat{r} als criterium meer de korte termijnfluctuaties, met name die van jaar op jaar, een rol spelen.

De \hat{r} waarden zijn op zichzelf beschouwd vrij klein, maar het is het beeld in zijn geheel dat Teich's bewering over autochtone ontwikkeling van de temperatuur in Europa en op de Atlantische Oceaan weerlegt. Het is verder duidelijk dat er meer en misschien wel belangrijker relaties zijn dan de correlaties met Engeland aangeven. In een recent artikel van Perry is b.v. weer een andere indeling gemaakt n.l. in drie groepen: ABC, DE en IJKM, die volgens Perry drie hoofdvarianten in de trend tussen 1953 en 1968 te zien geven. Op grond waarvan deze indeling werd gemaakt en of deze statistisch verantwoord blijkt niet uit het artikel.

Men zou verwachten dat in een correlatie matrix deze indeling naar voren zou komen. Dit blijkt echter niet het geval te zijn.

In de tabellen 3^a respectievelijk 3^b zijn de correlatiecoëfficiënten van lucht- respectievelijk watertemperaturen vermeld. Hieruit blijkt bepaald geen duidelijke onderlinge samenhang tussen de drie stations A, B, C noch tussen I.J.K.M; wel is er een significante relatie tussen D en E.

Opmerkelijk is verder dat er in het algemeen veel nauwere onderlinge relaties zijn tussen de stations voor wat betreft de luchttemperaturen dan voor zover het de watertemperaturen betreft. In het eerste geval zijn er 12 significante r waarden en in het tweede geval slechts 6.

Opnieuw is duidelijk dat i.p.v. losse onderzoekjes die slechts een enkel aspect in het materiaal betreffen, een algemene systematische bewerking van de gegevens met hoofdcomponenten of fourier-analyse wenselijk is.

Tabel 3^a

Correlatie matrix luchttemperaturen O.W.S. 1951-1970

A	B	C	D	E	I	J	K	M	
A	1	+0,42	+0,15	-0,30	-0,17	+0,80	+0,36	+0,06	+0,02
B		1	+0,50	+0,25	+0,12	+0,13	+0,08	+0,21	-0,32
C			1	+0,59	+0,23	+0,08	+0,45	+0,50	-0,50
D				1	+0,68	-0,49	-0,17	+0,32	-0,24
E					1	-0,18	-0,02	+0,47	+0,41
I						1	+0,63	+0,14	+0,21
J							1	+0,60	-0,14
K								1	+0,03
M									1

Tabel 3^b

Correlatie matrix watertemperaturen O.W.S. 1951-1970

A	B	C	D	E	I	J	K	M	
A	1	-0,02	-0,11	-0,45	-0,20	+0,54	-0,17	-0,28	+0,22
B		1	+0,41	+0,50	+0,41	-0,28	-0,24	+0,14	-0,18
C			1	+0,48	+0,25	+0,16	+0,32	+0,36	-0,41
D				1	+0,76	-0,33	+0,04	+0,35	-0,18
E					1	-0,25	-0,24	+0,14	+0,33
I						1	+0,64	+0,34	+0,23
J							1	+0,72	-0,16
K								1	-0,14
M									1

Literatuur.

1. F. Baur Meteorologisches Taschenbuch (Linke). Leipzig 1962
2. M.I. Budyko and D.H. Miller Climate and Life. Acad. Press New York 1974

Vervolg literatuur.

