

Rapport 15-85

Golfoploop en -reflectie van een lopende watersprong tegen een talud

Deelstudie voor een Pomp Accumulatie Centrale in het IJsselmeer

1985

H.L. Fontijn

GOLFOPLOOP EN -REFLECTIE VAN EEN LOPENDE WATERSPRONG TEGEN EEN TALUD
Deelstudie voor een Pomp Accumulatie Centrale in het IJsselmeer

H.L. Fontijn

Rapport nr. 15-85
Laboratorium voor Vloeistofmechanica
Afdeling der Civiele Techniek
Technische Hogeschool Delft
1985

Inhoud

Samenvatting

1. Inleiding

2. Laboratoriumexperimenten

2.1. Beschrijving model

2.2. Schaalregels

2.3. Meetmethode en meetprogramma

2.4. Resultaten

3. Conclusies

Literatuur

Notatie

Figuren

Samenvatting

Golfoploop en -reflectie van een lopende watersprong tegen een talud zijn experimenteel onderzocht. De laboratoriumproeven zijn uitgevoerd in een goot; alleen loodrechte golfinval is beschouwd. Er zijn drie verschillende taludhellingen toegepast, t.w. twee flauwe (1:3, 1:2) en één steile (1:1). Invloed van schaalears effecten t.g.v. de gebruikte waterdiepte is niet geconstateerd. Voor de invallende watersprong -die een golvend karakter had- lag de verhouding van spronghoogte en ongestoorde waterdiepte tussen 0.13 en 0.51. De golfoploop wordt voornamelijk bepaald door de maximale hoogte van de invallende golf. I.g.v. de twee flauwe taluds blijkt de golfoploop niet afhankelijk van de hellingshoek van het talud. De reflectiecoëfficiënt heeft waarden van 1.8 tot 2.2. De golfreflectie wordt niet wezenlijk beïnvloed door de taludhelling.

1. Inleiding

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van een deelstudie voor een Pomp Accumulatie Centrale geprojecteerd in het IJsselmeer. Deze deelstudie betreft de golfoploop en de golfreflectie van een lopende watersprong bij loodrechte inval tegen een hellend (dijk)talud. De lopende watersprong wordt geacht het gevolg te zijn van een mogelijke breuk van de dijk om het spaarbekken, dat een onderdeel vormt van de centrale; het talud waartegen oploop en reflectie plaatsvinden is de feitelijke oeverbescherming van het IJsselmeer. De veronderstelde afstand op het IJsselmeer tussen de breukzone in de dijk om het spaarbekken en het talud van de oeverbescherming bedraagt 5 km; de plaatselijke diepte is 5.0 m bij een horizontale bodem. De stroming en de golfvoortplanting na doorbreken van de dijk om het spaarbekken zijn theoretisch en experimenteel onderzocht in een aparte deelstudie (Fontijn & Kranenburg, 1985). Hierin is o.a. gevonden dat op een afstand van 5 km vanaf de breukzone (afhankelijk van langzaam of snel bezwijken van de dijk) de spronghoogte van de lopende watersprong gesteld kan worden op 20% tot (maximaal) 50% van de ongestoorde waterdiepte. Dit gegeven nu vormt het uitgangspunt voor het onderhavige rapport. In een andere deelstudie (Kranenburg, 1985) is -bij loodrechte en scheve inval- theoretisch de reflectie van de onderzochte golven tegen een verticale wand behandeld.

Voorliggende deelstudie omvatte een serie laboratorium-experimenten, uitgevoerd in een goot. Voor diverse spronghoogten werden lopende watersprongen gegenereerd, die een golvend karakter hadden; hierbij is gestreefd naar verhoudingen van spronghoogte en ongestoorde waterdiepte tussen 0.2 en 0.5. Er zijn drie verschillende taludhellingen gebruikt, nl. twee flauwe (1:3, 1:2) en één steile (1:1). De parameters van de invallende, lopende watersprong zijn bepaald, alsmede de golfoploop en de hoogte van de gereflecteerde golf. Het beeld van de invallende golf vóór het talud, het golfoploopverschijnsel en de golfreflectie zijn vastgelegd op videoband. Paragraaf 2 geeft een beschrijving van de laboratoriumopstelling, de gebruikte schaalregels, de meetmethode en het meetprogramma; tevens worden de resultaten gepresenteerd. In paragraaf 3 wordt een aantal conclusies geformuleerd.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de N.E.O.M. b.v.

2. Laboratoriumexperimenten

De fysische modelproeven zijn alle uitgevoerd in een rechte (golf)goot in het Laboratorium voor Vloeistofmechanica. Omdat karakter en afmetingen van de invallende, lopende watersprong uitsluitend nabij het talud van belang zijn, doet de wijze van genereren er minder toe. Bedacht moet worden dat de deelstudie betreffende stroming en golfvoortplanting na een dijkbreuk (Fontijn & Kranenburg, 1985) weliswaar uitsluitend geeft over de gemiddelde hoogte van de lopende watersprong vóór de oever van het IJsselmeer, maar niets zegt over het karakter ervan. Experimenten, aangehaald door Katopodes (1984), geven aan dat bij de vigerende verhouding van spronghoogte en ongestoorde waterdiepte (0.2-0.5) de lopende watersprong een golvend karakter heeft. Of de karakteristieken van de in het fysische model opgewekte, lopende, golvende watersprong nabij het talud overeenstemmen met de situatie in het prototype, valt niet te zeggen; immers, de golvende watersprong verandert gestaag van vorm naarmate hij voortschrijdt in de plaats, o.a. worden de afstanden tussen de golftoppen groter. De video opnamen zijn gemaakt voor een taludhelling van 1:2.

2.1. Beschrijving model

De modelexperimenten vonden plaats in een rechte goot met horizontale bodem en rechthoekige doorsnede; de totale lengte ervan was 35 m, de breedte 0.80 m en de beschikbare hoogte 0.60 m. Een schets van de proefopstelling is gegeven in fig. 2.1. Aan het begin van de goot bevond zich een vlak, glad talud (A) met instelbare hellingshoek α ; de teen van het talud viel samen met de gootbodem en stond loodrecht op de lengte-as van de goot. Het gootgedeelte c.q. 'bassin' (B) direct vóór het talud stelde het IJsselmeer voor, het talud zelf representeerde de waterkerende zijde van de dijk waartegen golfoploop en -reflectie plaatsvonden. Op zekere afstand vóór het talud was over de volle gootbreedte een verticaal beweegbare schuif (C) gemonteerd. In neergelaten toestand vormde deze schuif tezamen met de schotbalkoverlaat (E) aan het einde van de goot een compartiment (D), dat als reservoir diende; de waterstand hierin werd ingesteld met de schotbalkoverlaat en was als zodanig hoger dan die in 'bassin' B. Bij heffen van schuif C ledigde het reservoir

zich in het ontvangende basin B en kwam de vorming van de lopende watersprong tot stand.

2.2. Schaalregels

Op grond van de te verwachten stromings- en golfverschijnselen kwam alleen een niet-samengetrokken model in aanmerking. Dit betekent dat de geometrie moet voldoen aan de schaalvoorwaarde

$$n_l = n_a \quad ;$$

hierin is

$$n_x = \frac{x_p}{x_m} \quad ,$$

met n_x = schaalfactor voor grootheid x,

x_p = waarde van grootheid x in prototype,

x_m = waarde van grootheid x in model;

de index l heeft betrekking op een horizontale afmeting, de index a op de waterdiepte. Deze geometrische gelijkvormigheid impliceert dat voldaan moet worden aan de Froude-voorwaarde:

$$n_u = \sqrt{n_a} \quad ,$$

waarin n_u de schaalfactor voor de (stroom)snelheid u voorstelt.

De schaalfactoren voor de tijd t en het debiet Q luiden dan resp.:

$$n_t = \sqrt{n_a} \quad , \quad n_Q = n_a^2 \sqrt{n_a} \quad .$$

Met bovenvermelde schaalfactoren kunnen de modelresultaten herleid worden tot corresponderende waarden voor het prototype. Bij ongestoorde waterdiepten in prototype en model van resp. 5.00 m en 0.20 m worden de schaalfactoren voor de geometrie, de snelheid en de tijd achtereenvolgens:

$$n_a = 25 \quad , \quad n_u = 5 \quad \text{en} \quad n_t = 5 \quad .$$

2.3. Meetmethode en meetprogramma

De golfhoogtereregistraties zijn opgenomen met behulp van golfhoogtemeters. Twee golfhoogte opnemers (I en II) stonden opgesteld vóór het talud, in de lengte-as van de goot op 1.00 m

en 2.50 m vanaf de teen.

Het analoge signaal van elke golfhoogte opnemer werd versterkt en d.m.v. een papierrecorder uitgeschreven, waarna de karakteristieken van de invallende, lopende watersprong en de hoogte van de gereflecteerde golf konden worden bepaald. De nauwkeurigheid van de uiteindelijke golfhoogtereregistratie bedroeg $\pm 1.5 \times 10^{-3}$ m, de papiersnelheid van de recorder was 5 mm/s (nauwkeurigheid $\pm 1\%$). De twee signalen van de golfhoogte opnemers werden synchroon behandeld. Het signaal van golfhoogtemeter I werd gebruikt om de invallende, lopende watersprong te karakteriseren en de hoogte van de gereflecteerde golf te bepalen, het signaal van golfhoogtemeter II diende ter controle en om een indruk te krijgen van de vervorming van het golfbeeld.

Door het vlak van het talud vóór ieder experiment te bepoederen met talk kon de afstand waarover de golfoploop plaats vond zichtbaar worden gemaakt en opgemeten (op drie plaatsen in breedterichting). De uiterste begrenzing van de golfoploop op het talud bleek een redelijk rechte, horizontale lijn te zijn. De nauwkeurigheid van de gemeten golfoploop bedroeg $\pm 10^{-2}$ m.

De meetprocedure omvatte de volgende stappen:

- het instellen van de waterdiepte in de gehele goot -bij geheven schuif C- op het in 'bassin' B gewenste niveau; dit geschiedde m.b.v. de wateraanvoer, de schotbalkkering E (die fungeerde als niveauregeling) en de afvoerfaciliteit aan het einde van de goot;
- het sluiten van schuif C;
- het instellen van de gewenste waterstand in reservoir D d.m.v. de wateraanvoer en niveauregeling E, waarna de watertoevoer werd afgesloten;
- wachten tot de waterspiegel in bassin B rustig was;
- het snel heffen van schuif C (hefsnelheid 163 mm/s), waardoor reservoir D zich ledigde in bassin B; de lengte van het ontvangende bassin bleek voldoende om een lopende watersprong tot ontwikkeling te laten komen;
- de registratie van de golfhoogte m.b.v. de golfhoogte opnemers I en II, alsmede het bepalen van de golfoploop op het talud; na het registreren van de gereflecteerde golf was de meting beëindigd.

Alleen de karakteristieken van de invallende, lopende watersprong vlak vóór het talud zijn van belang. I.v.m. de beperkte lengte

van het ontvangende bassin B was het zaak om de lopende watersprong zo snel mogelijk tot ontwikkeling te laten komen; daarom is gekozen voor zo snel mogelijk heffen van schuif C. De spronghoogte zoals deze zich instelt, is globaal gelijk aan het halve verschil van de respectieve (ongestoorde) waterdiepten in reservoir D en bassin B. De reproduceerbaarheid van zowel de invallende, lopende watersprong als de golfoploop en de hoogte van de gereflecteerde golf bleek goed te noemen.

Er is een groot aantal metingen uitgevoerd. De volgende parameters zijn gevarieerd: de helling van het talud en de spronghoogte van de invallende, lopende watersprong. Voor iedere combinatie van deze parameters zijn drie experimenten uitgevoerd. Het talud had hellingshoeken onder 1:3, 1:2 en 1:1; de ongestoorde waterdiepte in bassin B was $a_0 = 0.20$ m (de index 0 duidt op 'ongestoord'). De nagestreefde spronghoogten waren: 0.025 m, 0.050 m, 0.075 m en 0.100 m; dit impliceerde aanvangsdiepten in reservoir D van achtereenvolgens ca. 0.25 m, 0.30 m, 0.35 m en 0.40 m.

Voor een ongestoorde waterdiepte $a_0 = 0.15$ m in bassin B is bij een taludhelling van 1:3 tevens de invloed van schaaleffecten nagegaan.

Nadat de gereflecteerde golf de golfhoogte opnemers gepasseerd was, daalde de waterspiegel ter plaatse; dit werd veroorzaakt door de gelimiteerde inhoud van reservoir D.

