



⑫ A Terinzagelegging ⑪ 8401997

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 Werkwijze voor de passieve bepaling van doelgegevens van een voertuig.
- ⑤1 Int.Cl.: G01S 5/18, G01S 3/80.
- ⑦1 Aanvrager: Krupp Atlas Elektronik GmbH te Bremen, Bondsrepubliek Duitsland.
- ⑦4 Gem.: Ir. H.J.G. Lips c.s.
Haagsch Octrooibureau
Breitnerlaan 146
2596 HG 's-Gravenhage.

- ②1 Aanvraag Nr. 8401997.
- ②2 Ingediend 22 juni 1984.
- ③2 Voorrang vanaf 23 juni 1983.
- ③3 Land van voorrang: Bondsrepubliek Duitsland (DE).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: P 3322500 .
- ⑥2 - -

- ④3 Ter inzage gelegd 2 februari 1987.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Werkwijze voor de passieve bepaling van doelgegevens van een voertuig.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor de passieve bepaling van doelgegevens zoals voertuigsnelheid, afstand en koers, van een zelfgegene-
reerde golfenergie afstralend voertuig, in het bijzonder
5 een watervoertuig, vanuit een meetplaats, waarbij de golfenergie aan de meetplaats ontvangen door omzet-
ters, wordt omgezet in elektrische ontvangstsignalen, en een invalsricting van de golfenergie ten opzichte van de referentierichting als peilhoek wordt opgenomen.

10 Overal, waar voertuigen dienen te worden waar-
genomen, bewaakt, vervolgd of bestreden, heeft men meetmethoden voor het bepalen van positie, voertuigsnel-
heid en koers, die zonder eigen positie te verraden werken. Bij kustbescherming mogen bijvoorbeeld passerende
15 watervaartuigen een bewaking van een kunstgebied niet kunnen vaststellen door zich aan boord bevindende radar-
of sonarinstallaties, opdat in het geval van een invasie verdedigingsmaatregelen beantwoordend aan het doel kunnen worden ingeleid. Het bestemmen van doelgegevens
20 in een ander meetgebied, bijvoorbeeld open-zeegebied, dient bij een ander militair toepassingsgeval voor de beoordeling van een gevechtssituatie en het schatten van de effectiviteit van praktische maatregelen.

In de watergeluidstechniek kan hiervoor bij-
25 voorbeeld de door het vaartuig zelf gegenereerde golf-
energie, namelijk de vaarruis, die aan de meetplaats wordt ontvangen, worden gebruikt voor het bepalen van de doelgegevens. Een dergelijke werkwijze is bekend uit het Duitse octrooischrift 887.926, waarbij uit drie
30 peilingen de koers van een watervoertuig wordt bepaald. Indien additioneel bijvoorbeeld de voertuigsnelheid van het watervoertuig op grond van zijn schroeftoerental wordt geschat, kan ook afstand en koers worden berekend. Anderzijds wordt bij vaststelling van de afstand de dan
35 onbekende voertuigsnelheid bepaald. In de beginfase van de evaluatie van hoorpeilingen is een aldus verkregen

8461997

doelbaan nog in sterke mate van de nauwkeurigheid van de beginschattingswaarde, nl. afstand of vaartuigsnelheid, afhankelijk. Pas dan, wanneer na een eigen manoeuvre ten minste drie verdere peilingen zijn gemeten, kunnen
5 de onbekende doelgegevens onafhankelijk van de schattingswaarden worden berekend. Alle additioneel vastgestelde peilingen zorgen voor een compensatie van de meetfouten en bij een oplossingsprocédé door middel van tekenen aan de positietafel ook een compensatie van de tekenonnauw-
10 keurigheden bij het vastleggen van de koers door de gebruiker. Bij een automatische verwerking van de peiling en het berekenen van de doelbaan door een regressieproces nadert weliswaar de berekende doelbaan steeds nauwkeuriger aan de werkelijke koers, maar het resultaat
15 van de berekening onder in achtname van een peiling, waaraan meetfouten verbonden zijn, kan evenwel sterker vervalst zijn, dan wanneer de peiling met meetfouten buiten beschouwing gelaten blijft.

