

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Wetenschappelijk Rapport W.R. 54-001 (III-132)

Dr. C. Kramer

De warmtesom in de kiemingsperiode
van zomergerst

De Bilt, 1954.

Kon. Ned. Meteor. Inst.
De Bilt



All Rights Reserved.

Nadruk zonder toestemming van het K.N.M.I.is verboden.

Dr C. Kramer

De warmtesom in de kiemingsperiode
van zomergerst

1. Enkele algemene opmerkingen over de theorie
der constante warmtesommen

De bruikbaarheid van de theorie der constante warmtesommen voor het verklaren van het tempo van de ontwikkelingsgang van een gewas is onder phaenologen nog steeds een voorwerp van discussie. Tot de klassieke voorstanders van deze reeks door DE CANDOLLE geponeerde theorie moet o.m. HOFFMANN gerekend worden (1) die zich hierover zelfs in deze sterke bewoordingen uitlaat: "Die Pflanze ist sozusagen ein lebendiges Registrierthermometer für Wärmesummen". Na hem hebben nog vele phaenologen zich, met meer of minder succes, gewaagd aan het verklaren of zelfs voorspellen van phaenologische data op grond van de bepaling van warmtesommen. Ook door landbouwmeteorologen werd deze methode toegepast, op allerlei cultuurgewassen. Zo trachtten bijvoorbeeld BIDER en MEYER (2) een prognose op te stellen voor de datum van de kersen-oogst in Noordwest-Zwitserland, en OSTERWALDER op hun voetspoor voor appel-en perenbloei (3). Vooral ook veel Duitse onderzoekers hebben met deze methode gewerkt, wat samenhangt met de grote belangstelling die juist in Duitsland bestaat voor de phaenologie en de phaeno-klimatologie. Wij noemen als willekeurige voorbeelden uit de latere jaren WEGER (4) over bloeidata van fruit, en VOIGTS (5) die de werkwijze van WEGER op andere geografische gebieden en op andere gewassen toepaste. Voor Nederland vermelden wij een recent rapport van WILCKE (6) waarin temperatuursommen worden gebruikt ter verklaring van de tijdsverschillen bij voorjaarsverschijnselen van wilde planten over een tiental jaren. Door verschillende moderne Duitse onderzoekers wordt echter een meer kritisch standpunt ingenomen. SCHNEIDER (7) kritiseerde vooral de toepassing van de warmtesommenmethode op gemiddelde phaenologische data en toonde aan dat overdracht van voor een bepaalde plaats gevonden gemiddelde waarden op plaatsen met een andere geografische situatie niet geoorloofd is. Op deze locale invloeden is trouwens door andere onderzoekers ook reeds gewezen; hier wordt het probleem geraakt van de aanpassing van rassen aan lokale omstandigheden, waarover bijvoorbeeld door verschillende Skandinavische onderzoekers

is gewerkt, zowel in verband met rassen van granen als in verband met b.v. naaldboomrassen. Verder wees SCHNEIDER op het bestaan van een tendenz tot kleiner worden van de bij een bepaalde phaenologische periode behorende warmtesom naarmate de aanvangsdatum van die periode ten opzichte van de gemiddelde aanvangsdatum verlaat wordt (het z.g. inloopverschijnsel), in formule:

$$\int_{\bar{D}_0}^{D_0} \mathcal{N} dt > \int_{\bar{D}_1}^{D_1} \mathcal{N} dt \quad \text{voor } D_0 > \bar{D}_0$$

waarbij

t = tijd

\mathcal{N} = temperatuur

D_0, D_1 = data van begin en eind van een phaenologische fase

\bar{D}_0, \bar{D}_1 = gemiddelden van deze data over een reeks van jaren.

HENTSCHEL (8) berekende warmtesommen tot aan de bloei van het sneeuw-klokje, een van de eerste vroeg-voorjaarsverschijnselen en vond dat geen bevredigend constante waarden verkregen konden worden bij keuze van een vaste uitgangsdatum D_0 .

De hierboven genoemde onderzoekers leveren echter slechts kritiek op details, waarbij zij door het voorstellen van allerlei verbeteringen -- zoals: het gebruik van uurwaarden inplaats van daggemiddelden (WEGER, VOIGTS), het in rekening brengen van lokale en temporele invloeden (SCHNEIDER), het toelaten van een variërende begindatum (HENTSCHEL) - het principe van de constante warmtesommen trachten te sauveren. Van meer fundamentele aard zijn de bezwaren, die door BERG (9) worden ingebracht tegen de gedachtengang welke aan het postuleren van constante warmtesommen ten grondslag ligt. Bij het uiteenzetten van onze eigen bezwaren tegen deze theorie zullen wij het desbetreffende artikel van BERG enige malen met instemming kunnen citeren.

Het valt niet te ontkennen, dat ondanks de soms schijnbaar wel bruikbare resultaten, bij een enigszins nadere beschouwing van de methode der constante warmtesommen een aantal zwakke punten aan het licht komt. Naar het ons voorkomt is de zwakke zijde bij vele van de genoemde en soortgelijke onderzoekingen gelegen in het achterwege blijven van een voldoende strenge toetsing op statistische basis.

Het spreekt vanzelf, dat geen enkele onderzoeker het begrip "constantheid" bij deze theorie in de mathematische betekenis opvat. De mate van variabiliteit, die wordt toegelaten, werd evenwel in alle ons bekende gevallen min of meer "op het gevoel" bepaald, ofwel werd er geheel over gezwegen.

Men kan de mathematische uitdrukking voor de "wet" der constante warmtesommen bij inachtneming van een zekere toegelaten afwijking als volgt formuleren:

$$\left| C - \int_{D_0}^D (\theta - \theta_0) dt \right| \leq \varepsilon$$

Hierin is de D = de datum waarop het beschouwde phaenologische verschijnsel zich voordoet.

θ = de gemeten temperatuur,

t = de tijd,

C = de constante grootheid, uitgedrukt als product van tijds- en temperatuureenheden (bijv. graad-uren, graad-dagen.)

ε = de toegelaten variatie.

Veelal neemt men het etmaal als tijdseenheid. Voor het aangeven van de duur van phaenologische perioden is deze eenheid in de meeste gevallen klein genoeg. Daar dit min of meer vanzelfsprekend wordt gevonden laten vele auteurs de tijdsaanduiding weg en volstaan met het sommeren van gemiddelde etmaaltemperaturen over de beschouwde periode, zelfs worden wel eenvoudig overdag-gemiddelden bij elkaar geteld. Dikwijls wordt dan ook gesproken van constante temperatuursommen, aan te duiden als $\sum_{D_0}^D \bar{t}$.

Om aan te duiden, dat het wezenlijke bij deze methode echter niet is het sommeren van temperatuur maar het bepalen van een zekere energiehoeveelheid die door het milieu van de plant moet zijn opgenomen wanneer deze een bepaalde ontwikkelingsfase zal kunnen doorlopen, spreken wij liever van warmtesommen. Verder komen in de formule nog twee constanten voor, n.l. D_0 en θ_0 , respectievelijk de begindatum van waar af men de warmtesom gaat berekenen en de basistemperatuur, waarboven mer de temperaturen sommeert. Veelal wordt voor $\theta < \theta_0$ het verschil $\theta - \theta_0 = 0$ gesteld, soms ook worden temperaturen beneden de basistemperatuur op een of andere wijze negatief in rekening gebracht (BÖER, (10)).