2.4. Resultaten

Bij alle experimenten bleek de gegenereerde, lopende watersprong een golvend karakter te hebben. De verhouding van spronghoogte en ongestoorde waterdiepte lag tussen 0.13 en 0.51. Kwam voornoemde verhouding boven ca. 0.3, dan bleek -tijdens de vorming van de lopende watersprong- de eerste golf te gaan breken. Deze bevindingen komen overeen met experimentele resultaten aangehaald door Katopodes (1984).

Fig. 2.2 geeft een definitieschets van de lopende, golvende watersprong, alsmede van de gereflecteerde golf, zoals geregistreerd door de golfhoogte opnemers; hierin is:

- η = golfhoogte t.o.v. ongestoorde waterdiepte,
- $\eta_{i,max}$ = maximale hoogte eerste golf van invallende, lopende watersprong,
- $\eta_{i,min}$ = minimale hoogte eerste golf van idem,

- $\bar{\eta}_i$ = gemiddelde hoogte eerste golf van idem (= spronghoogte),
 gedefinieerd als $\bar{\eta}_i = (\eta_{i,max} + \eta_{i,min})/2$,
 $\bar{\eta}_r$ = gemiddelde hoogte gereflecteerde golf,
 T = periodetijd eerste golf van invallende, lopende
 watersprong;

de indices i en r duiden op 'invallend' en 'gereflecteerd', de toegevoegde indices max en min op resp. 'maximale', en 'minimale waarde'; een liggend streepje boven een symbool betekent 'gemiddelde waarde'.

Een aantal representatieve golfhoogteregeistraties is weergegeven in fig. 2.3, fig. 2.4 en fig. 2.5 voor resp. $\tan(\alpha) = 0.333$, $\tan(\alpha) = 0.500$ en $\tan(\alpha) = 1.000$. De onderste registratie heeft betrekking op golfhoogtemeter I, de bovenste op golfhoogtemeter II. Omdat golfhoogte opnemer I het dichtst bij het talud staat, zijn alleen de gegevens hiervan voor verdere verwerking in aanmerking genomen.

In fig. 2.6 wordt een definitieschets gegeven van het talud en de hoogte van de golfoploop; hierin is:

z = hoogte golfoploop t.o.v. ongestoorde waterdiepte.

De experimentele resultaten zijn in dimensieloze gedaante uitgezet in de figuren 2.7 t/m 2.15 met de taludhelling als parameter. Om de trend aan te geven is -rekening houdend met de meetnauwkeurigheid- door de meetpunten een zo eenvoudig mogelijke (stippel)lijn getrokken.

Uitgaande van de gedachte dat de golfoploop (voornamelijk) bepaald wordt door de maximale hoogte van de eerste golf van de invallende, lopende watersprong is in de figuren 2.7 t/m 2.9 z uitgezet tegen $\eta_{i,max}$. De resultaten geven aan dat deze veronderstelling gerechtvaardigd lijkt. In het algemeen neemt de golfoploop toe bij grotere maximale golfhoogte. Uit de figuren 2.7 en 2.8 blijkt dat voor flauwe taluds (1:3, 1:2) de relatie tussen golfoploop en maximale golfhoogte lineair is en niet beïnvloed wordt door hellingshoek α ; het steile talud (1:1, fig. 2.9) geeft afwijkende resultaten, er is alleen sprake van een lineair verband tussen golfoploop en maximale golfhoogte bij kleinere waarden van $\eta_{i,max}$. Tijdens de proeven bleek dat in geval van het steile talud de golfoploop t.g.v. de tweede golf in de lopende watersprong soms 1 á 2 cm hoger was dan t.g.v. de eerste golf; met name bij grotere waarden van $\eta_{i,max}$ was dit het geval. Dit effect is verder niet beschouwd. In de figuren 2.7 t/m 2.9 is

tevens het verband aangegeven tussen de spronghoogte en de maximale hoogte van de eerste golf. Hoewel de meetpunten wat meer spreiding vertonen dan bij de golfoploop, met name voor grotere waarden van $\eta_{i,max}$, kan deze relatie als lineair beschouwd worden. Omdat de invloed van het talud hierin niet voorkomt vallen deze relaties -zoals verwacht- samen.

Ter karakterisering van de invallende, lopende golf is in de figuren 2.10 t/m 2.12 de spronghoogte uitgezet tegen een golfgetal gT^2/a_0 gebaseerd op de periodetijd T van de eerste golf in de watersprong; g stelt hierin de versnelling van het zwaartekrachtveld van de aarde voor. Dit verband blijkt lineair te zijn en -uiteraard- onafhankelijk van de helling van het talud. Bij toenemende periodetijd neemt de spronghoogte (en ook $\eta_{i,max}$) af.

De figuren 2.13 t/m 2.15 laten het verband zien tussen de reflectiecoëfficiënt en het golfgetal van de invallende, lopende watersprong. De reflectiecoëfficiënt is gedefinieerd als de verhouding van de spronghoogte van de invallende watersprong en de gemiddelde hoogte van de gereflecteerde golf. De reflectiecoëfficiënt ligt tussen 1.78 en 2.22; bij toenemend golfgetal neemt de waarde ervan (iets) af. De invloed van hellingshoek α is niet wezenlijk, wat verklaard kan worden uit het lange-golf karakter van de lopende watersprong: de taludhelling wordt niet 'gevoeld' door de invallende golf. I.g.v. het steile talud (1:1) lijkt de reflectiecoëfficiënt minder afhankelijk te worden van het golfgetal naarmate de waarde daarvan toeneemt. Volgens de lineaire theorie is de reflectiecoëfficiënt ten hoogste gelijk aan 2.0. Het voorkomen van reflectiecoëfficiënten met een grotere waarde duidt op niet-lineariteiten; dit wordt bevestigd door de waarneming dat de reflectiecoëfficiënt groter wordt naarmate de spronghoogte toeneemt. De orde van grootte van de (in dit onderzoek) experimenteel bepaalde reflectiecoëfficiënten i.g.v. loodrechte inval tegen een hellend talud komt overeen met theoretische waarden gevonden door Kranenburg (1985) voor loodrechte én scheve inval tegen een verticale wand; vergelijking van de experimenteel gevonden waarden met de theoretisch afgeleide resultaten voor loodrechte golfinval laat een bevredigende overeenstemming zien.

Om de invloed van schaafeffecten na te gaan is additioneel een serie experimenten uitgevoerd bij een ongestoorde waterdiepte

van $a_0 = 0.15$ m; de helling van het talud was 1:3. De resultaten, uitgezet in fig. 2.7, fig. 2.10 en fig. 2.13, geven geen aanleiding om te veronderstellen dat er sprake is van schaaleffecten, althans m.b.t. de waterdiepte.

Bovenvermelde bevindingen gelden alleen voor zover als de onderzochte parameters gevarieerd zijn.

3. Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

- Voor de invallende, lopende watersprong, die een golvend karakter heeft en waarvoor $0.13 < \bar{\eta}_1/a_0 < 0.51$, zijn zowel het verband tussen spronghoogte en maximale hoogte van de eerste golf als de relatie tussen spronghoogte en golfgetal lineair. Bij toenemende periodetijd neemt de spronghoogte af.
- De hoogte van de golfoploop wordt bepaald door de maximale hoogte van de eerste golf van de invallende watersprong. De golfoploop neemt toe bij grotere maximale golfhoogte. Voor flauwe taluds is het verband tussen golfoploop en maximale golfhoogte lineair en wordt de golfoploop niet beïnvloed door de hellingshoek van het talud.
- De reflectiecoëfficiënt heeft een orde van grootte 2; bij grotere golfgetallen en kleinere spronghoogten ligt de waarde ervan hier iets onder, bij kleinere golfgetallen en grotere spronghoogten is de reflectiecoëfficiënt wat groter. De invloed van de hellingshoek van het talud op de reflectiecoëfficiënt is niet wezenlijk.

Literatuur

- Fontijn, H.L., Kranenburg, C., 1985, Golfvoortplanting na dijkbreuk - deelstudie voor een Pomp Accumulatie Centrale in het IJsselmeer. Rapport nr. 14-85, Laboratorium voor Vloeistofmechanica, Afd. der Civiele Techniek, Techn. Hogeschool Delft.
- Katopodes, N.D., 1984, Finite element simulation of the undular hydraulic jump. Computational methods and experimental measurements. Proc. 2nd Int. Conf. on board the liner, the Queen Elizabeth 2, New York to Southampton, June/July 1984. Berlin, Springer Verlag. A Computational Mechanics Centr. Publ., pp.3(3-14).
- Kranenburg, C., 1985, Weerkaatsing van een lopende watersprong tegen een verticale oever - deelstudie voor een Pomp Accumulatie Centrale in het IJsselmeer. Rapport nr. 13-85, Laboratorium voor Vloeistofmechanica, Afd. der Civiele Techniek, Techn. Hogeschool Delft.

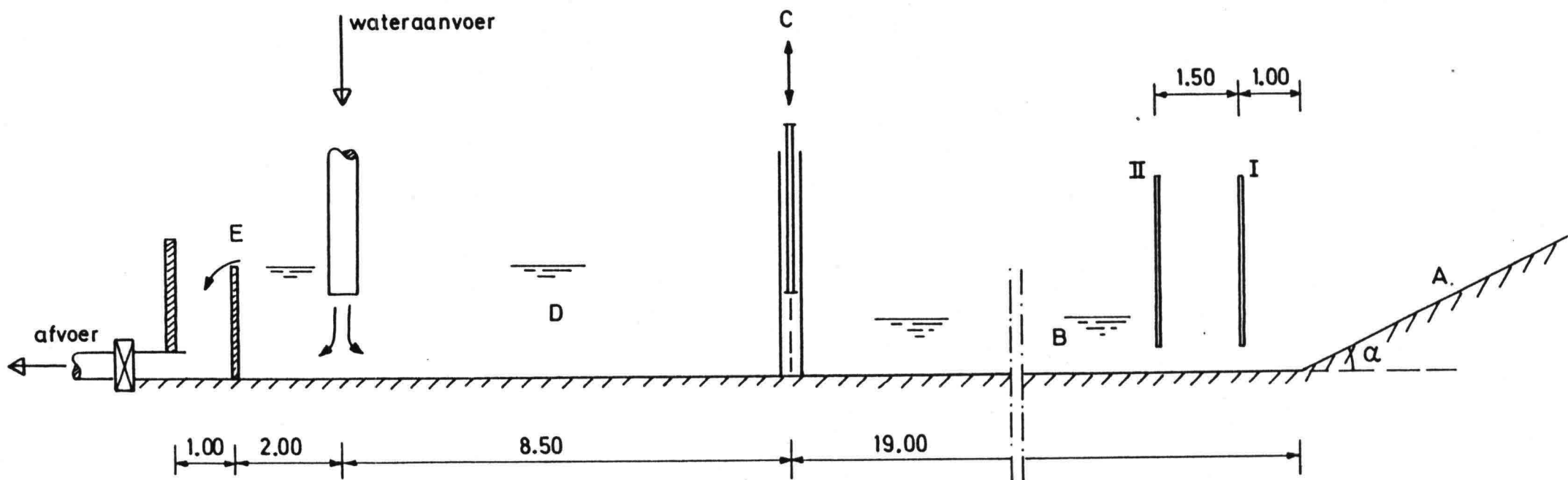
Notatie

a	waterdiepte
g	versnelling zwaartekrachtveld aarde
n_x	schaalfactor voor grootheid x
t	tijd coördinaat
u	(stroom)snelheid
z	hoogte golfoploop t.o.v. ongestoorde waterdiepte
T	periodetijd eerste golf van invallende, lopende watersprong
α	hoek talud met horizontale vlak
η	golfhoogte t.o.v. ongestoorde waterdiepte

indices & overige conventies

i	invallende, lopende watersprong
max	maximale waarde eerste golf
min	minimale waarde eerste golf
r	gereflecteerd
o	ongestoord

Liggend streepje boven symbool: 'gemiddelde waarde'.



LEGENDA: maten in m

A : talud

B : bassin ('IJsselmeer')

C : verticale schuif

D : reservoir

E : niveauregeling reservoir D

I,II: golfhoogtemeter

Fig. 2.1. Dwarsdoorsnede proefopstelling.