Ook is het uit dit octrooischrift bekend een
20 peilhoektijskromme over een voorbepaalde krommenschaar heen te leggen om de verhouding van de voertuigsnelheid en de afstand van het voertuig te bepalen. Een dergelijke bewerking is bijzonder tijdrovend en in hoge mate afhankelijk van de beoordeling van de bewerker, zodat
25 gemakkelijk onnauwkeurige doelgegevens daaruit kunnen voortkomen. Bovendien is het aantal van de in aanmerking te nemen meetwaarden door de manuële bewerking sterk beperkt.

Aan de uitvinding ligt het doel ten grondslag
30 een passieve werkwijze voor het bepalen van doelgegevens van een zelfgegenereerde golfenergie afstralend voertuig van de in de aanhef genoemde soort te verschaffen, dat het aangeven van doelgegevens vanuit een rustende meetplaats, automatisch en zonder schatting van begin-
35 voorwaarden, zoals bijvoorbeeld afstand of voertuigsnelheid, binnen de kortste tijd mogelijk maakt.

Hiertoe voorziet de uitvinding in een werkwijze, zoals in de aanhef omschreven, met het kenmerk, dat de meetplaats binnen een meetgebied in een overdrachtslaag
40 met dispersie-eigenschappen voor de door het voertuig

afgestraalde golfenergie wordt gelegd, dat aan de meet-
plaats ten minste twee omzetters op afstand van elkaar
worden aangebracht, dat ontvangstsignalen van elke omzet-
ter voortdurend worden onderworpen aan een frequentie-
5 analyse en intensiteiten in afhankelijkheid van zowel de
frequentie alsook de tijd worden opgeslagen, dat telkens
uit de opgeslagen intensiteiten van de ontvangstsignalen
van elke omzetter een door een vaststelbaar frequentie-
gebied en een vaststelbaar tijdsinterval bepaald segment
10 gekozen wordt, dat een onderlinge tijdsverschuiving van
de intensiteitsmonsters in de beide segmenten wordt
bepaald, en dat enerzijds ter bepaling van de voertuig-
snelheid een radiale snelheidscomponent van de voertuig-
snelheid uit het met de afstand van de omzetter ver-
15 menigvuldigde quotiënt van de sinus van de peilhoek en
de tijdsverschuiving verkregen wordt en/of anderzijds
ter bepaling van de afstand tussen meetplaats en voertuig
binnen één van de segmenten uit naburige intensiteiten
van gelijke sterkte frequentie-afhankelijke interferentie-
20 lijnen worden verkregen en de frequentiematige verandering
of stijging van ten minste één van de zich in het segment
bevindende interferentielijnen wordt bepaald en uit het
produkt van de stijging en het met de afstand van de
omzetters vermenigvuldigde quotiënt van de sinus van de
25 peilhoek en de tijdsverschuiving de afstand wordt ver-
kregen.

De uitvinding gaat daarbij uit van de fysische
wetten van golfenergie-uitbreiding in een overdrachts-
medium met dispersie-eigenschappen. In alle gevallen
30 bestaat een dergelijk overdrachtsmedium uit afzonder-
lijke lagen met verschillende overdrachtseigenschappen
voor de door het voertuig afgestraalde golfenergie.
In één van de lagen zijn als meetinrichting ten minste
twee omzetters geïnstalleerd, die de door het voertuig
35 afgestraalde golfenergie omzet in elektrische ontvangst-
signalen.