Zowel D_0 als (in minder mate) θ_0 worden veelal heuristisch vastgesteld. Wanneer de berekening betrekking heeft op wilde planten of op overblijvende cultuurgewassen (zoals vruchtbomen) neemt men

meestal voor θ_0 de een of andere datum, vallende in de periode van de winterrust; de datum 1 Januari is hierbij om technische redenen zeer geliefd! Zoals hiervóór reeds werd opgemerkt, heeft o.a. HENTSCHEL een verfijning van de methode in dit opzicht aanbevolen.

Voor θ_0 wordt bij voorkeur een waarde genomen die ook uit anderen hoofde plausibel is te achten, namelijk wanneer men van biologische zijde de beschikking kan krijgen over gegevens met betrekking tot de temperatuur waarbij het gewas in kwestie geactiveerd wordt. Dikwijls echter moet bij gebrek aan dergelijke gegevens ook voor θ_0 een niet al te onwaarschijnlijk lijkende waarde "pour besoin de la cause" worden geadopteerd.

Het is niet te verwonderen dat, bij een dergelijke ruime mate van vrijheid bij het fixeren van keuze-constanten enerzijds en bij het toelaten van een variatie $\pm \epsilon$ anderzijds, in vele gevallen wel een oplossing gevonden kan worden, waarbij het (toch altijd betrekkelijk geringe) experimentele materiaal in de formule past.

Bovendien gelukt het meestal, voor die gevallen waarin de gevonden waarde niet klopt met de formule, een uitweg te vinden doordat men de afwijking "verklaart" met behulp van andere meteorologische factoren. Deze wijze van doen, die typerend is voor de tweeslachtige houding die door de meeste onderzoekers ten aanzien van de "geldigheid" van de wet der constante warmtesommen - bewust of onbewust - wordt aangenomen, wordt door BERG (loc.cit.) enigzins ironisch als volgt gekarakteriseerd:

"Wenn man phänologische Untersuchungen oder Veröffentlichungen liest, so stellt man immer wieder fest, wie zunächst beispielsweise das phänologische Geschehen mit den Temperatursummen verglichen wird; wie dann aber bei einem nicht in die Theorie passenden Jahr Wendungen benutzt werden, die auf ein anderes zusätzliches Wetterereignis Bezug nehmen, das - man möchte fast sagen - als deus ex machina in der Diskussion zur Hilfe geholt wird".

BERG staat trouwens scherp afwijzend tegenover iedere poging om data van phaenologische verschijnselen te verklaren uit sommenfuncties van meteorologische factoren (zijn kritiek treft o.i. in wezen evenzeer de pogingen met behulp van niet-additief samengestelde functies). Om zijn standpunt toe te lichten citeren wij nogmaals het genoemde artikel:

"Es gelingt prinzipiell nicht, ein phänologisches Datum als Funktion einer Summe von Funktionen der verschiedenen meteorologischen Elemente allgemeingültig darzustellen. Dabei ist es gleichgültig, ob dies in der Fülle der masz-

gebenden Einzelfaktoren seinen Grund hat, oder aber ob die Pflanze so rasch jeweils Standortvarietäten oder Rassen bildet, dasz niemals das gleiche vergelijkbare Pflanzenkollektiv vorliegt; letzten Endes also deshalb, weil jede Pflanze ein Einzelindividuüm ist".

Als meest sprekend bewijs voor deze stelling voert BERG het herhaaldelijk voorkomend verschijnsel van de phaenologische inversie ("Folge-wechsel") aan.

Dat ook van de mening van BERG gezegd kan worden "nihil novi sub sole" moge tenslotte blijken uit een citaat van KÖPPEN uit 1871 (!) momenteel alleen in Engelse vertaling ter beschikking -, dat luidt:

"... (This last consideration) serves to destroy the beautiful illusion that it is possible to represent the development of plants, even of a single species, by means of a formula which contains temperature, light, humidity and other external agents as factors"- waar hij dan, mogelijk ter beoediging zowel van de in zijn tijd levende pioniers van het phaenologisch onderzoek als van lateren, op laat volgen:

"However, to be sure, who ever finds illusions more pleasant than sober knowledge is not disturbed by such considerations; hence he goes on his way in peace and it is no fault of his if others cannot follow him".

Overgens moge er nog op gewezen worden, dat ook reeds de "Vader der Nederlandse phaenologie" Dr.H.BOS, de theorie der warmtesommen heeft afgewezen.

Wij hebben over de bezwaren tegen de methode der constante warmtesommen nog al uitgebreid, eerstdeels omdat ze ons goed gefundeerd voorkomen, anderdeels omdat zij o.i. een wijdere strekking hebben dan uitsluitend ten aanzien van deze theorie. Soortgelijke bezwaren gelden namelijk, mutatis mutandis, evenzeer ten opzichte van de in de practijk veel gebruikt statistische methode ter bepaling van de samenhang tussers de opbrengst van gewassen en de weerfactoren. Wij zullen op deze plaats evenwel hierop niet verder ingaan.

Om een verantwoord standpunt in te nemen ten aanzien van de controverse inzake de warmtesommen-theorie, lijkt het ons gewenst, twee opvattingen te onderscheiden en streng uitéén te houden, namelijk ten eerste die van de constante warmtesom als uitdrukking van een biologische (of physiologische) wetmatigheid, en ten tweede die van de genoemde theorie als heuristisch principe.

De eerste opvatting moet naar onze mening beslist worden afgewezen. De limiet-uitdrukking voor de "ideale" wet der constante warmtesommen:

$$\int_{D_0}^D (\theta - \theta_0) dt = C$$

impliceert namelijk voor de in de vorm van warmte door de plant per tijdseenheid opgenomen hoeveelheid energie E ($E = K\theta$; $K = \text{constante}$) en het daardoor in de plant te voorschijn geroepen ontwikkelingsverschijnsel, uitgedrukt in enige quantitative grootheid G , een relatie van de gedaante

$$\begin{cases} G = 0 & \text{voor } \theta \leq \theta_0 \\ G = \gamma E = \gamma K \theta = \Gamma \theta & \text{voor } \theta > \theta_0 \end{cases}$$

d.w.z. voor de temperaturen boven θ_0 een lineaire betrekking $G = (\theta - \theta_0) \Gamma$ ~~$(\theta - \theta_0) \gamma K$~~ , waarin K een specifieke evenredigheidsfactor voor het gewas is, en γ een constante, die samenhangt met C . Dit betekent dus, dat beneden de drempelwaarde van de temperatuur de toegevoerde energie geen effect heeft, terwijl boven de drempeltemperatuur het groeiverschijnsel, quantitatief uitgedrukt, evenredig is met de toegevoerde energie.