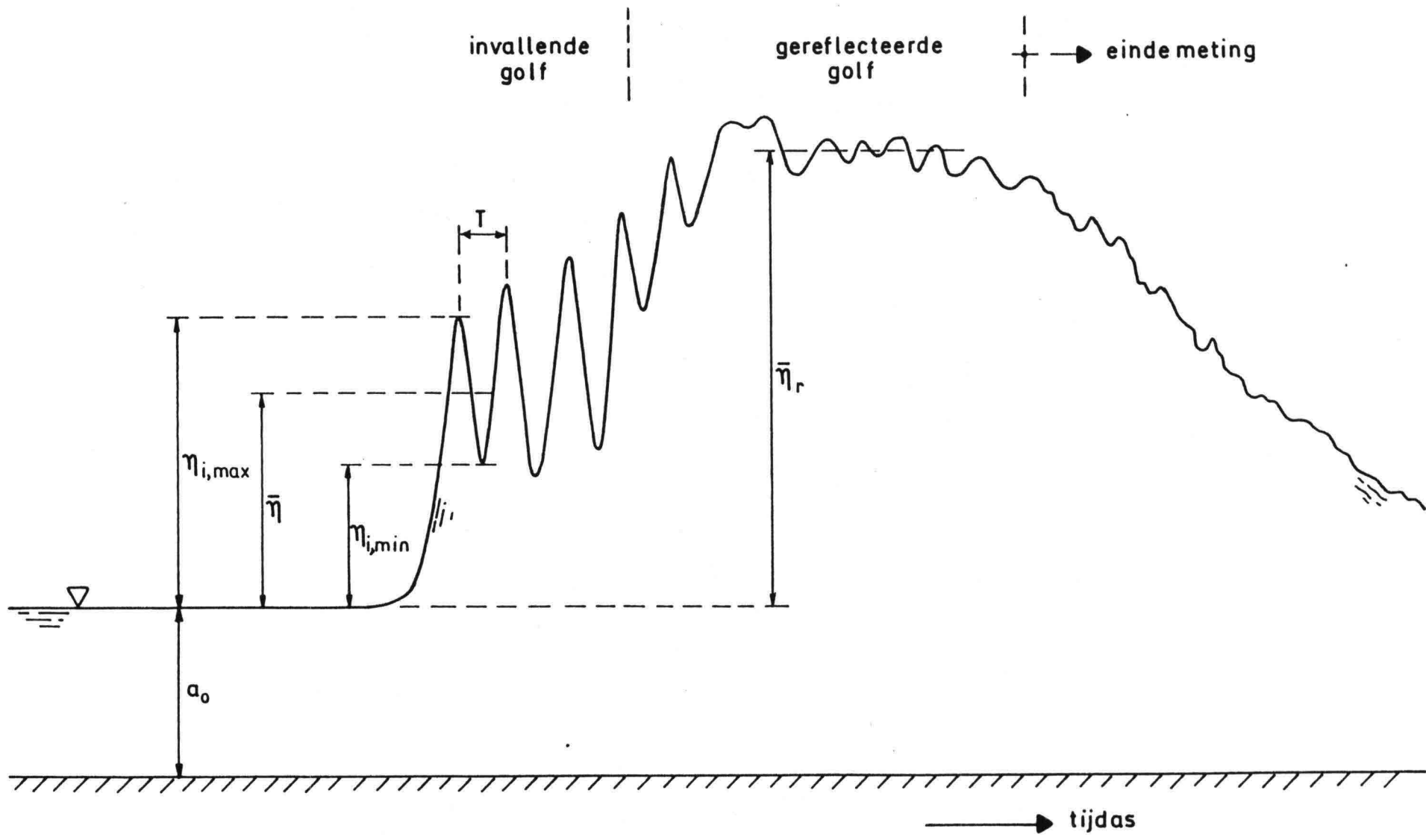
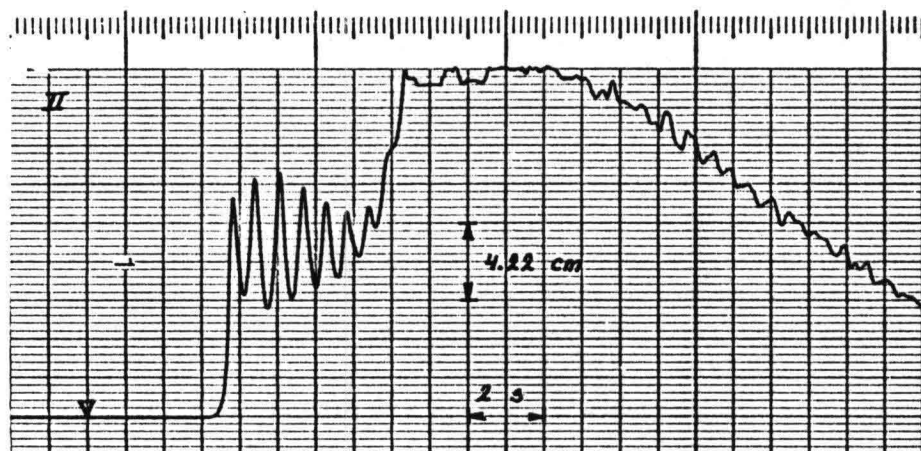


Fig. 2.2. Definitieschets golfregistratie.



-0258

Exp. 16

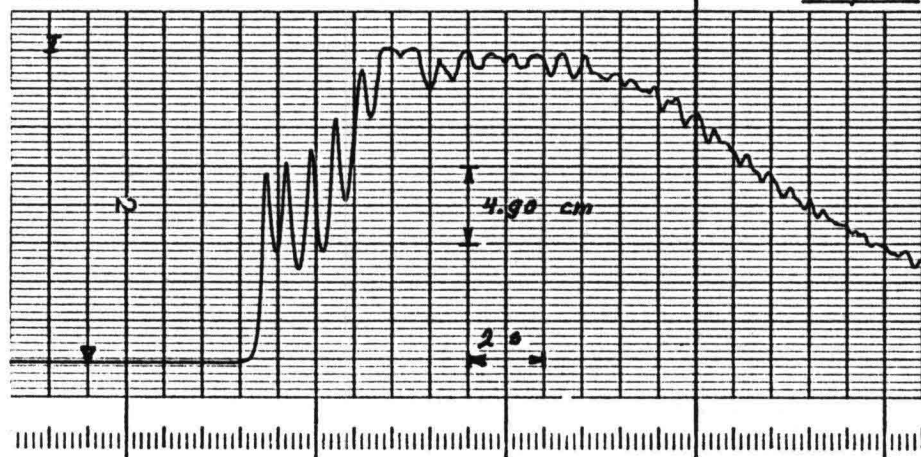
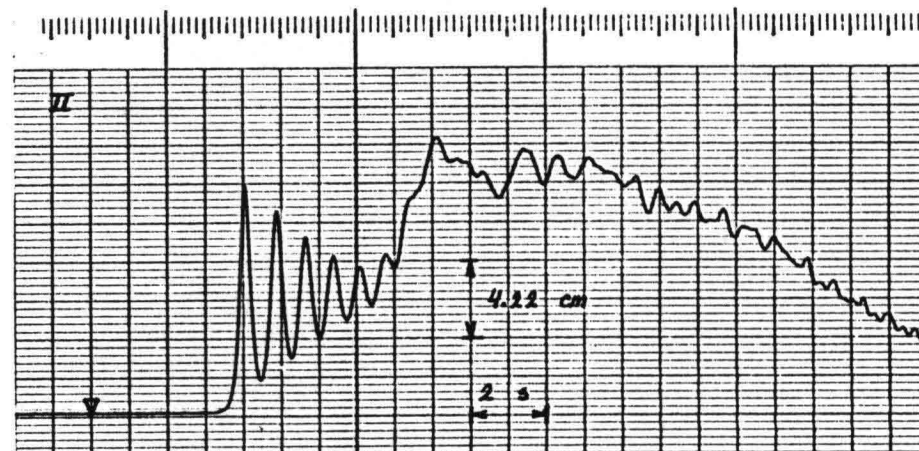


Fig. 2.3^a. Golfhoogteregistraties exp.16: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.333$.



Exp. 19

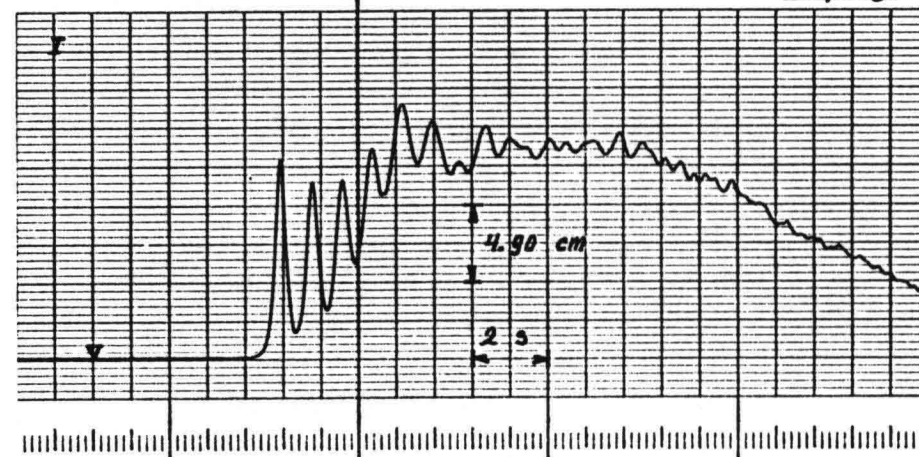
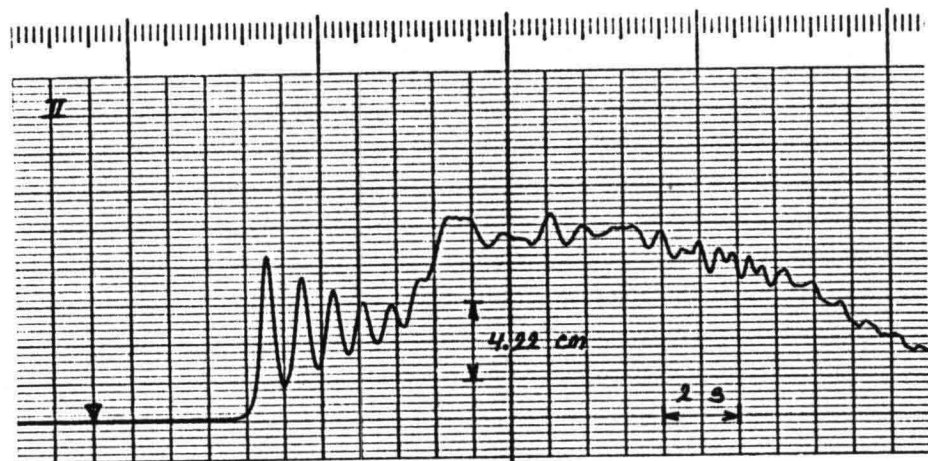


Fig. 2.3^b. Golfhoogteregistraties exp.19: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.333$.



Exp. 21

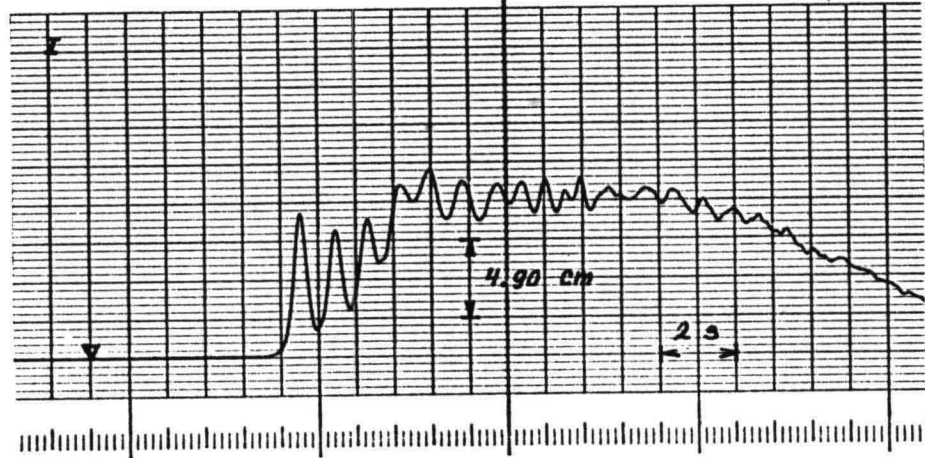
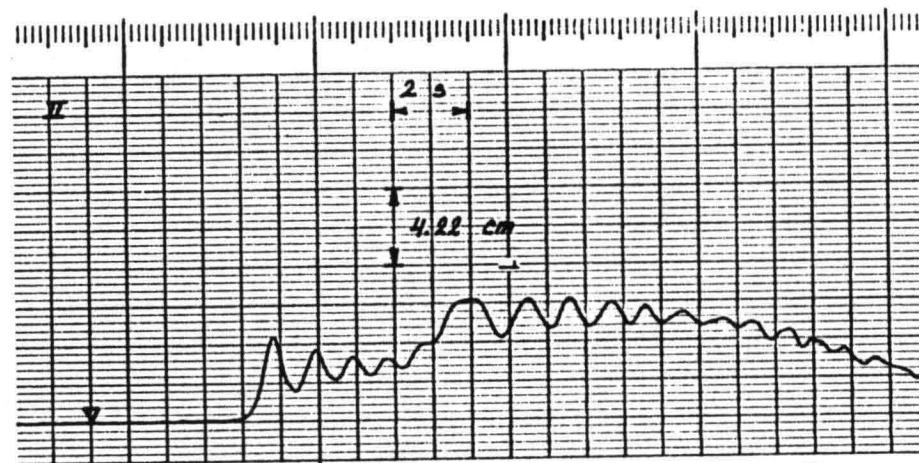


Fig. 2.3^c. Golfhoogteregistraties exp.21: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.333$.