3. A.A. Flocas and A. Arseni-
Papadimitrion On the annual variation of air temperature in
Thessaloniki.
Publ. Meteor. Inst. Thess. N° 39 1974
4. H.H. Lamb Whither Climate Now?
Nature 224 N° 5416 17 August 1973
5. G. Manley Central England Temperatures: Monthly means
1659-1973. Q.J.R.M.S. N° 100 1974
6. Fr. Mosteller Note on an application of runs to quality control
charts. Annals of Math. Stat. XII-1 1941
7. A.H. Perry The downward trend of air and sea surface tempera-
tures over the North Atlantic.
Weather 12 1974
8. M. Teich Der Verlauf der Jahresmitteltemperaturen in
Nordatlantisch-europäischen Raum in den Jahren
1951-1970. Met. Rundschau 24 - 5 1971

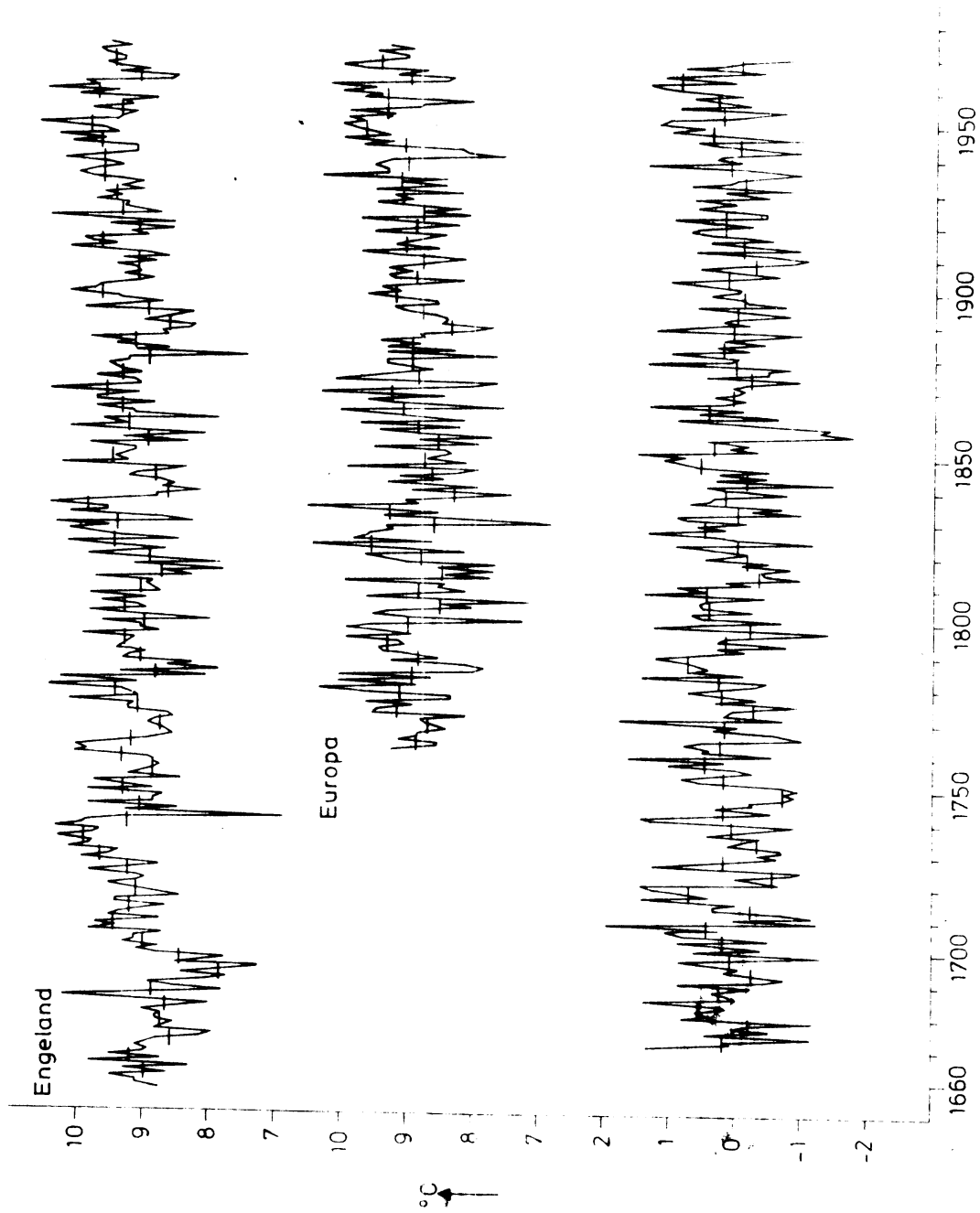


Fig. 1

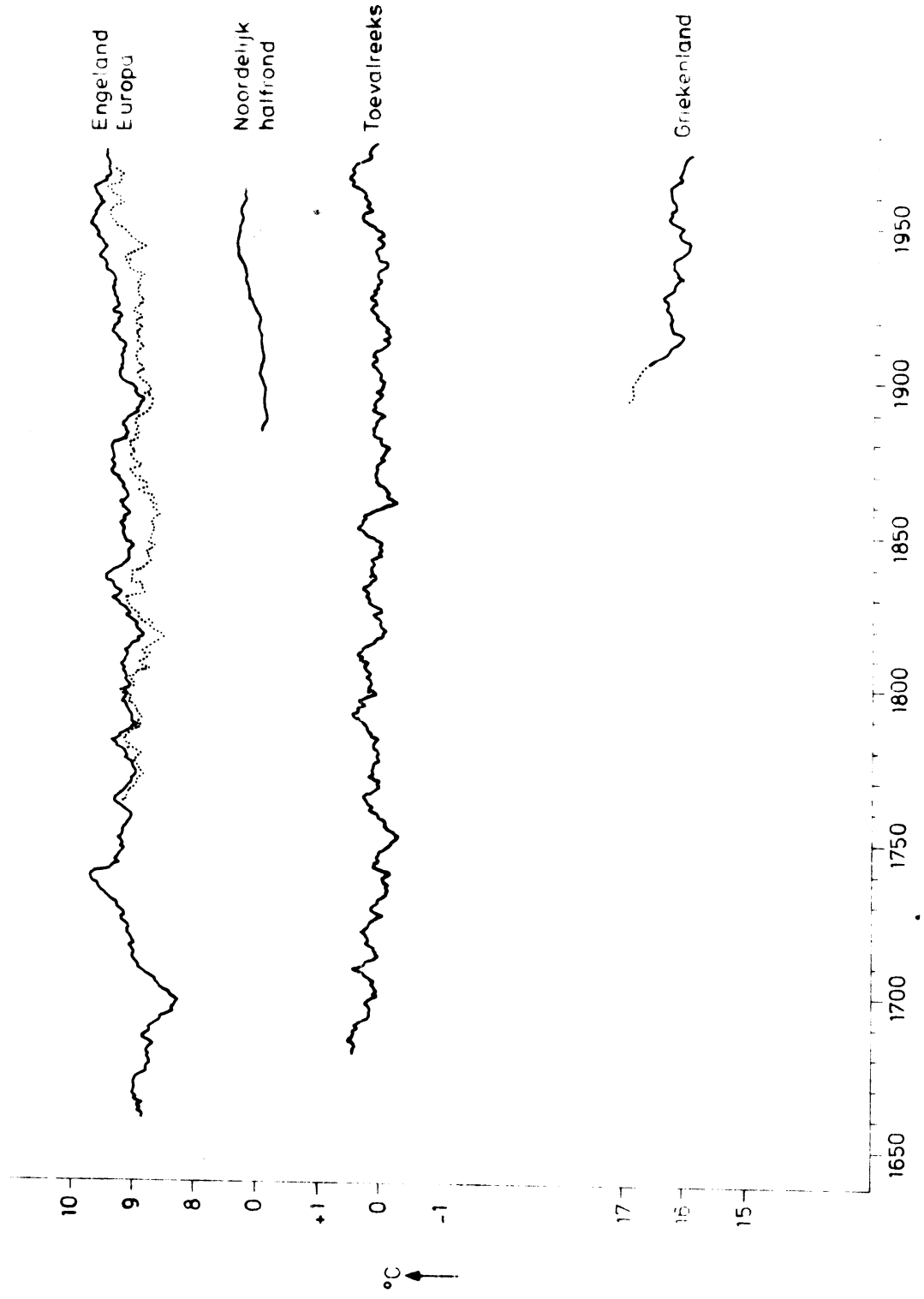


Fig. 2

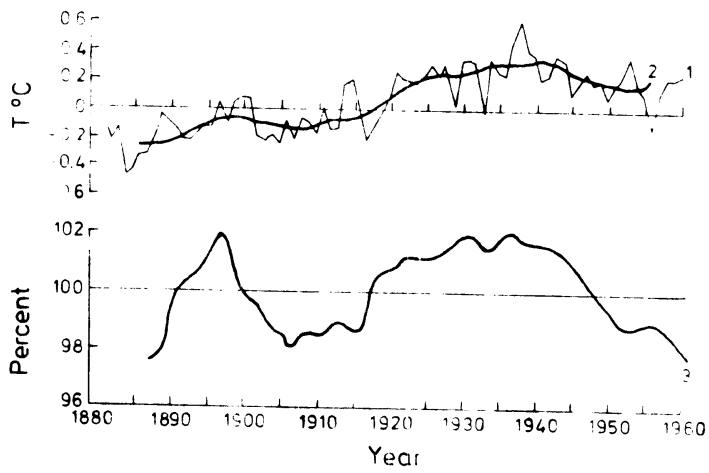
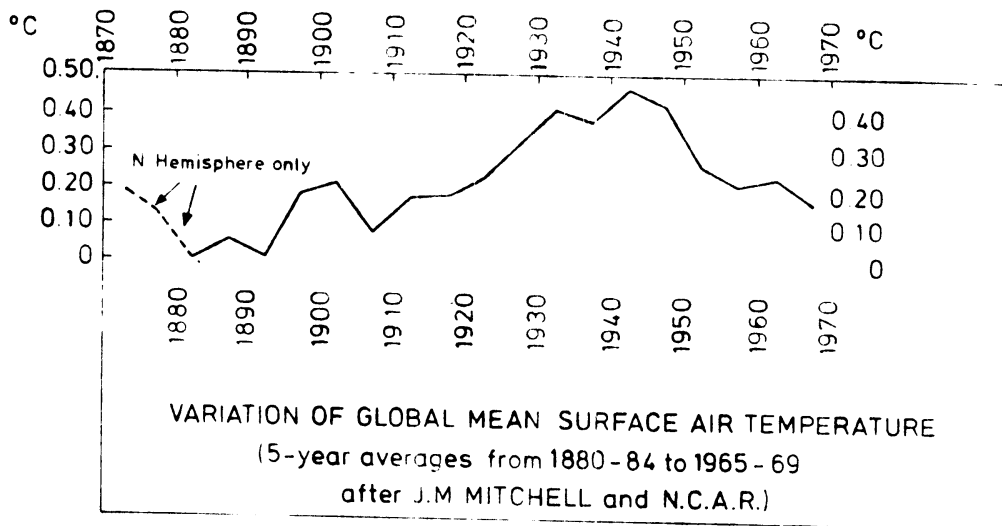