Een dergelijk eenvoudig verband tussen ontwikkeling en temperatuur wordt evenwel door de physiologische en landbouwkundige ervaring in genen dele bevestigd. De waarneming levert steeds veel meer gecompliceerde betrekkingen tussen deze grootheden, met name zulke waarbij ruimte blijft voor het empirisch bekende verschijnsel van een "optimale temperatuur". Als voorbeeld noemen we een door GIJERRINI (11) voor de groeisnelheid van mais opgegeven betrekking

$$G = A \frac{B C e^{C\theta}}{(e^{C\theta} + B)^2},$$

waarbij A, B , en C constanten zijn die zodanig gekozen kunnen worden dat een maximum in de buurt van $\theta = + 30^\circ \text{ C}$ wordt bereikt, terwijl bij verdere temperatuurstijging de groeisnelheid weer wordt afgeremd, wat wordt toegeschreven aan de moeilijkheid die de plant ondervindt bij het aanvoeren van voldoende water uit de bodem om de grote transpiratie te compenseren.

Wijzen wij dus de hypothese der constante warmtesommen in haar strenge vorm, als biologische wet gedacht, af, dan blijft nog de vraag, in hoeverre en onder welke omstandigheden zij als werkhypothese bruikbaar is. Daar het een benaderingsmethode betreft, zal deze vraag van geval tot geval afzonderlijk moeten worden gesteld en het antwoord zal afhangen van :

- a) de nauwkeurigheid die men wenst te bereiken en
- b) de vraag of een scherpere benaderingsmethode voorhanden is.

Een quantitatief hulpmiddel bij de beantwoording van deze vragen is te vinden in de berekening van de spreiding van de reeks beschouwde temperatuursommen. Gezocht dient te worden naar een quantitative grootte, in casu een functie van meteorologische factoren, die eenduidig met het beschouwde phaenologische verschijnsel is verbonden en die een zo gering mogelijke spreiding vertoont. Het is te verwachten dat in het algemeen een functie van meer variabelen een betere benadering zal kunnen opleveren dan een functie van slechts één variabele. Dit is ingezien bijvoorbeeld door GESLIN (12)

die als bepalende factor voor de groei (uitgedrukt als toename van drooggewicht) van granen voorstelt de zogenaamde heliothermische constante, een functie van temperatuur en daglengte, d.w.z. in feite van temperatuur en straling. Dat deze laatste constante inderdaad bij GESLINS experimenten betere resultaten geeft dan de temperatuursom kunnen we aantonen door berekening van de spreiding. Nemen wij een willekeurige groep experimenten van GESLIN uit de jaren 1930-'40, namelijk een 17-tal zaaiproeven van Vilmorin-wintertarwe, waarbij de zaai-data variëren van 10 October tot 30 Januari en beschouwen wij voor al de zaaisels de periode van opkomst tot schieten dan varieert de duur van deze periode in dagen uitgedrukt van 147 tot 62 met een gemiddelde van 101 en een spreiding van 25%, de temperatuursom in deze periode varieert van 734° C tot 510° C met een gemiddelde van 630° en een spreiding van 11%, de heliothermische index echter varieert van 79 tot 67 met een gemiddelde van 72 en een spreiding van 5%. Dit is slechts één willekeurig voorbeeld uit een grote groep van beschikbare gevallen. Hieruit blijkt, dat in dit geval te temperatuursom weliswaar een meer karakteristieke grootte is voor de periode van zaaien tot aarschieten, dan de duur van deze periode, doch dat de ontwikkeling beter (dan met de temperatuursom) in verband gebracht kan worden met de heliothermische index.

De nauwkeurigheid, waarmede men door toepassing van de hypothese der constante warmtesommen de phaenologische realiteit kan benaderen, hangt in hoge mate af van de aard van het beschouwde phaenologische verschijnsel en van de daaraan ten grondslag liggende fysiologische processen. Inzicht in deze laatste zal een aanwijzing kunnen verschaffen in hoeverre men de temperatuur als regulerende factor in het ontwikkelingsproces mag beschouwen. Ook zonder diepgaande ken-

nis van deze processen kan men echter wel reeds enkele conclusies trekken op grond van een beschouwing van de oecologische factoren die van invloed kunnen zijn op een bepaald phaenologisch verschijnsel. Uiteraard zullen vanuit het standpunt van de landbouwmeteorologie daarbij de meteorologische factoren het meest de aandacht vragen. Nu is het duidelijk dat bij "bovengrondse" ontwikkelingsstadia van het gewas, zoals vegetatieve groei, bloei, rijping van zaden etc., behalve niet of niet-uitsluitend meteorologisch bepaalde factoren als watervoorziening, bemestingstoestand enz., ook een grote verscheidenheid van meteorologische factoren in het spel kan zijn, onder andere temperatuur, straling, daglengte, neerslag, luchtvochtigheid, wind e.d. De kans dat het proces in die mate juist door de temperatuur wordt gereguleerd dat de warmtesommen-methode redelijke resultaten kan geven, is hier dus à priori niet zeer groot.

Bij een "ondergronds" ontwikkelingsproces wordt het aantal mogelijk van directe invloed zijnde meteorologische factoren veel geringer. Neem bijvoorbeeld het geval van de ontkieming van een zaad en de eerste groei van het kiem plantje. Wanneer het zaad in de grond is gebracht is voor ontkieming nodig:

1e) dat het voldoende vocht kan opnemen (eerst via de zaadhuid, daarna, na ontwikkeling van een uitwendig wortelstelsel, via de wortelharen),

2e) dat de temperatuur hoog genoeg is, d.w.z. boven een voor het gewas specifieke drempelwaarde ligt, waarbij het fysiologisch proces op gang gebracht wordt.

Het is verder aannemelijk, dat in een zeker temperatuurgebied, voldoende dicht boven deze drempelwaarde, de groeisnelheid evenredig zal toenemen met stijgende temperatuur, d.w.z. met grotere energietoevoer per tijdseenheid. Bij een dergelijk proces bestaat dus een redelijke kans, dat men de hypothese van de constante warmtesom met enig succes zal kunnen toepassen, mits een optimale vochtvoorziening gewaarborgd is!

Neemt men als proefobject een cultuurgewas en wel speciaal een niet voorgekiemd zomergraan, dan heeft men bovendien de vereenvoudiging, dat de datum Do eenduidig bepaald is: als zodanig kan men namelijk, mits onder geschikte omstandigheden gezaaid wordt, de zaaidatum beschouwen. Zaaie men namelijk in een daartoe geschikte en voldoende vochtige grond en ^{op} een geschikt tijdstip, dan kan levering van warmte en water door de grond aan het zaad vanaf het moment van zaaien plaats vinden. In een goed voorbereid homogeen zaaibed en bij constante zaaidiepte en -dichtheid ontwikkelen alle zaden in monocultuur zich onder identieke omstandigheden. Als men dan verder nog

gezorgd heeft voor een homogene partij geselecteerd zaaizaad van overeenkomstige afkomst en gelijke voorbehandeling, mag men een tamelijk gelijkmatig opkomen van het gehele gewas verwachten; de einddatum D, van de eerste, d.i. de ondergrondse - of kiemingsfase van het gewas is dan als datum van opkomst vrij scherp te bepalen. Een bekwaam waarnemer zal het tijdstip van opkomen onder gunstige omstandigheden praktisch met een nauwkeurigheid van enige uren kunnen bepalen en in elk geval de datum van opkomst met absolute zekerheid kunnen vaststellen.