HEWLETT - PACKARD

Exp. 24

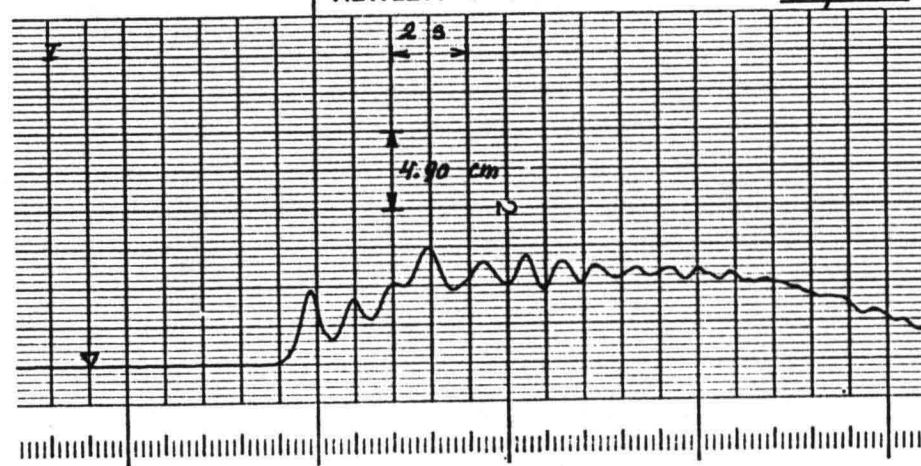


Fig. 2.3^d. Golfhoogteregistraties exp.24: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.333$.

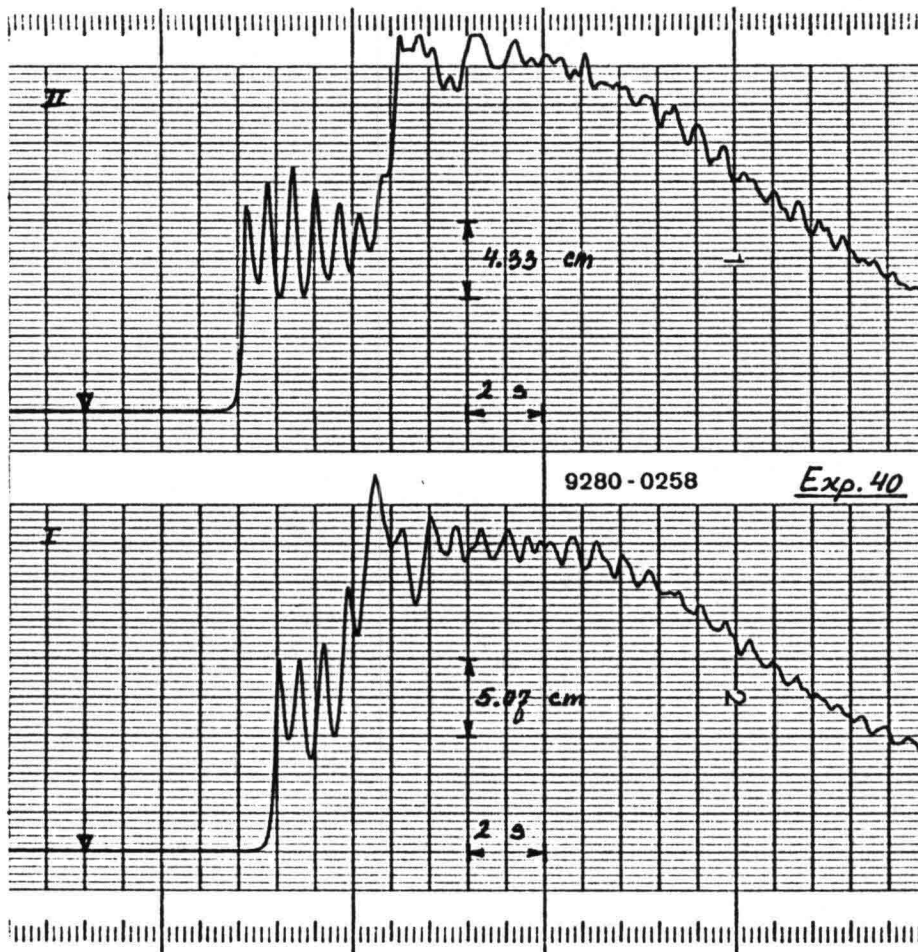


Fig. 2.4^a. Golfhoogteregistraties exp.40: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.500$.

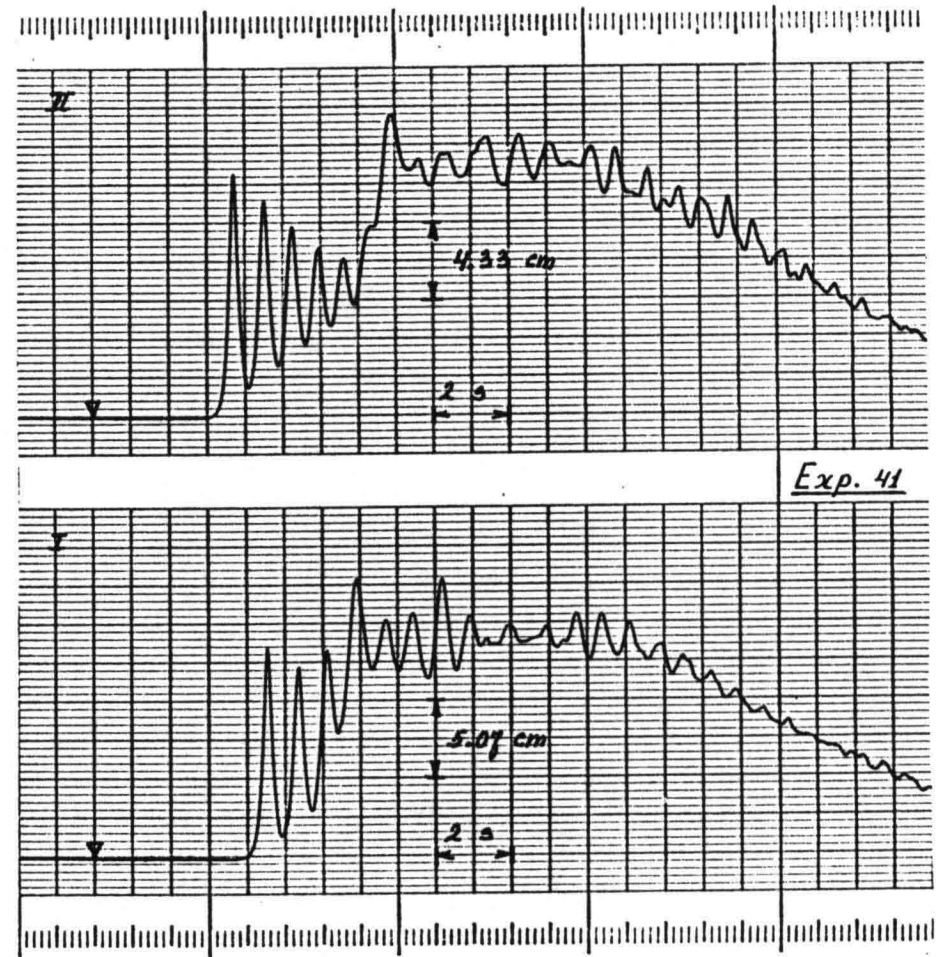
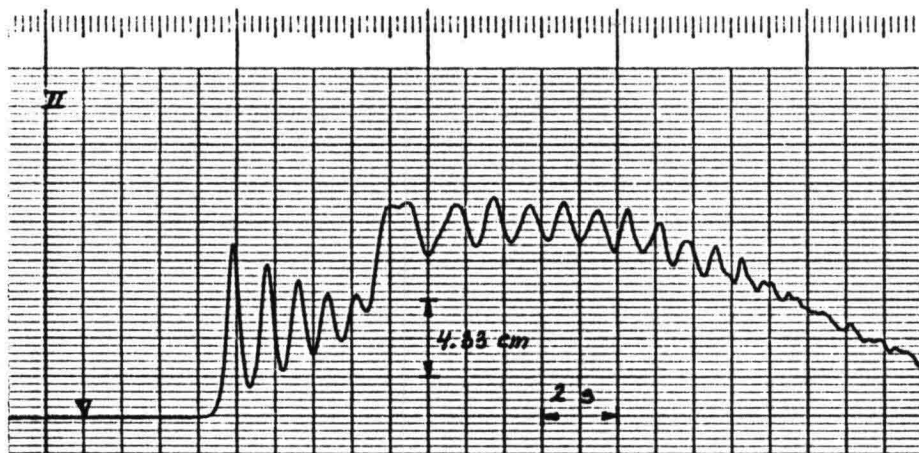


Fig. 2.4^b. Golfhoogteregistraties exp.41: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.500$.



Exp. 46

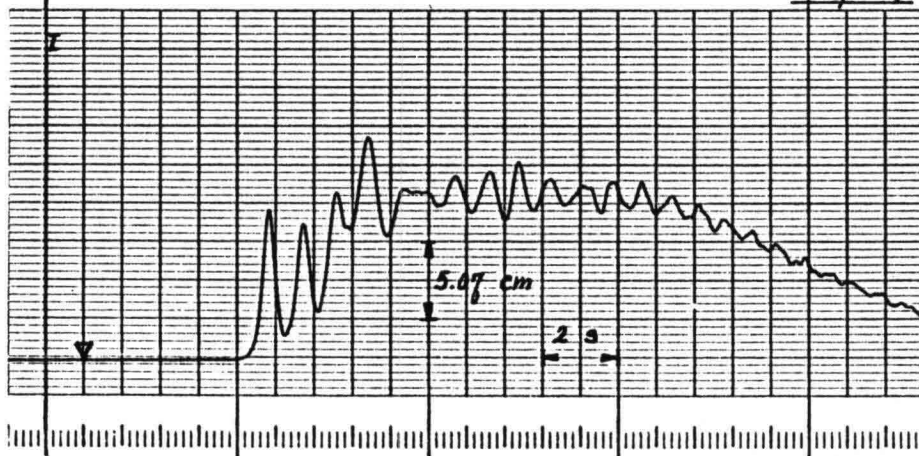
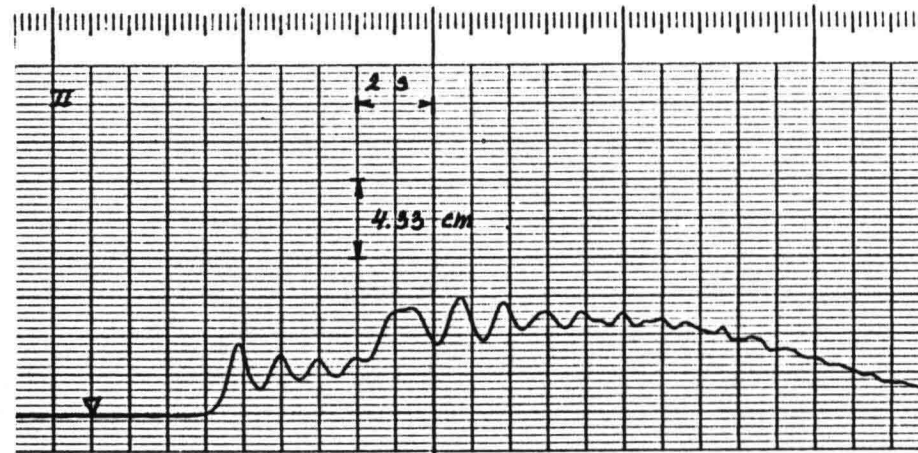


Fig. 2.4^c. Golfhoogteregistraties exp.46: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.500$.