Indien de werkwijze volgens de uitvinding
in de luchtvaart moet worden ingezet voor het passief
meten van de doelgegevens van vliegtuigen of op het
40 land voor het meten van landvoertuigen, bijvoorbeeld

8401097

pantservoertuigen, worden als omzetters microfonen in laagopbouwen van de atmosfeer of geofonen in bodemlagen ingezet, die de ten gevolge van het vaartgeruis afgestraalde geluidsenergie in de overdrachtslaag aan de meetplaats in elektrische ontvangstsignalen omzetten. De werkwijze volgens de uitvinding kan eveneens worden ingezet, wanneer het voertuig elektromagnetische golven, bijvoorbeeld licht, uitstraalt, dat in een overdrachtslaag met dispersie-eigenschappen, bijvoorbeeld ijslagen, binnendringt en zich daar uitbreidt.

Bij het inzetten van de werkwijze volgens de uitvinding in de watergeluidstechniek voor het passief bepalen van de doelgegevens van watervoertuigen worden als omzetters twee hydrofonen in een waterlaag als overdrachtslaag aangebracht. In het eenvoudigste geval is deze overdrachtslaag met dispersie-eigenschappen een vlak-water-geluidsoverdrachtskanaal, een kortvlak-waterkanaal, waarbij de waterlaag door parallelle lucht- en bodemlagen als grenslagen wordt begrensd, en de eigenschappen van het overdrachtsmedium, zoals uitbreidingssnelheid, nagenoeg constant zijn. Evenwel kan de werkwijze volgens de uitvinding ook worden ingezet, wanneer in het water meerdere lagen met verschillende overdrachtseigenschappen aan te geven zijn.

Het is volgens een artikel van C.L. Pekeris, "Theory of Propagation of Explosive Sound in Shallow Water", The Geological Society of America, Memoir 27, 1948, en een boek van J. Tolstoy en C.S. Clay, "Ocean Acoustics: Theory and Experiment in Unterwater Sound", McGraw-Hill Book Company, New York, 1966, bekend, dat de geluidsuitbreiding van een zich in ondiep water bevindende ruisbron bij lage frequenties door een superpositie van eigen golven of modi kan worden beschreven. Aanschouwelijk kan men zich een dergelijk fysisch model van de uitbreiding van geluid zodanig voorstellen, dat het geluid in het ondiepe waterkanaal aan het wateroppervlak totaal en aan de bodem gedeeltelijk wordt gereflecteerd, zodat zich een zigzagvormige uitbreiding van vlakke golffronten over de afstand instelt. Boven een kritische grensfrequentie, die gelijk is aan de

snelheid van geluid in water, gedeeld door ongeveer de
viervoudige hoogte, vormen zich eigen-golven of zogenaamde
modi. Het aantal eigen-golven hangt af van de frequentie
van de uitstralende geluidsenergie. Telkens bij het over-
5 schrijden van een oneven veelvoud van de kritische grens-
frequentie komt daar een verdere eigen-golf bij. De hoek,
waaronder het golffront aan het wateroppervlak respec-
tiefelijk aan de bodem wordt gereflecteerd, neemt toe met
het ordegetal van de eigen-golven. De golffronten doorlopen
10 dan een langere weg en botsen vaker tegen de grenslagen
en ondervinden daarbij een hogere demping.

De eigengolven of modi representeren oplossingen
van een partiële golfvergelijking voor het vlak-waterkanaal.
Nauwkeuriger gezegd zijn het de eigen-funkties van het
15 vlak-waterkanaal in horizontale richting. De eigengolven
zijn cilindergolven, die zich concentrisch van de geluids-
bron af bewegen. Zij vertonen in uitbreidingsrichting
een periode, die des te kleiner is, naarmate de frequentie
van de zich uitbreidende geluidsgolf hoger is. De fase-
20 snelheid van de eigen-golf hangt af van de frequentie
van het afgestraalde geluid en bij hogere frequenties
nadert zij afnemend tot de uitbreidingssnelheid in water.
Het geluidsdrukverloop in verticale richting is afhanke-
lijk van het ordegetal van de eigen-golf. Aan het water-
25 oppervlak is de geluidsdruk gelijk nul, aan de bodem
vertoont deze steeds een eindige grootte, het aantal
van de daartussen gelegen nulplaatsen is een kleiner
dan het ordegetal.