=====

2 Bepaling van de warmtesom in de kiemingsfase van zomergerst

In 1952 en 1953 werden proeven genomen ter bepaling van de warmtesom tijdens de kiemingsperiode van zomergerst (onder kiemingsperiode verstaan wij het tijdvak tussen de zaaidatum en de datum van opkomst). De proeven werden in 1952 aangelegd op één en in 1953 op twee plaatsen in Nederland, n.l. resp. in Bruinisse (1952), Graauw (1953) en Westpolder bij Ulrum (1953). Bovendien werden nog in de vergelijking betrokken temperatuurmetingen tijdens de kieming van zomergerst op Blangstedgaard bij Odense (Fünen, Denemarken) in 1953.

De waarnemingen in Nederland werden verricht bij verschillende zaaidata, n.l. 5 in Bruinisse (1952), 5 in Graauw (1953) en 4 in de Westpolder (1953).

2.1. De methode van bepaling van de warmtesommen in verband met de dagelijkse gang van de grondtemperatuur.

De warmtesommen werden bepaald door het meten van de grondtemperatuur, ongeveer op zaaidiepte, d.w.z. 3 cm. onder het oppervlak. Als maat voor de gemiddelde grondtemperatuur per etmaal namem wij het rekenkundig gemiddelde van maximum en minimum van de grondtemperatuur in het beschouwde etmaal. Deze methode werd gekozen om praktische redenen.

In de eerste plaats vergt zij een minimum aan instrumenten; men kan per proefveldje volstaan met één maximum - minimum - thermometer plus een contrôlethermometer: hierbij wordt dus het aantal herhalingen in de temperatuurbepaling gelijk aan het aantal herhalingen bij de zaai-tijdenproef (de in Nederland uitgevoerde proeven waren triplo-bepalingen).

In de tweede plaats wordt bij deze methode het werk van de waarnemer tot een minimum gereduceerd: in het algemeen kan worden volstaan met één maal per dag (n.l. na het ochtendminimum) aflezen van de stand van de indices, de vloeistofspiegels en de contrôlethermometer. Dit was van belang omdat de proef uitgevoerd moest worden met medewerking van onbezoldigde waarnemers (landbouwers), die in de voorjaarsperiode, waarin deze proeven moeten worden uitgevoerd, hieraan slechts weinig tijd konden spenderen. Indien de instrumentenpositie dit mogelijk had gemaakt, zouden wij er uiteraard de voorkeur aan hebben gegeven, de grondtemperaturen thermografisch te registreren. Men maakt namelijk bij het gebruiken van het rekenkundig gemiddelde van het dagelijks maximum en minimum als maat voor de grondtemperatuur een zekere fout, die samenhangt met de typische gedaante van de curve die de dagelijkse gang van de grondtemperatuur op een bepaalde diepte weergeeft. Aan deze kromme zijn vrij duidelijk twee gedeelten te onderscheiden, die wij als "dag" - en "nachtgedeelte" aanduiden. Het daggedeelte zet in op een vrij scherp begrensd tijdstip kort na zonsopgang. Onder invloed van de verwarming van het aardoppervlak door instraling ontstaat dan in de bovenste laag van de grond een naar beneden gerichte warmtestroom. De sterkte van deze warmtestroom is evenredig met de intensiteit van de instraling, die weer evenredig is met de sinus van de zonshoogte. Nu geldt voor de zonshoogte h op een tijdstip t :

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

waarin

$$\varphi = \text{breedtegraad,}$$

$$\delta = \text{declinatie}$$

en t = uurhoek

φ is dus een locale constante en δ is in de loop van een dag ook practisch als constant te beschouwen, zodat de verandering van de zonshoogte gedurende één dag op een bepaalde plaats beschreven kan worden door de formule

$$\sin h = A + B \cos t.$$

De instraling is dus eveneens evenredig met $\cos t$. Daar kortdurende fluctuaties in de bestraling van het oppervlak sterk worden gedempt, vertoont de stijgende tak van de kromme, die het verloop van de grondtemperatuur op enige diepte weergeeft een sunussofdaal karakter. De kromme van de oppervlaktetemperatuur wordt hierbij gevolgd, met een phaseverschil en met een dempingsfactor die afhangen van de gesteldheid van de grond en van de diepte waarop wordt gemeten.

Na de culminatie van de zon neemt de naar beneden gerichte warmtestroom in de grond af en gaat langzamerhand de warmteafgifte van de grond aan de atmosfeer een rol spelen. Gedurende het "nachtgedeelte" overweegt de naat boven gerichte warmtestroom, de kromme heeft dan echter een heel ander karakter dan in het daggedeelte. De temperatuurdaling van het oppervlak verloopt veel geleidelijker dan de voorafgaande stijging, en de oppervlaktetemperatuur kan gedurende een groot deel van de nacht bij benadering constant blijven of zwak-exponentieel afnemen, waardoor de afkoelingskromme op het diepere niveau eveneens een vrijwel exponentieel verloopend eindstuk krijgt.

Een voorbeeld van een dergelijke temperatuurkromme over een tijdsverloop van enkele dagen geeft fig.I.

Volgens JOHNSON en DAVIES (13)

zijn dag- en nachtgedeelte van de etmaalkromme ieder bij benadering gelijk aan delen van een sinuslijn, waarbij echter de amplitude van de "dag"-sinussofide ongeveer 8 maal zo groot kan zijn als die van de "nacht"-sinussofide.

De fout die men maakt door het gemiddelde van het maximum en het minimum-temperatuur als gemiddelde etmaaltemperatuur te beschouwen is voor luchttemperaturen door verschillende klimatologen (WILD, KOPPEN, BROOKS, PONCELET; e.a.) onder de loupe genomen.

Men kan in het algemeen stellen

$$T_{gem} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + \Delta$$

en vindt dan voor de correctiefactor Δ waarden, die verschillen naar plaats en jaargetijde, waarbij Δ in den regel negatief is en van de orde van grootte van enige tiendedelen van graden Celsius.

Voor de bepaling van de fout die men, op deze wijze te werk gaande, bij grondtemperaturen maakt, konden wij in de literatuur geen aanknopingspunten vinden.

Wij hebben daarom getracht uit eigen waarnemingsmateriaal een indruk van de grootte van deze fout te krijgen. Daartoe zijn een twintigtal weekregistraties van een grondthermograaf geplanimetreerd en de hieruit gevonden gemiddelde weektemperaturen vergeleken met het gemiddelde van maxima en minima. Steeds vonden wij, dat dit laatste hoger was dan het met behulp van de planimeter bepaalde gemiddelde, m.a.w.

Δ was hier steeds negatief. De gemiddelde waarde van de correctiefactor voor de 20 stroken bedroeg $\Delta = 0,^{\circ}47$ C; voor de afzonderlijke weekstroken waren de verschillen als volgt verdeeld (bepaald tot op $0,^{\circ}1$ C nauwkeurig) :

Groote van het verschil	0,°1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,°9	Gem. 0,°47
Aantal gevallen	2	2	3	4	2	1	3	1	2	Totaal 20

Er bleek hierbij nog enige invloed te bestaan van de grootte van de dagelijkse amplitude op de grootte van het verschil, n.l. hoe groter amplitude, hoe groter Δ .