Exp. 49

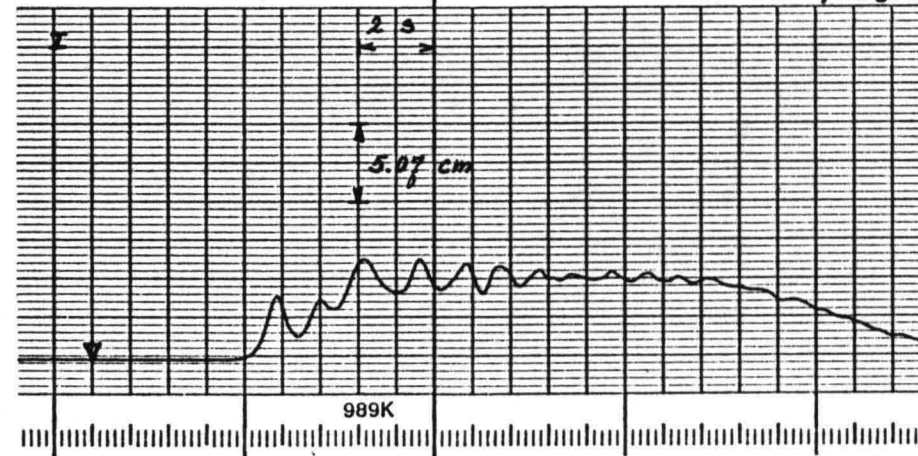
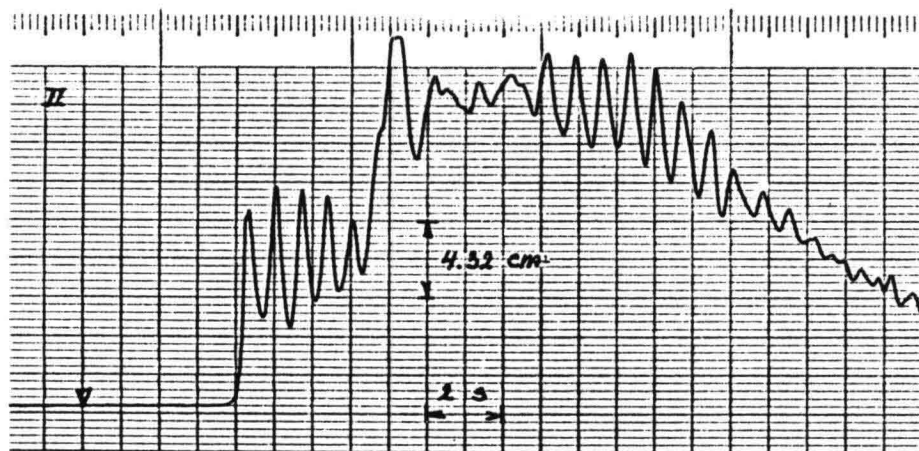
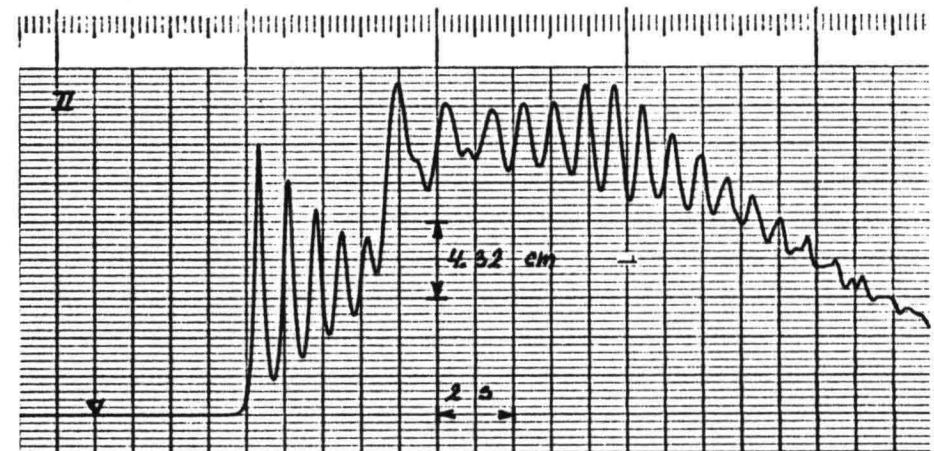
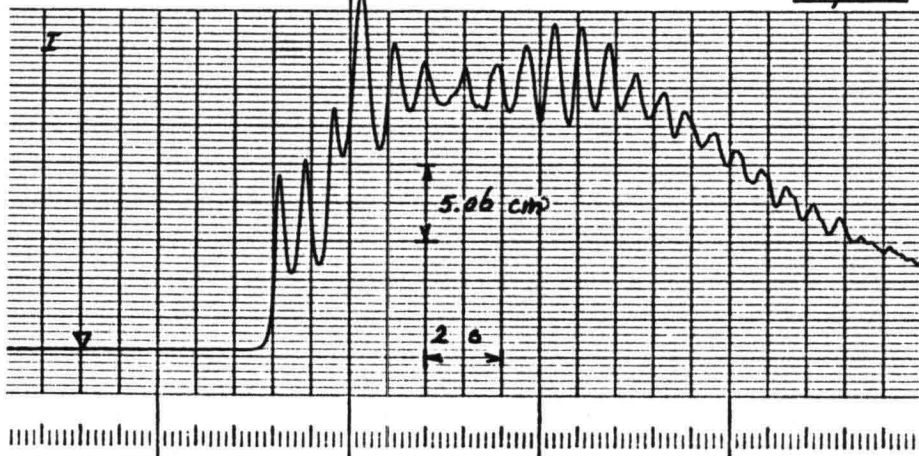


Fig. 2.4^d. Golfhoogteregistraties exp.49: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=0.500$.



9280-0258

Exp. 28



HEWLETT - PACKARD

Exp. 29

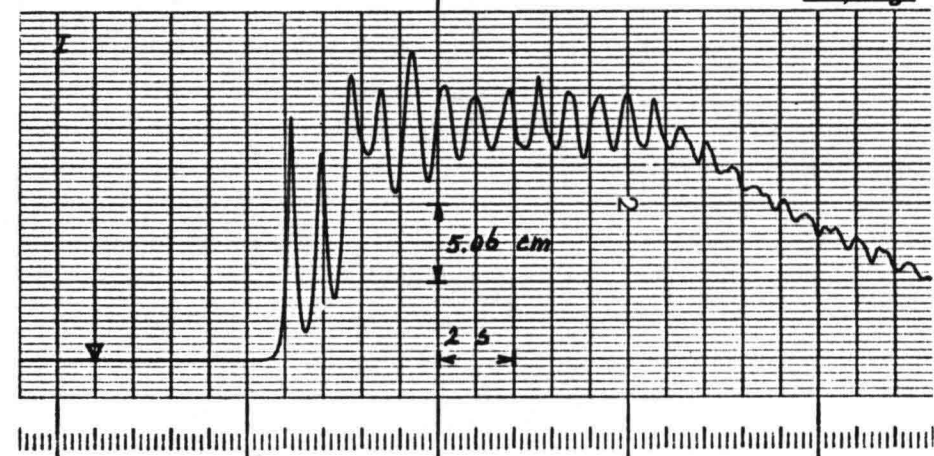
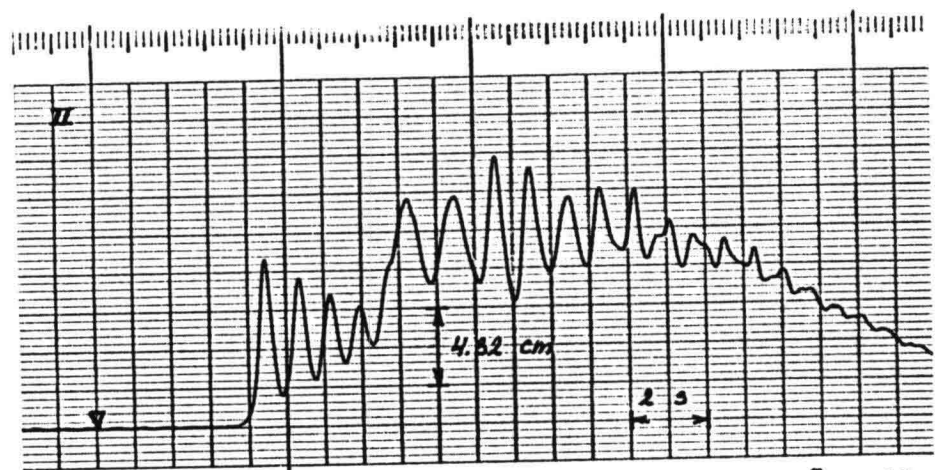


Fig. 2.5^a. Golfhoogteregistraties exp.28: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=1.000$.

Fig. 2.5^b. Golfhoogteregistraties exp.29: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=1.000$.



Exp. 33

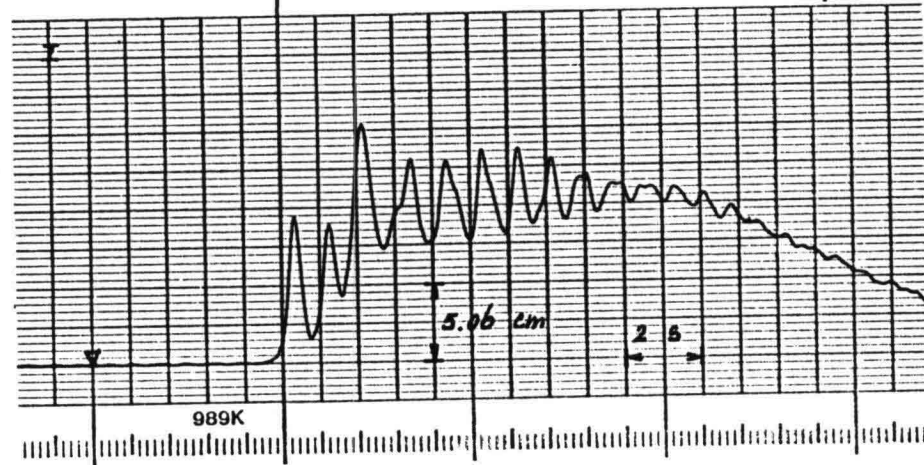
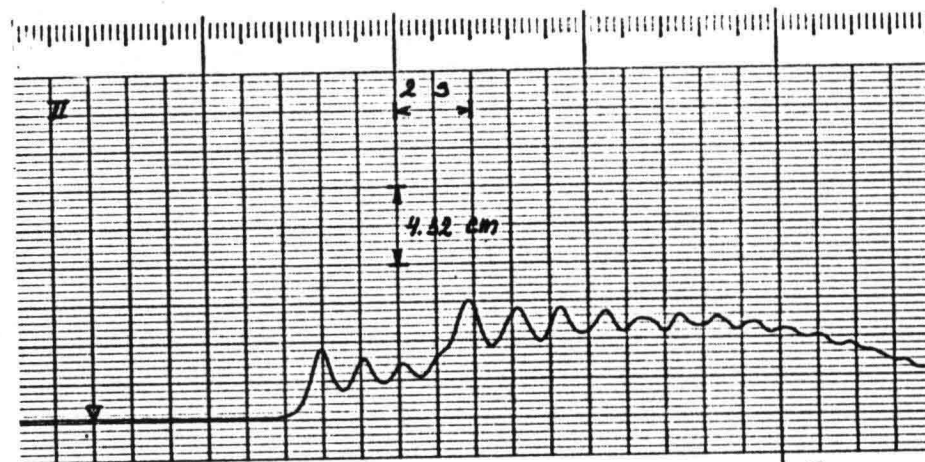


Fig. 2.5^c. Golfhoogteregistraties exp.33: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=1.000$.



Exp. 35

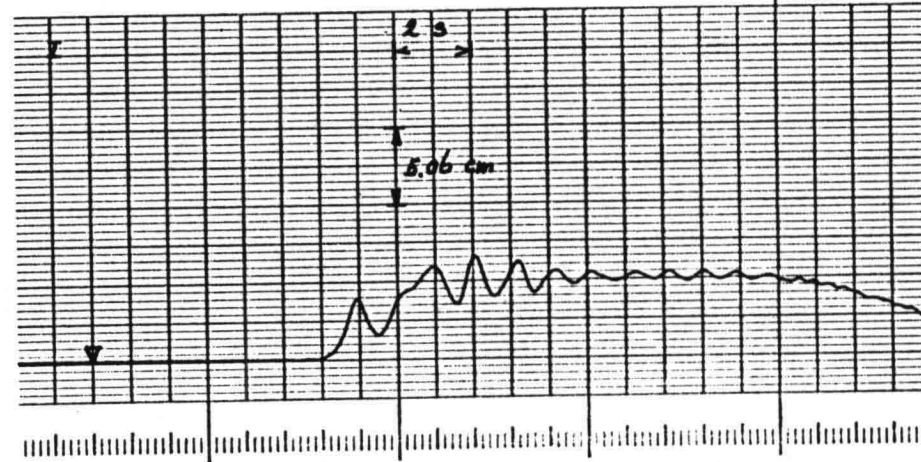


Fig. 2.5^d. Golfhoogteregistraties exp.35: $a_0=0.20$ m,
 $\tan(\alpha)=1.000$.