Door superpositie van meerdere eigengolven
30 ontstaat in het vlak-waterkanaal een interferentieveld.
Dit interferentieveld bouwt zich op rond de geluidsbron.
In radiale richting tot de geluidsbron zijn ruimtelijke
amplitudeschommelingen aan te geven. De afstand tussen
gelijke uiterste waarden noemt men intereferentiegolf-
35 lengte. Deze interferentiegolflengte is uitsluitend
afhankelijk van de eigenschappen van het vlak-waterkanaal
en de frequentie van het uitgestraalde geluid, en wordt
naar hogere frequenties toe groter.

Bij een varend watervoertuig wordt geluid
40 in een breed frequentiegebied uitgestraald en wegens de

zich ontwikkelende eigengolven ontstaat in het vlak-waterkanaal een interferentieveld. Dit interferentieveld is met het watervaartuig als geluidsbron verbonden.

5 In een artikel van Weston e.a., "Interference of Wide-Band Sound in Shallow Water", Admiralty Research Laboratory, Teddington, Middlesex, 1971, reproduced by National Technical Information Service, wordt een werkwijze beschreven, waarmee overdrachtseigenschappen van een vlak-waterkanaal worden onderzocht. Door een
10 aan zijn plaats gebonden hydrofoon wordt een bredeband-ruis van een geluidsbron ontvangen. De geluidsbron beweegt zich daarbij met rechtlijnige koers allereerst naar de hydrofoon toe en aansluitend daar vandaan. Uit het geruis worden achtereenvolgens elke tijdseenheid spectrogrammen
15 berekend. De intensiteiten van deze spectrogrammen worden als functie van de frequentie kolomsgewijs in Grautonschrift weergegeven. In elke kolom, die aan de heersende afstand tussen hydrofoon en geluidsbron is toegekend, wordt een spectrogram ingezet. Er ontstaat een intensiteitsmonster, dat waaivormig naar de hydrofoonplaats toeloopt. Dit Grautonschriftbeeld weerspiegelt het interferentieveld, dat de geluidsgolven van de uitgestraalde ruis ten gevolge van de uitbreiding van de eigengolven of modi veroorzaken.

25 Ook bij de werkwijze volgens de uitvinding voor het bepalen van doelgegevens van een voertuig worden uit het verloop in de tijd van de ontvangstsignalen van elke omvormer voor frequentieanalyse spectrogrammen opge-
30 maakt en spectrale vermogens van de ontvangstsignalen van elk spectrogram, bijvoorbeeld als intensiteitsschrift over de frequentie opgeslagen. De afzonderlijke intensiteitsschriften worden toegekend aan hun meettijd. Als intensiteitsschrift kan een Grautonbeeld worden opgewekt. De opgeslagen spectrogrammen vormen een twee-
35 dimensionaal intensiteitsmonster binnen een frequentie-tijd-coördinatenstelsel, waarvan de ene as aan de frequentie en de andere as aan de tijdbasis is toegekend en bijvoorbeeld verdeeld is in tijdeenheden.