De geplanimetreerde thermogrammen waren opgenomen op 5 cm. diepte in humeuze zandgrond, terwijl de bij ons onderzoek opgenomen maximum- en minimumtemperaturen werden gemeten in kleigrond op 3 cm. diepte. Dit onderscheid zou op de gedaante van de temperatuurkromme en dus op de grootte van Δ nog van enige invloed kunnen zijn. Uit vroegere oriënterende metingen over het verticaal warmtetransport in verschillende grondsoorten is ons echter gebleken dat er tussen de thermische eigenschappen van de humeuze zandgrond in kwestie en de klei geen zeer grote verschillen bestaan (met name veel geringere verschillen dan bijv. tussen dit humeuze zand en zuiver duinzand). Verder stamt ons proefmateriaal voor de bepaling van Δ uit hetzelfde jaargetijde (maanden Maart en April) als waarin de zaaiproeven zijn genomen. Wij menen dan ook wel voldoende gronden te hebben voor het aannemen van een waarde $\Delta = - 0,^{\circ}5$ C voor de correctiefactor van het temperatuurgemiddelde.

Wij kunnen dit nog iets nader toelichten. Aangenomen dat de grondsoortverschillen klein zijn, is het niveauverschil tussen -3 en -5 cm. niet important. Op grond van het bovenvermelde verband tussen de grootte van de amplitude A en die van de fout Δ kan namelijk het onderscheid tussen de op - 5 cm. gemeten fout Δ_5 en de op - 3 cm. te verwachten fout Δ_3 niet groot zijn, Wij kunnen namelijk stellen

$$\frac{\Delta_3}{\Delta_5} = \frac{A_3}{A_5} \text{ als } A_3 \text{ en } A_5 \text{ de amplitudines respectievelijk op } -3 \text{ en } -5 \text{ cm.}$$

op -5 cm. voorstellen. Nu geldt voor de verhouding van de dagelijkse amplitudines op 2 diepten Z_1 en Z_2 :

$$\ln\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right) = b (Z_2 - Z_1) ;$$

volgens JOHNSON en DAVIES (loc.cit.) is hierbij de constante $b = 0,085$ ongeveer, waaruit volgt $\frac{\Delta_3}{\Delta_5} \approx 1,18$

Bij een gemiddelde fout $\Delta_5 = 0,047$ C op - 5 cm. kunnen wij dus een fout $\Delta_3 = 0,055$ C op - 3 cm. verwachten. Deze waarde klopt bovendien behoorlijk met de uitkomst van een berekening, waarvoor de gegevens wederom aan JOHNSON en DAVIES (l.c.) en aan PEERLKAMP(14) ontleend zijn:

J. en D. geven op voor kleigrond in Maart :

gem. max. temp. $51,04$ F

" min. temp. $32,08$ F

gem. $\frac{t \text{ max} + t \text{ min}}{2} = 42,01$ F

Voor hetzelfde tijdvak bedraagt de gemiddelde luchttemperatuur:

max. $47,08$ F

min. $31,07$ F

gem. $\frac{t \text{ max} + t \text{ min}}{2} = 39,08$ F

waarop toe te passen een bekende correctie $\Delta' = -0,02$ C (ruim) = $-0,04$ F , zodat de ware gem. luchttemperatuur bedraagt $t^1 = 39,04$ F. Het verschil tussen grond- en luchttemperatuur bedraagt volgens PEERLKAMP in dit tijdvak $\approx + 1^0$ C $\approx + 1,08$ F , waaruit volgt voor de ware gem. grondtemperatuur $41,02$ F , dus het gemiddelde van max. en min. temp. geeft een waarde die $(42,01 - 41,02) = 0,09$ F = $0,05$ C te hoog is. Dit geldt voor - 1 cm.; voor - 3 cm. zou dit worden $\frac{100}{118} \times 0,5 = \underline{\text{ruim } 0,04}$ C

=====

3 Uitkomsten van de bepalingen van de warmtesom in de kiemingsperiode van zomergerst.

3.1. De metingen te Bruinisse in 1952.
Bepaling van de basistemperatuur θ_0

Bij de zaaitijdenproef op het proefbedrijf "De Scheldemonden" te Bruinisse werd zomergerst (KENIA en BALLER) gezaaid op 5 verschillende data, tussen 28 Februari en 25 April. Vanaf enige dagen vóór de eerste zaaidatum tot en met de datum van opkomen van het laatste zaaisel werden dagelijks maximum - en minimumtemperaturen van de grond op 3 cm. diepte waargenomen en tevens controlethermometers afgelezen.

Voor ieder der 5 zaaisels werd de warmtesom van zaaidatum tot datum van opkomst berekend, aanvankelijk voor 6 basistemperaturen, n.l. 0, + 1, + 2, + 3, + 4 en + 5° C., waarbij etmaaltemperaturen beneden de basistemperatuur met de waarde 0 in rekening werden gebracht. Men maakt hierbij een zekere fout, omdat ook een etmaal met een gemiddelde temperatuur beneden de basistemperatuur nog wel een gedeelte kan hebben dat boven de basistemperatuur uitkomt.

In eerste instantie werd als gemiddelde etmaaltemperatuur aangenomen $\frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}$, zonder correctiefactor Δ (doch uiteraard wél met inachtneming van de correctiefactoren wegens de fouten van de max.- en min.- thermometers).

Het resultaat van deze berekeningen is weergegeven in onderstaande tabel:

TABEL I Warmtesommen in de kiemingsperiode van zomergerst te Bruinisse in 1952. Etmaalgemiddelden berekend als halve som van t_{\max} en t_{\min} zonder correctiefactor

TABEL I

Proef No.	Zaai-datum	Datum v. opkomst	Duur kiemingsperiode	Gem. temp.	Warmtesommen in graad-dagen						
					>0°	>1°	>1,5°	op -3 cm >2°	>3°	>4°	>5°
I	28-II	8-III	19 d	+ 6,0°	116	97	<u>88</u>	78	59	41	25
II	14-III	1-IV	18 "	+ 5,05°	99	83	<u>75</u>	67	52	38	26
III	28-III	11-IV	14 "	+ 7,0°	100	88	<u>82</u>	76	65	54	43
IV	11-IV	17-IV	6 "	+15,0°	92	86	<u>83</u>	80	74	68	62
V	25-IV	3-V	8 "	+16,0°	127	119	--	111	103	95	87
Gemiddelde (I -IV)					102	88	<u>82</u>	75	62	50	39
Spreiding (σ) (I -IV)					10	>6	<u>5</u>	>5	9	14	17

Uit deze tabel blijkt in de eerste plaats, dat, vergeleken met de eerste 4 zaaisels en de gemiddelde temperatuur in aanmerking genomen, het laatste zaaisel een te lange kiemingsperiode heeft gehad. De tijdens de proefnemingen eveneens te Bruinisse bepaalde neerslagcijfers in aanmerking nemende, lijkt het waarschijnlijk dat dit een gevolg is geweest van de droogte van de bovenlaag van de grond. (Hier komt dus de Deus ex Machina van BERG op het toneel !!). Wij rekenden daarom verder alleen met de zaaisels I t.e.m. IV. Wij zien hierbij, dat de duur van de kiemingsperiode varieert van 6 tot 19 dagen; de gemiddelde grondtemperatuur op - 3 cm. tijdens de kiemingsperiode varieert van 5,05 tot 15°. Minimumtemperaturen beneden 0° op - 3 cm kwamen in de 1e, 2e en 3e periode voor, maximumtemperaturen beneden 0° alleen in de 2e periode. Berekenen wij de spreiding in de reeksen warmtesommen bij de verschillende basistemperaturen 0, 1, 2, 3, 4 en 5° C dan vinden wij hiervoor achtereenvolgens: 10, 6, 6, 9, 14 en 17 hetgeen wijst op een minimum-waarde ergens tussen + 1° en + 2°.