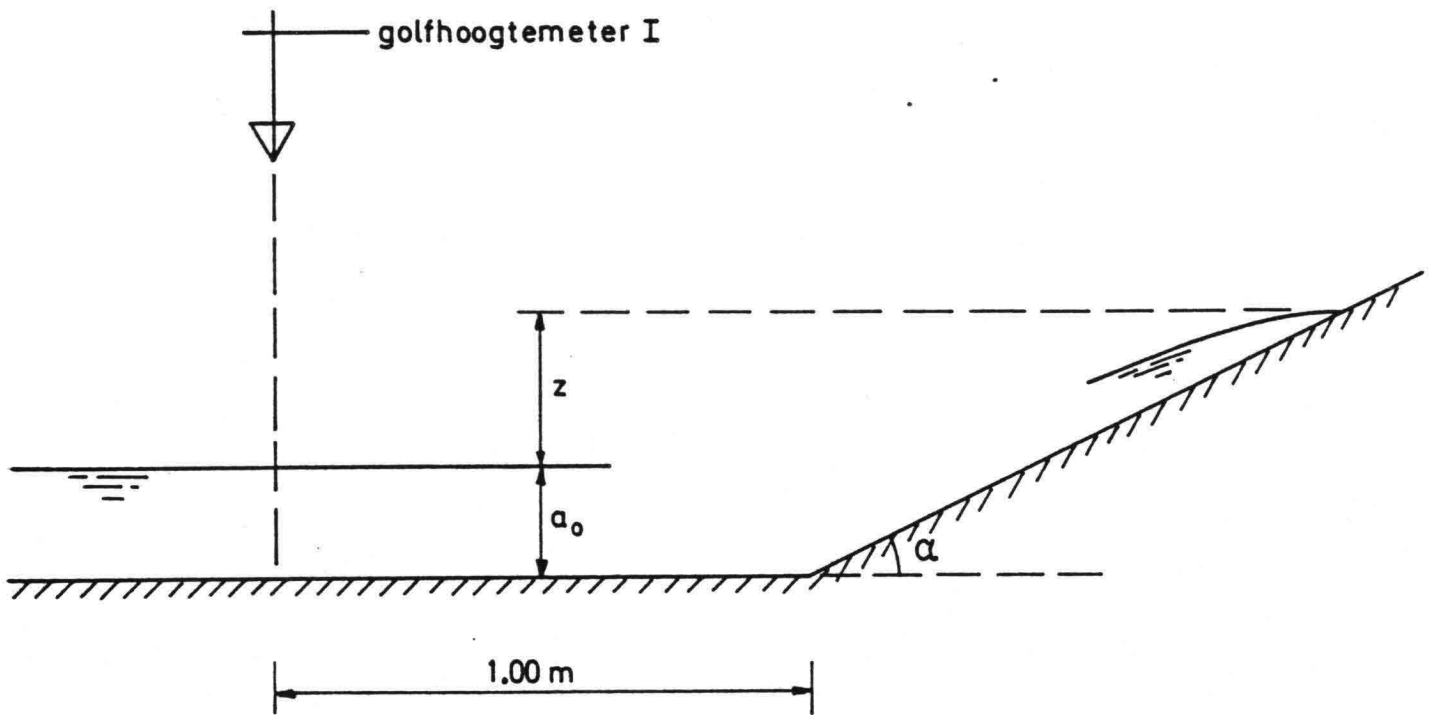


Fig. 2.6. Definitieschets talud en golfploep.

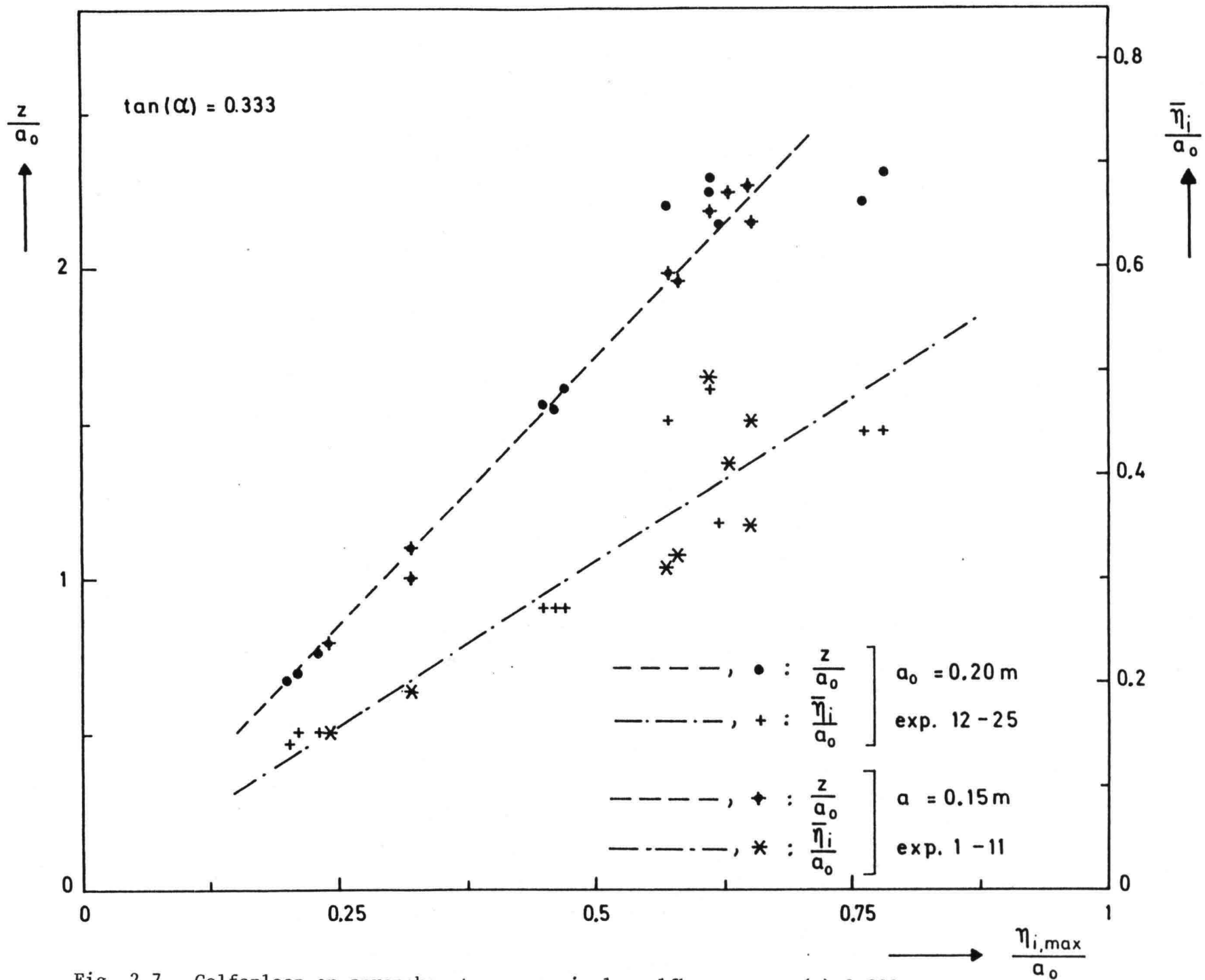


Fig. 2.7. Golfloop en spronghoogte vs. maximale golfhoogte; $\tan(\alpha)=0.333$.

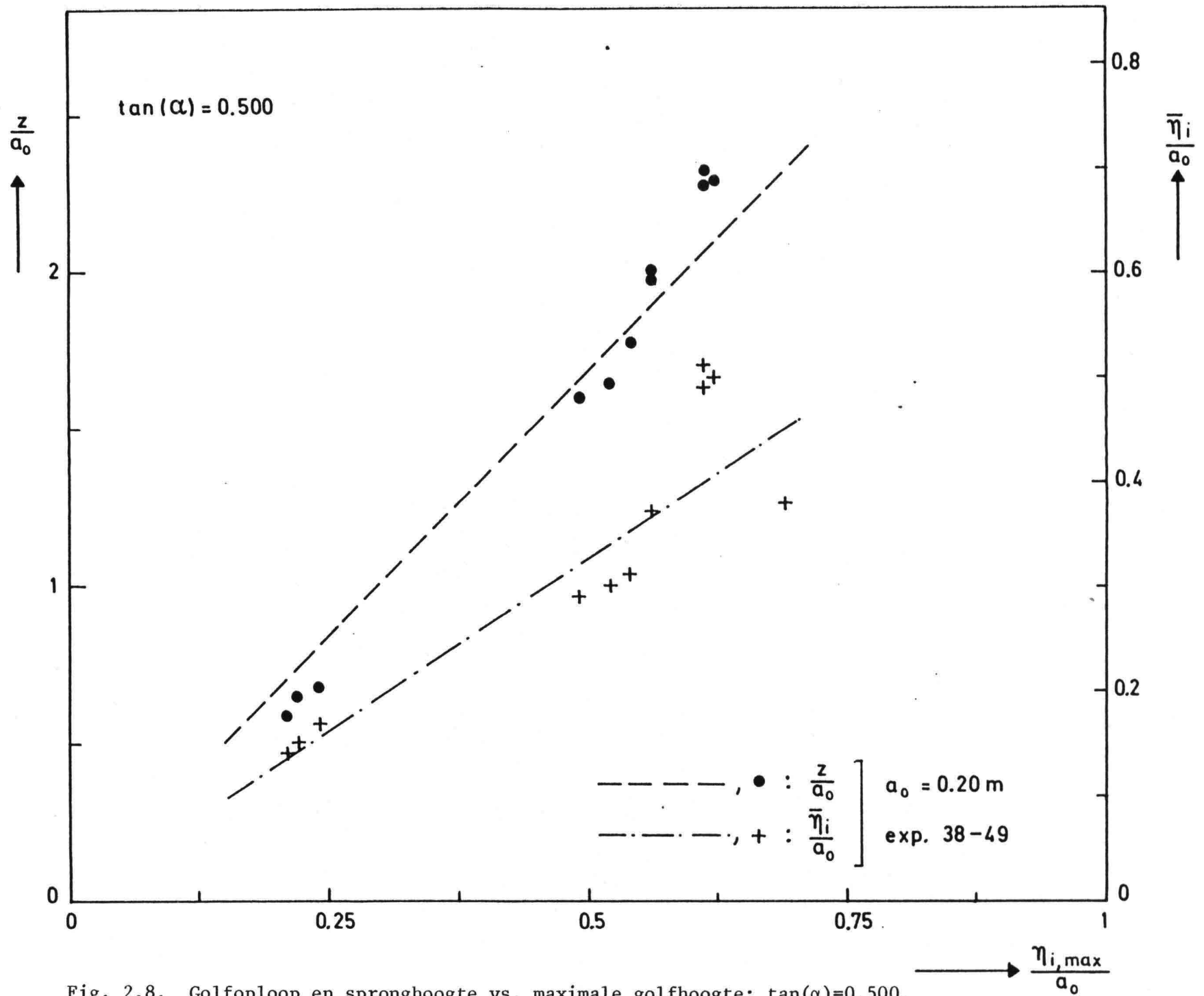


Fig. 2.8. Golfloop en spronghoogte vs. maximale golfhoogte; $\tan(\alpha)=0.500$.