Fig. 3

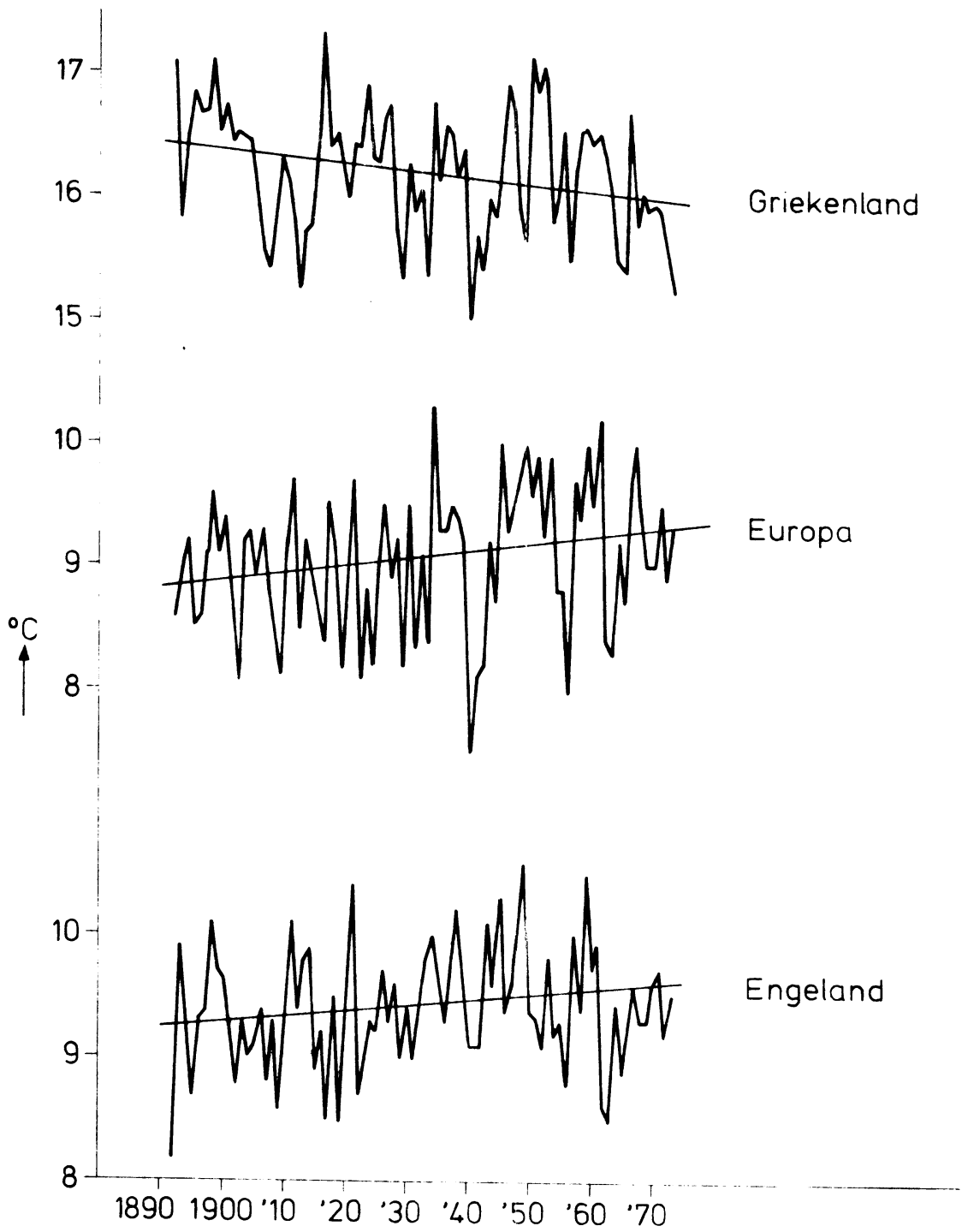
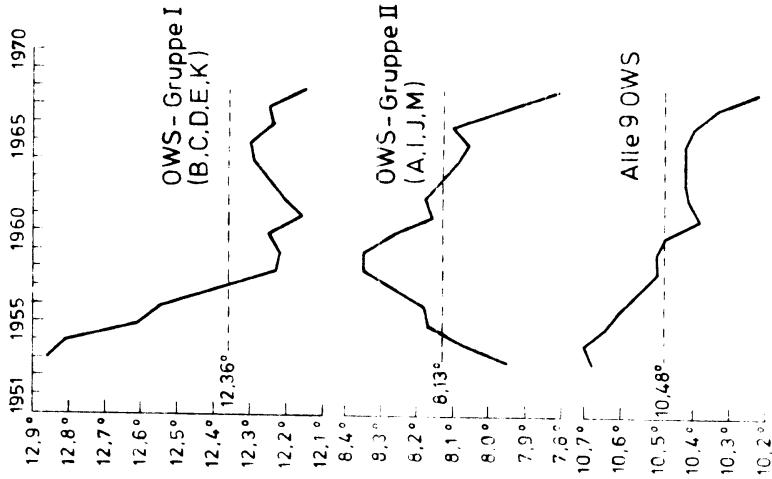
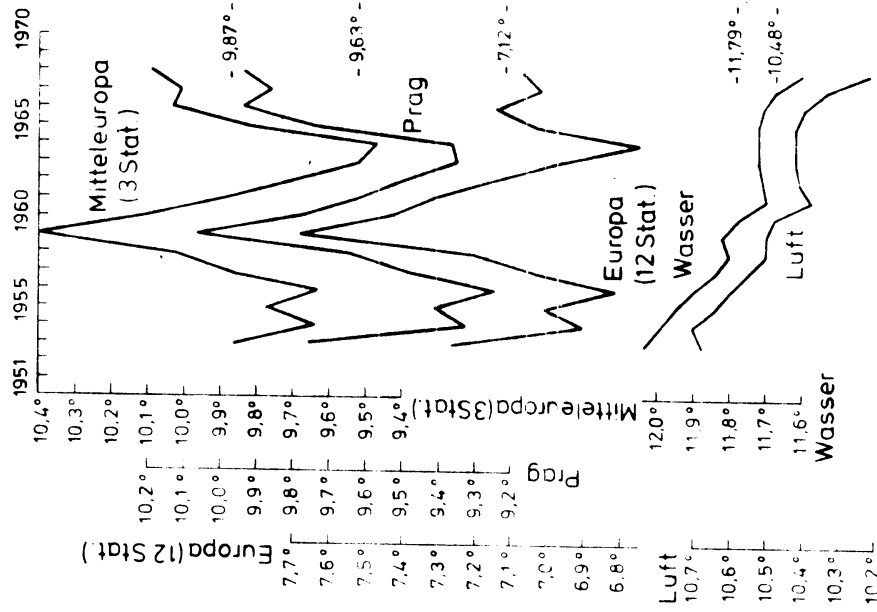