Inderdaad vinden wij ook, uitgaande van de basistemperatuur + 1,5° C, een spreiding die nog iets beneden de "naburige" waarden voor resp. + 1° en + 2° C ligt, n.l. een spreiding van slechts 5 graad-dagen bij een gemiddelde van 82 graaddagen.

Wij kwamen hierdoor tot de veronderstelling, dat een gemiddelde dagtemperatuur van ongeveer + 1,5° C in de grond op zaai-diepte de grens aangeeft, waar beneden het kiemingsproces van de gerst niet kan beginnen, c.q. stagneert.

We merken nog op, dat tussen de rassen KENIA en BALDER ten aanzien van de data van opkomst en dus ook ten aanzien van de kiemingswarmtesommen géén verschil kon worden geconstateerd.

In het bovenstaande is nog geen rekening gehouden met de correctiefactor $\Delta = -0,^{\circ}5$ C uit de formule

$$T_{gem} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + \Delta$$

Wordt deze correctie wél in rekening gebracht dan vindt men uit de "ware" daggemiddelden de volgende temperatuur-sommen:

TABEL II Warmtesommen in de kiemingsperiode van zomergerst te Bruijnisse in 1952, berekend uit maxima- en minima van de grondtemperaturen met toepassing van de correctiefactor $\Delta = -0^{\circ}5$ C.

Proef No.	Ware warmtesommen in graaddagen op - 3 cm.						
	>0°	>+1°	>+1,°5	>+ 2°	>+3°	>+ 4°	>+ 5°
I	106	87	78	68	49	31	15
II	90	74	66	58	43	29	17
III	93	81	75	69	58	47	36
IV	89	83	80	77	71	65	59
Gemiddeld	95	81	75	68	55	43	32
σ	8	5,5	>6	8	12	17	20

De kleinste spreiding blijkt voor de gecorrigeerde warmtesommen hier dus voor te komen in de reeks met basistemperatuur + 1° C, wat overeenkomt met + 1,°5 C voor de "ongecorrigeerde" warmtesom; het gemiddelde van deze reeks bedraagt 81 graaddagen; behoudens afrondingsfouten moet de gecorrigeerde warmtesom bij de basistemperatuur + 1,0° C natuurlijk overeenstemmen met de ongecorrigeerde warmtesom bij basistemperatuur + 1,°5 C.

=====

3.2 De metingen in de Nederlandse gerstgebieden op zeelei in 1953

3.2.1 De metingen te Graauw (Z.Vl.).

Op het Na-Co-Brouw-proefveld op het landbouwbedrijf van Gebr. van Campen te Graauw werden in het voorjaar van 1953 zaaitijdenproeven aangelegd met de rassen BALDER en PIROLINE. Ook hier werden bij elk der 5 zaaitijden in de periode tussen zaaidatum en opkomen dagelijks maximum en minimum van de grondtemperatuur op zaaidiepte gemeten.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de resultaten:

TABEL III Warmtesommen in de kiemingsperiode van zomergerst, 2 rassen, 5 zaaitijden, te Graauw in 1953 (B bet.ras BALDER, P: PIROLINE). Correctiefactor $\Delta = 0$

Proef No.	Zaaidatum	Datum van opkomst		Duur kiemingsperiode		Warmtesom bij basistemperatuur $\frac{t_{max}+t_{min}}{2}=1,5^{\circ}C$	
		B	P	B	P	B	P
I	2 - III	27 - III	28 - III	25 d	26 d	99	107
II	16 - III	2 - IV	3 - IV	17 "	18 "	94	100
III	30 - III	12 - IV	13 - IV	13 "	14 "	93	103
IV	13 - IV	23 - IV	23 - IV	10 "	10 "	95	95
V	25 - IV	4 - V	4 - V	9 "	9 "	97	97
Gemiiddelde						96	100
						2,5	5

3.2.2. De metingen in de Westpolder in 1953

Ter vergelijking met de proefnemingen in het Zuidwestelijk zeeleigebied (Bruinisse 1952, Graauw 1953) werden in 1953 ook in het Noordoostelijk zeeleigebied zaaitijdenproeven aangelegd, en wel op de proefvelden van Dr.R.J.Mansholt's Veredelingsbedrijf in de Westpolder bij Ulrum (Gr.). Hier werd een zaaitijdenproef met 4 zaaidata

aangelegd, waarbij soortgelijke grondtemperatuurmetingen werden uitgevoerd als te Graauw, eveneens met de rassen BALDER en PIROLINE. De hier verkregen resultaten zijn samengevat in tabel IV.

TABEL IV Warmtesommen in de kiemingsperiode van zomergerst, 2 rassen, 4 zaaitijden, te Westpolder in 1953.
(B = ras BALDER, P = ras PIROLINE;) correctiefactor $\Delta = 0$

Proef No.	Zaai-datum	Datum v. Opkomst		Duur kiemingsperiode		warmtesom bij basistemperatuur $\frac{t_{max} + t_{min}}{2} = 1,5^{\circ}C$	
		B	P	B	P	B	P
I	16-III	3-IV	3-IV	18 d	18 d	100	100
II	I-IV	15-IV	15-IV	14 "	14 "	104	104
III	13-IV	24-IV	24-IV	11 "	11 "	100	100
IV	1-V	10-V	10-V	9 "		105	106
Gemiddeld						102	102
σ						2	2

3.3. Vergelijking van de metingen te Bruinisse (1952), Graauw (1953) en Westpolder (1953).

De uitkomsten van Bruinisse spraken reeds vrij duidelijk voor het bestaan van een basistemperatuur (daggemiddelde) van $+ 1,5^{\circ}C$, gemeten als gemiddelde van dagelijks maximum en minimum. Uitgaande van deze basistemperatuur bleken inderdaad de metingen te Graauw en te Westpolder in 1953 ook weer de meest constante warmtesommen op te leveren, wat dus een bevestiging is voor de realiteit van deze basistemperatuur. Echter ligt in 1953 het bedrag van de warmtesom aanzienlijk boven het in 1952 te Bruinisse gevonden bedrag. Het ras BALDER verbruikte in 1952 in Bruinisse een warmtesom van gemiddeld 82 graaddagen in zijn kiemingsperiode; in 1953 verbruikte ditzelfde ras te Graauw 96 en in de Westpolder 102 graaddagen. De verschillen tussen de laatstgenoemde twee stations lijken nauwelijks significant, daarentegen wel het verschil tussen de uitkomsten van 1953 en die van 1952. Het is mogelijk,

dat een oorzaak voor dit verschil te zoeken is in de voorgeschiedenis van het zaaizaad; het zaaizaad voor de proeven in Graauw en Westpolder in 1953 was afkomstig van eenzelfde partij.