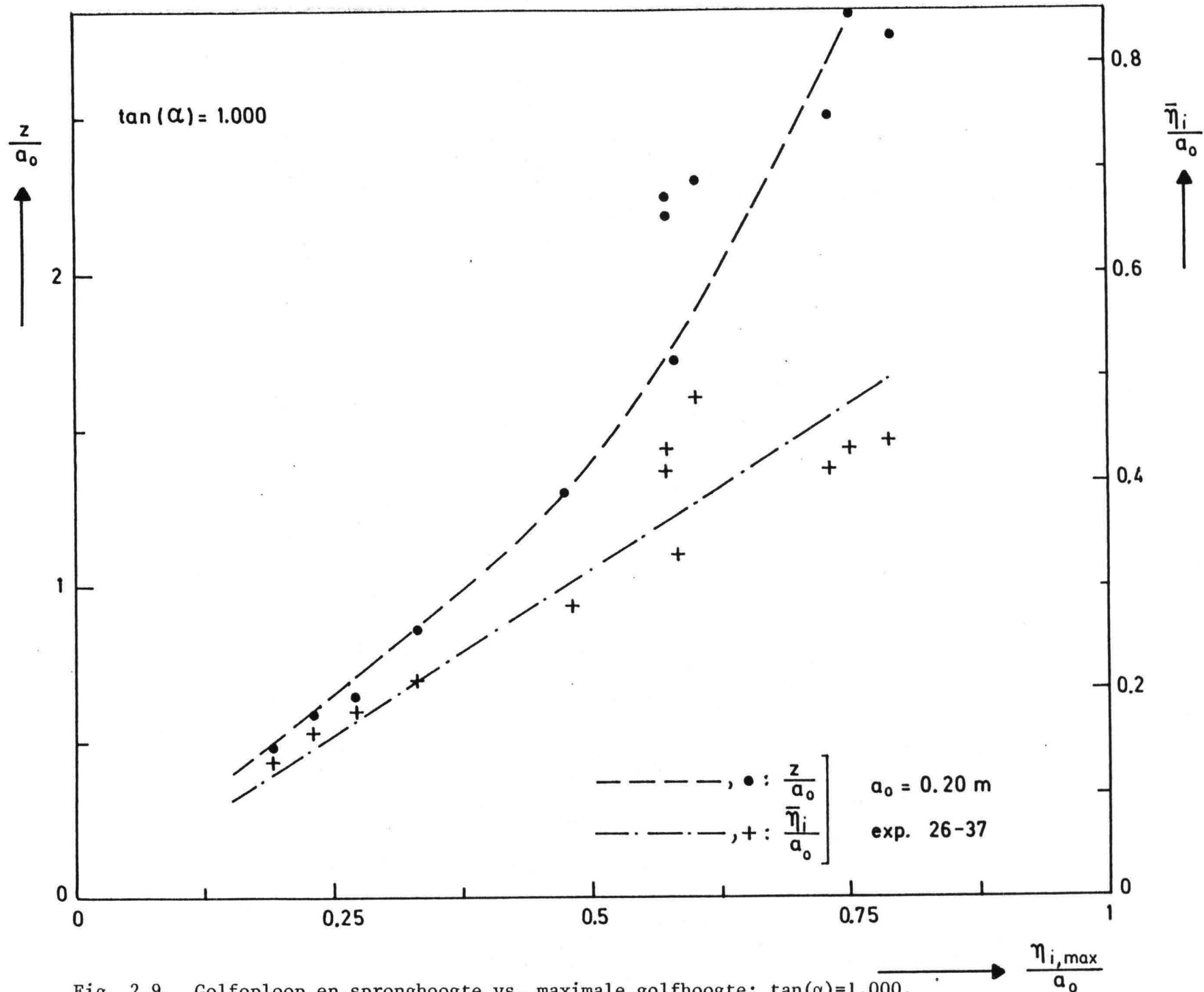


Fig. 2.9. Golfloop en spronghoogte vs. maximale golfhoogte; $\tan(\alpha)=1.000$.

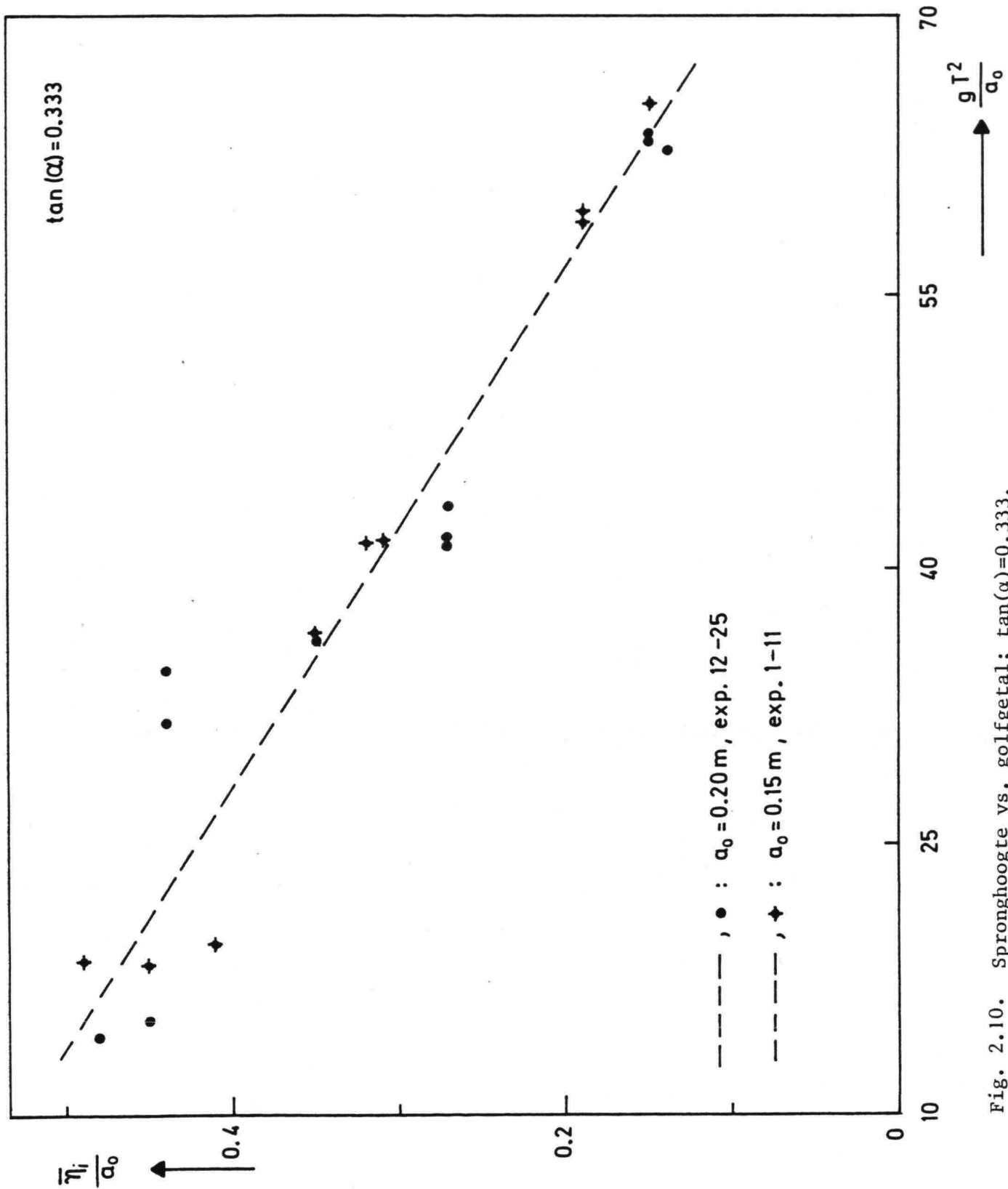


Fig. 2.10. Spronghoogte vs. golfgetal; $\tan(\alpha)=0.333$.

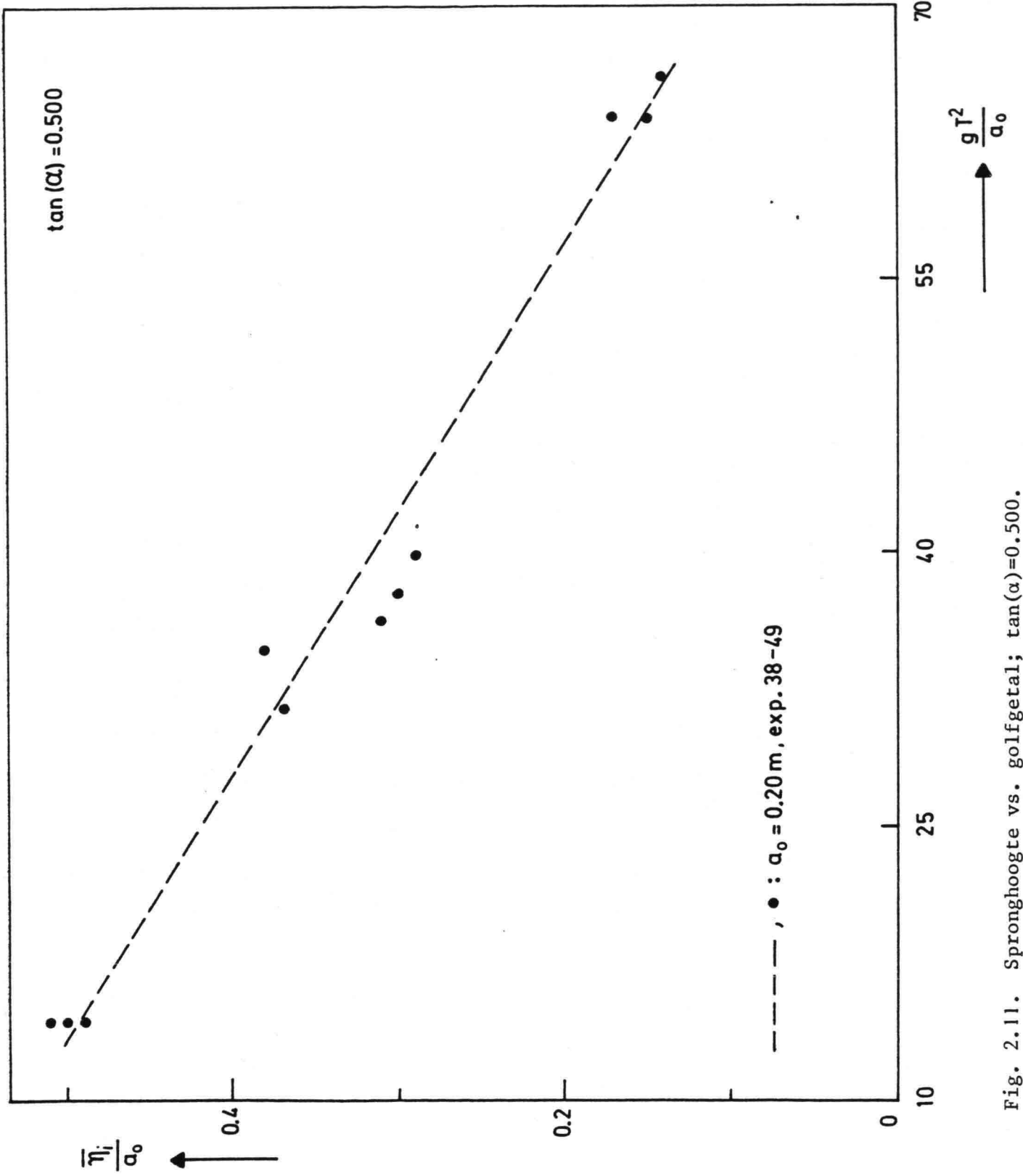


Fig. 2.11. Spronghoogte vs. golfgetal; $\tan(\alpha)=0.500$.

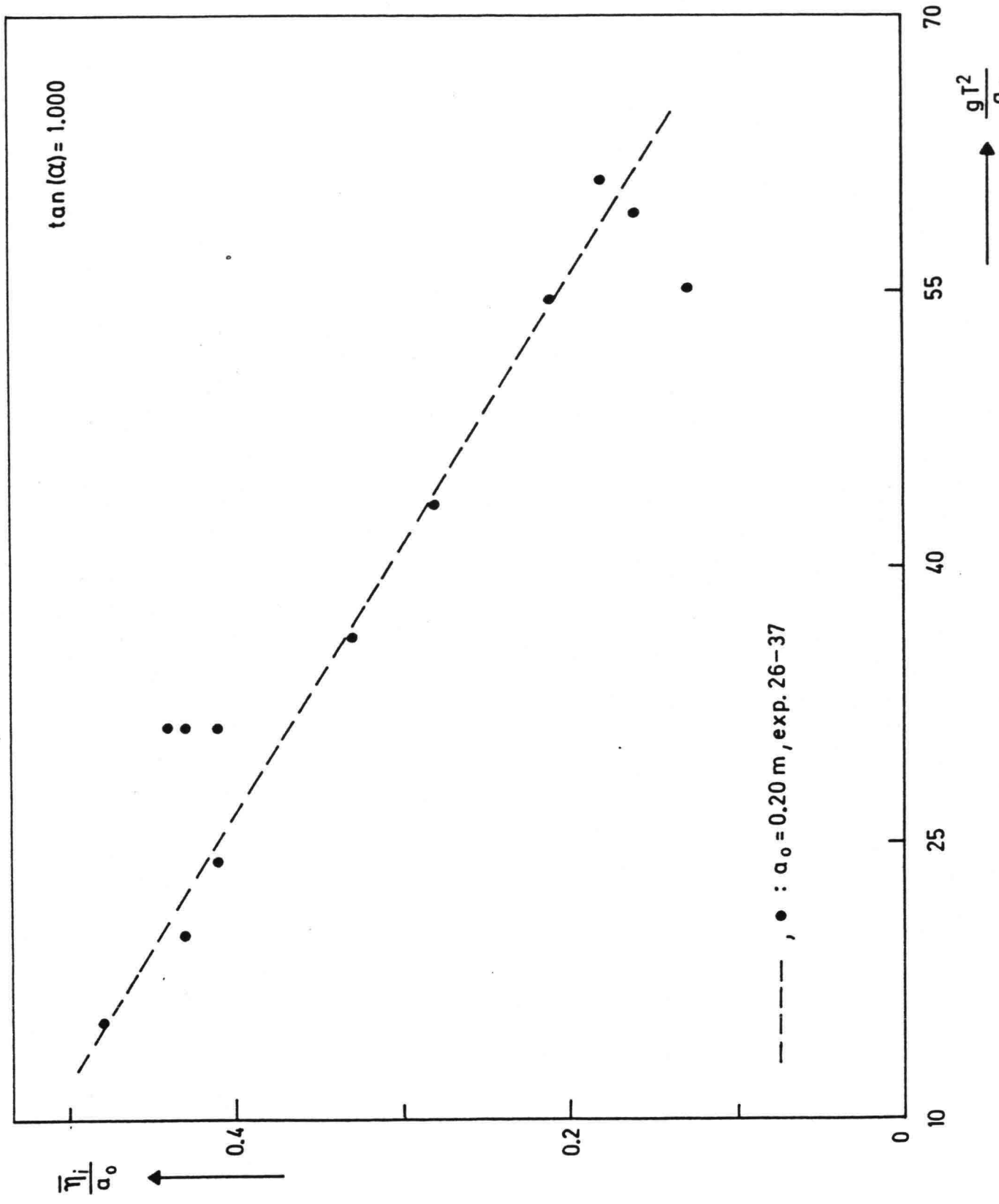


Fig. 2.12. Spronghoogte vs. golfgetal; $\tan(\alpha)=1.000$.