Fig. 4



a



b

Fig. 5

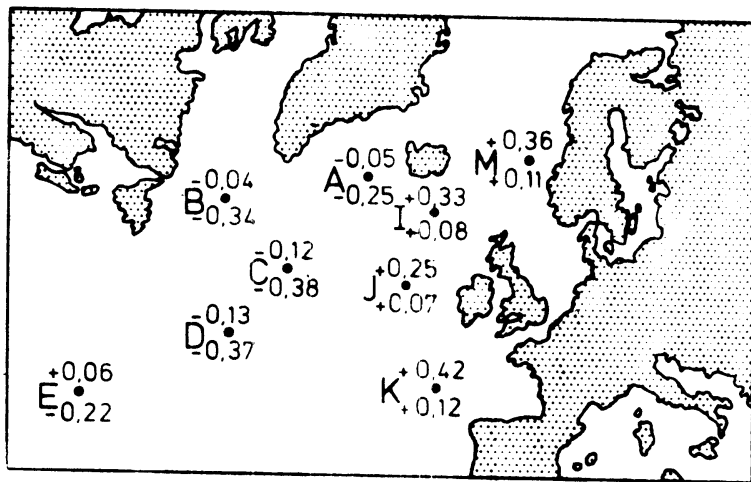


Fig. 6 95% interval voor cor. coëf.
 temperatuur Engeland - weerscheperen
 1951 - 1973