Rasverschillen tussen de bij deze proeven betrokken rassen zijn slechts in één geval geconstateerd, n.l. in Graauw (1953), waar bij de vroege zaaisels PIROLINE een kleine vertraging in haar kiemingsperiode vertoonde ten opzichte van BALDER.

3.4. Vergelijking met de warmtesom in de kiemingsperiode van zomergerst te De Bilt (1953).

Op het K.N.M.I- proefveld te De Bilt, op een humusrijke zandgrond, zijn in 1953 eveneens grondtemperaturen gemeten, op 5 cm. diepte, in een met gerst bezaaid perceel. Er waren 3 zaaitijden, de rassen waren PIROLINE en BALDER, het zaaizaad was uit dezelfde partij als in Graauw en Westpolder. Bij 2 zaaitijden waren bruikbare grondtemperatuurbepalingen aanwezig, de uitkomsten waren:

Proef no	Zaaidatum	Opkomst	Duur kiemingsper.	Warmtesom bij basistemp. + 1,05 C. (in graaddagen)
1	3 - III	23- III	20 d	91
2	17 - III	1- IV	15 d	102

Deze gegevens gelden voor beide rassen. Ze komen redelijk goed overeen met de andere proeven van 1953, vooral de 2e zaaitijd.

3.5. Vergelijking met gegevens van Blangstedgaard (Denemarken) - 1953

Tijdens een verblijf in Denemarken in Juni 1953 waren wij in de gelegenheid, inzage te verkrijgen van de op het Landbouwproefstation Blangstedgaard bij Odense gemeten grondtemperaturen tijdens de kiemingsperiode van gerst in de voorjaren van 1952 en 1953. Van deze gerst waren tevens zaaidata en data van opkomst bekend (het ras was vermoedelijk HERTA). De grondtemperaturen (op - 5 cm.) werden hier drie maal daags waargenomen, n.l. om 8, - 14- 21^h. Op deze wijze verkrijgt men een redelijk goed etmaalgemiddelde, zodat men

hier niet de correctie $\Delta = - 0,5^{\circ} \text{C}$ behoeft toe te passen en dus als basistemperatuur dient te nemen $+ 1,0^{\circ} \text{C}$. Dat op $- 5 \text{ cm.}$ is gemeten is geen ernstig bezwaar, gezien de over 't algemeen iets grotere zaaidiepte in Denemarken en de geringe verschillen in temperatuur tussen $- 3$ en $- 5 \text{ cm.}$

Het sommeren der temperaturen gedurende de kiemingsperiode in beide jaren leverde hier het volgende resultaat:

Jaar	Zaaidatum	Datum van opkomst	Duur kiemingsperiode	Warmtesom bij basistem _{p.} + 1,0° C.
1952	14 - III	14 - IV	31 d.	102 graaddagen
1953	11 - III	1 - IV	21 d.	98 "

De waarden voor deze beide jaren komen dus goed overeen met de in Nederland in 1953 gevonden waarden .

4. Conclusies en Samenvatting.

4.1 Conclusies

Wanneer wij het geheel van de hier in hfdst. 3 beschreven bepalingen van warmtesommen in de kiemingsperiode van zomergerst overzien, rijst de vraag, welke conclusies nu toegelaten zijn, gezien in het licht van datgene wat in hfdst. I ten aanzien van het begrip der constante warmtesommen in het algemeen is gezegd.

Terwille van de overzichtelijkheid willen wij eerst alle resultaten in één tabel samenvatten:

TABEL V Overzicht bepalingen warmtesommen in de kiemingsperiode van zomergerst, uitgaande van de basistemperatuur

$$t = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} = 1,5^{\circ} \text{C.}$$

TABEL V

Jaar	Plaats	Grondsoort	Ras	Zaai-datum	Duur kiem. per.	Warmtesom in graaddagen op zaaidiepte	Gem.	σ
1952	Brui-nisse	zeeklei	Bal-der	28-II	19 d.	88	82	5
				14-III	18 "	75		
				28-III	14 "	82		
				11-IV	6 "	83		
1953	Graauw	"	"	2-III	25 "	99	98,5	4,3
				16-III	17 "	94		
				30-III	13 "	93		
				13-IV	10 "	95		
				25-IV	9 "	97		
1953	West-polder	"	"	16-III	18 "	100		
				I-IV	14 "	104		
				13-IV	11 "	100		
1953	De Bilt	hum.-zand	"	I-V	9 "	105		
1952	Blangstedgaard	klei	Herta(?)	3-III	20 "	91		
				17-III	15 "	102		
1952				14-III	31 "	102		
1953	"	"	"	11-III	21 "	98		

Vervolgens zal het nodig zijn, ter verkrijging van een juiste waardeschatting van onze probleemstelling, deze laatste kort te schetsen in het raam waarin zij is ontstaan.

De algemene doelstelling, in het kader waarvan deze proeven zijn ondernomen, is de bevordering van de gerstcultuur, speciaal met het oog op de teelt van inlandse brouwgerst. Nu was ons gebleken dat er bij brouwgerst een positief verband bestaat tussen de duur van de vegetatieve periode en de opbrengst aan brouwgerst. Hieruit vloeit weer voort het advies, vroegtijdig te zaaien. Aan extra-vroeg zaaien zijn echter bezwaren (land moeilijk bewerkbaar, arbeidsverdeling ongunstig) en risico's (vorstschade!) verbonden en de vraag is dus, feitenmateriaal bijeen te brengen dat dienstig kan zijn bij de beantwoording van de vraag, welke in een gegeven situatie de vroegste zaaidatum is die zin heeft. Hiervoor dienen o.m.