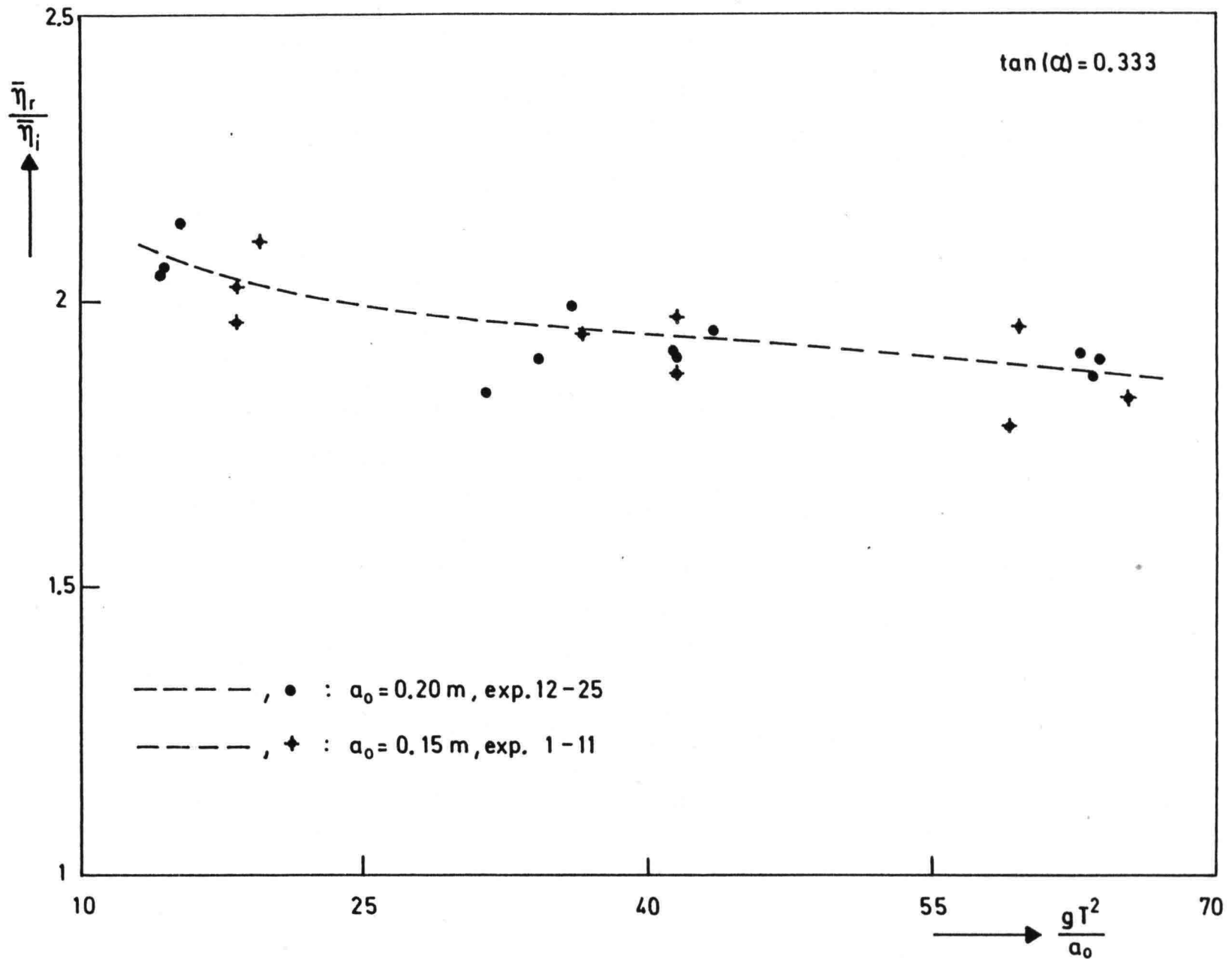


Fig. 2.13. Reflectiecoëfficiënt vs. golfgetal; $\tan(\alpha)=0.333$.

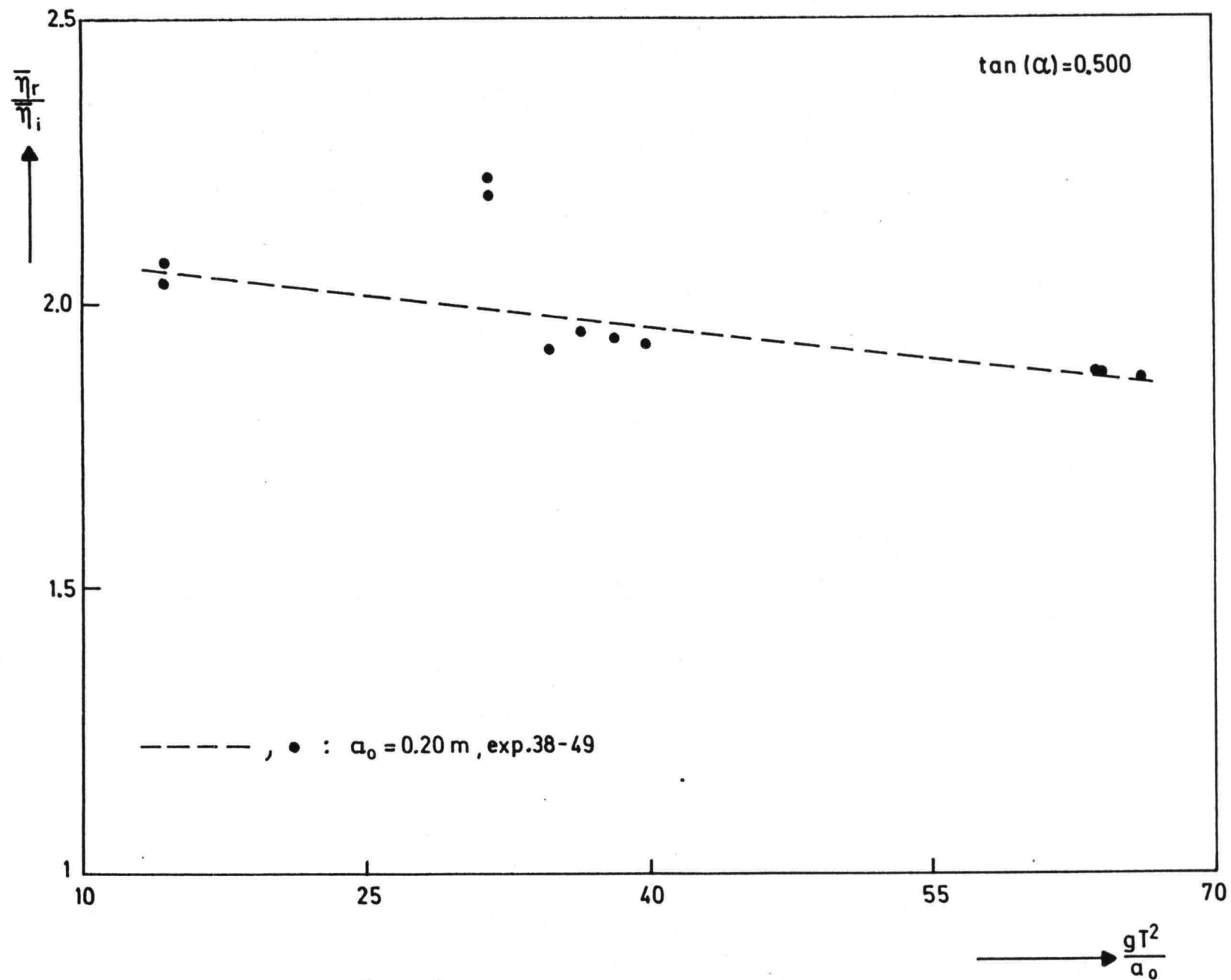


Fig. 2.14. Reflectiecoëfficiënt vs. golfgetal; $\tan(\alpha)=0.500$.

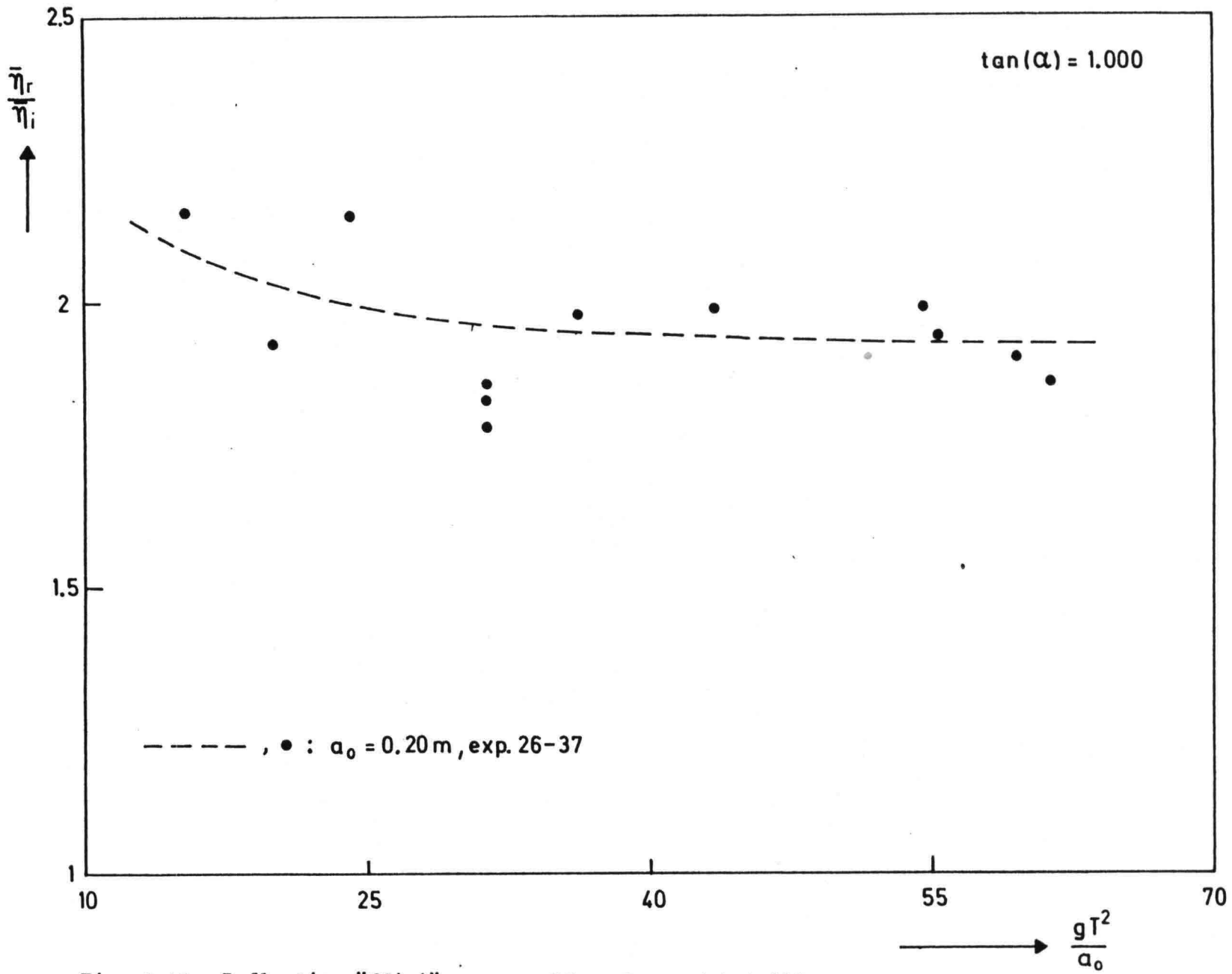


Fig. 2.15. Reflectiecoëfficiënt vs. golfgetal; $\tan(\alpha)=1.000$.