40 Uit deze intensiteitsmonsters wordt volgens de uitvinding binnen een voorbepaalbaar frequentiegebied

een segment geselecteerd, dat zich uitstrekt over een tijdsinterval van een voorbepaalbaar aantal tijdseenheden. Binnen het segment worden naburige intensiteiten van gelijke sterkte opgezocht, die in het frequentie-tijd-coördinatenstelsel continue interferentielijnen vormen. Deze interferentielijnen zijn bij een koers van het voertuig, welke over de meetplaats voert, derhalve bij een over de meetplaats heengaan, nagenoeg rechten, die waaier-vormig door het segment verlopen. De oorsprong van de waaier dient aan de meetplaats te worden toegekend. Bij een voorbij lopen, waarbij de koers van het voertuig een schuine afstand ten opzichte van de meetplaats vertoont, valt een hyperboolachtige structuur te herkennen. De toppunten van de hyperbolen kenmerken de grootste nadering tot de meetplaats. Indien het voertuig in rust is, ontvangen de omzetter elk frequentie van een bepaald niveau en er ontstaat een strepenmonster van interferentielijnen langs de afzonderlijke frequentiesporen in het segment van het intensiteitsmonster. De stijging van de interferentielijnen is oneindig groot. (De stijging wordt hier relatief tot de frequentieas gemeten.) Indien het voertuig zich verplaatst, worden telkens de frequentieontvangen niveaus met de tijd veranderd. De interferentielijnen in het intensiteitsmonster krommen zich en hun stijging neemt eindige waarden aan. De stijging van de interferentielijnen is afhankelijk van de naderingssnelheid van het voertuig tot de meetplaats, respectievelijk de radiale snelheidscomponent van de voertuigsnelheid met betrekking tot de meetplaats. Indien het voertuig de meetplaats nadert met grote naderingssnelheid, zijn de stijgingen van de interferentielijnen kleiner dan wanneer het voertuig vanuit dezelfde afstand met lagere naderingssnelheid naar de meetplaats toe zou komen. De bijbehorende tangenciale snelheidscomponent van de voertuigsnelheid draagt voor de vorming van het intensiteitsmonster niets bij. Indien een voertuig in een cirkel vaart met constante voertuigsnelheid rond een omzetter, ontstaat er een monster van de opgeslagen intensiteiten, dat langs de frequentiesporen geen intensiteitsverschillen

5 vertoont. In plaats van de waaivormige intensiteitsmonsters
ontstaat een monster uit parallelle strepen, die langs
de frequentiesporen verlopen, evenals wanneer het voertuig
in rust zou zijn. Alleen een extra radiale snelheids-
10 component leidt ertoe, dat de structurering van het
intensiteitsmonster waaivormig is. Men kan zich dit ook
zo voorstellen, dat het interferentieveld gekarakteriseerd
is door concentrische cirkels rond het voertuig heen,
welke de minima resp. maxima van de interferentiegolven
15 in de afstand van de interferentiegolflengtes kenmerken.
Bij een kringvaart neemt de omzetter steeds een en
dezelfde intensiteit van het interferentieveld op.
Slechts door een radiale snelheidscomponent kunnen
afwisselend minimum en maximum van de intensiteiten aan
15 de omzetter worden vastgesteld.

 Men kan zeggen, dat het interferentieveld
gekoppeld is met het voertuig en met naderingssnelheid
respectievelijk radiale snelheidscomponent van de
voertuigsnelheid over elke omzetter wordt getrokken.
20 Wanneer het voertuig vaart op een koers langs de ver-
lenging van de verbindinglijn tussen de beide omzetters,
wordt elke momentane waarde van het interferentieveld
eerst door de ene omzetter en iets later door de andere
omzetter ontvangen. De tijdsverschuiving tussen de
25 afgetaste interferentievelden is direkt afhankelijk van
de naderingssnelheid, zij is hieraan omgekeerd evenredig,
namelijk des te groter, naarmate de naderingssnelheid,
respectievelijk de radiale snelheidscomponent van de
voertuigsnelheid kleiner is. Deze tijdsverschuiving
30 wordt voor de werkwijze volgens de uitvinding vast-
gesteld met behulp van de intensiteitsmonsters. De
intensiteitsmonsters van de beide segmenten worden daar-
bij zo lang in tijdrichting ten opzichte van elkaar
verschoven, tot zij elkaar dekken. De hiervoor nood-
35 zakelijke tijdverschuiving geeft de gezochte grootte weer.