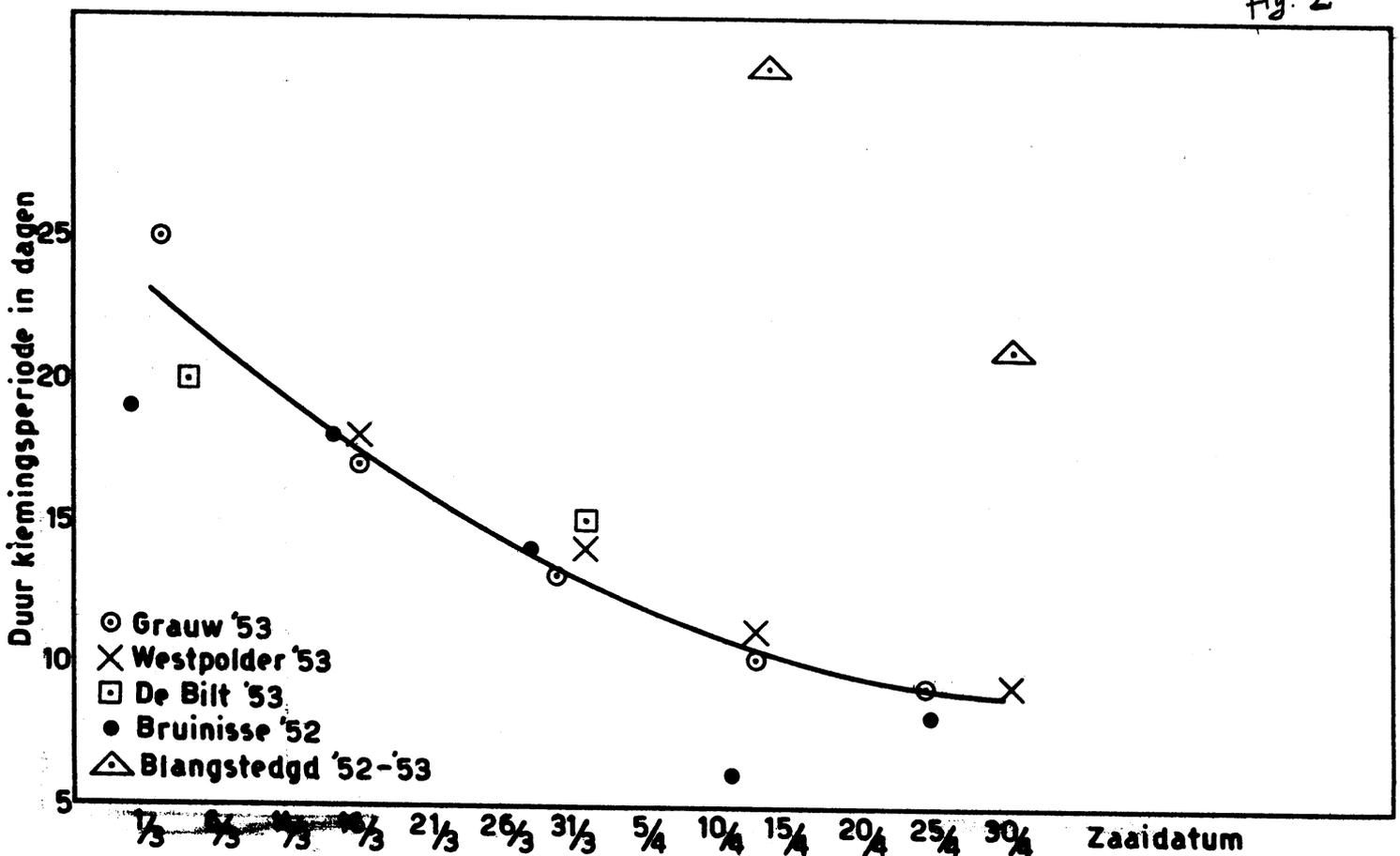
onze zaaitijdenproeven met de daaraan verbonden temperatuurbepalingen. Een nevenvraagstuk is dan, in hoeverre hier verband is te leggen tusser zaaidatum en verdere ontwikkelingsdata met behulp van o.m. de theorie der constante warmtesommen.

De hier besproken proeven hebben nu wel duidelijk gemaakt:

1e) dat wij geèn kieming van het zaad hebben te verwachten beneden de temperatuurdrempel gegeven door $\frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} = 1,05 \text{ C.}$

2e) dat boven deze drempeltemperatuur voor de 1e phaenologische periode van zomergerst, vrijwel onafhankelijk van het ras, circa 100 graaddagen nodig zijn. \times In welk aantal dagen dit wordt bereikt, hangt af van de gemiddelde grondtemperatuur en dus van de zaaidatum. Voor onze Nederlandse proeven bestaat er tussen zaaidatum en duur van de kiemingsperiode een redelijk goed verband, zoals blijkt uit de laatste grafiek, en zodoende zouden wij dus alléén in de zaaidatum al een goede indicatie voor de verwachting van de datum van opkomst hebben. Wij zien in deze grafiek echter ook, dat onder andere geografisch-klimatologische omstandigheden (zie de 2 punten van Denemarken) het verband heel anders ligt. Hier blijkt dus de theorie van de constante warmtesom wél de voorkeur te verdienen, omdat de warmtesom blijkbaar meer invariant is voor locale variatie dan de duur van de kiemingsperiode bij gegeven zaaidatum.

fig. 2



* Noot : Bij de afsluiting van dit artikel valt nog te vermelden dat ook de in 1954 herhaalde bepalingen aanvankelijk (d.w.z. voor de vroege zaaisels) in verschillende streken weer aantallen graaddagen hebben geleverd die goed overeenkomen met de bovenvermelde waarden, n.l. resp. 104 en 102,5 graaddagen.

=====

De Bilt, April 1954.

Abstract.

The theory of constant heat sums (mostly given in the form of constant degree-day-sums) is criticized. Obviously there is no physiological base for the view that a constant heat sum should be needed for the attainment of a certain phenological stage. A number of publications dealing with this subject suffer from a lack of mathematical and statistical criticism.

Under favorable circumstances however the method may be used as a practical rule, especially if the number of external factors affecting the development in a certain stage is small. As an example we treat the case of the degree-day-sum of soiltemperatures in the period between sowing and brairding of spring barley. Here we found in several cases (as well in Holland as in Denmark) with different varieties a fairly constant degree-day-sum of about 100 (comp. table V)

Literaturangaben

1. HOFFMANN, H. - Resultate der wichtigsten pflanzenphänologischen Beobachtungen in Europa - Giessen (1885).
2. BIDER, M. & MEYER, A. - Lässt sich der Zeitpunkt der Kirschenernte der Nordwestschweiz vorausbestimmen? - Schw.Zs.F. Obst- u. Weinbau in Wädenswil, (1946)
3. OSTERWALDER, A - Die Wärmeansprüche unserer Obstfrüchte und Trauben von der Blüte bis zur Reife - Wädenswil, z. j.
4. WEGER, N. - Obstbaumblüte und Wetter - Die Umschau 46, 193, (1942)
5. VOIGTS, H - Wärmestundensummen und phänologische Erscheinungen. - Arch.f.Met., Geoph.u. Biokl. Bi, 410, (1949).
6. WILCKE, J. - Wilde planten 1940 - 1951 meded. in Landbouwk. Ts. 65 16, (1953) ^{p.216}
7. SCHNEIDER, M - Summen, Mittel und mittlere Extreme der Temperatur von phänologischen Zeitspannen - Ber. d. D. Wetterd US-Zone 42, 276, (1952)
8. HENTSCHEL, G. - Ein Beitrag zur Phänologie der Schneeglöckchenblüte - Angew. Met. I, 43, (1951).
9. BERG, H - Bedeutung und Grenzen der Phänologie für die Klimatologie - Ber. d.D.Wetterd U.S. - Zone 42, 358, (1952).
10. BÖER, W. - Witterung und Pflanzenwachtstum - Abh.Met.u.Hydrol.Dienst Df.Demokr.Rep. 2, No.14, (1952)
11. GUERRINI, V.H. - Evaporation and transpiration in the Irish climate - Techn.Note 14 Dept. Industr. and Commerce, Met. Service Dublin (1953).
12. GESLIN, H. - Etude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat - Contribution à l'étude du climat du blé - Monographies publ. par les Stat. et Lab. de recherches agronomiques, Paris 1944.

13. JOHSON, N.K. & EL·DAVIES - Some measurements of temperature near the surface in various kinds of soils - Quart.Journ. Roy.Met.Soc. 53, p 45, (1927).
14. PEERLKAMP, P.K. - Bodemmeteorologische onderzoekingen te Wageningen - Med.Landb.Hs. 47, 3, 1944, Wageningen.