 Bovendien wordt voor het bepalen van de
doelgegevens in één van de segmenten de stijging gemeten
van ten minste één van de interferentielijnen, bij
voorkeur de door het midden van het segment verlopende
40 interferentielijn.

8401097

Uit deze meetgegevens - de stijging van de
interferentielijnen en de tijdsverschuiving van de
intensiteitsmonsters uit de beide segmenten - worden
onder in aanmerkingneming van de peilhoek en de verande-
ring in de tijd daarvan de doelgegevens van het voertuig
volgens conclusie 1 en 2 berekend. Bij toepassing in
de watergeluidstechniek kan de peilhoek door een wille-
keurige andere sonarinrichting zijn vastgesteld,
bijzonder voordelig is het evenwel om volgens conclusie 3
als peilinrichting voor het bepalen van de peilhoek
de beide omzetters te gebruiken. Er wordt een looptijd-
verschil van de ontvangstsignalen aan de omzetters
gemeten, met de uitbreidingssnelheid van de golfenergie
vermenigvuldigd, door de afstand van de omzetters gedeeld,
en de boogsinus gevormd, welke de peilhoek levert.

Indien vanaf de meetplaats slechts voertuigen
op een voorbepaalde verkeersweg moeten worden gade-
geslagen, moeten de beide omzetters of in de vaartrichting
of evenwijdig aan de vaartrichting worden aangebracht.
Eén peiling is dan overbodig, aangezien de vaartweg of
koers van het voertuig bekend is. De radiale snelheids-
component wordt dan elke tijd juist uit het quotiënt
van de onderlinge afstand der omzetters en de tijdver-
schuiving berekend, de afstand uit de telkens bepaalde
stijging, vermenigvuldigd met de radiale snelheidscompo-
nent.

Bij willekeurige koers van het voertuig ten
opzichte van de meetplaats wordt bij een bepaling van
de peilhoek volgens conclusie 3 de radiale snelheids-
component uit het quotiënt van het looptijdverschil
en de tijdverschuiving, vermenigvuldigd met de uitbrei-
dingssnelheid van de golfenergie in het medium, bepaald.
De afstand tussen voertuig en meetplaats wordt bepaald,
doordat de stijging met het looptijdverschil en de
uitbreidingssnelheid van de golfenergie wordt vermenig-
vuldigd en gedeeld door de tijdsverschuiving. De
tangenciale snelheidscomponent verkrijgt men door
vermenigvuldiging van de afstand met de verandering in de
tijd van de peilhoek.

De voordelen van de werkwijze volgens de uit-

8401997

vinding zijn daarin gelegen, dat direkt na de detectie van de door het voertuig gegenereerde en uitgestraalde golfenergie de doelgegevens continu kunnen worden bepaald. Aan het intensiteitsmonster laat zich zien, of slechts
5 omgevingsruis door de omzetters wordt opgevangen of dat een voertuig in het meetgebied gevaren is, aangezien in het laatstgenoemde geval dan onmiddellijk een structurering van de regelloos uitziende intensiteitsmonsters plaatsvindt en interferentielijnen worden gevormd. Zodra
10 interferentielijnen te herkennen zijn, is het mogelijk stijging en tijdsverschuiving te meten. Het eenvoudigst kan de stijging van een interferentielijns worden bepaald door approximatie van een rechte, en de tijdsverschuiving tussen de interferentiemonsters van de beide segmenten
15 met behulp van de correlatietechniek. Een verder voordeel bestaat daaruit, dat gedurende een bewegingsgang van het voertuig de bepaling van de doelgegevens door de in rust zijnde meetplaats zonder verraden van eigen positie, namelijk zonder uitstralen van eigen zendenergie of eigen
20 manoeuvreren mogelijk is, zodat het voertuig de bewaking door zich aan boord bevindende meetinrichtingen niet kan waarnemen. Meetwerkzaamheden bij de installatie van de meetinrichting worden overbodig, wanneer de doelgegevens van het voertuig ten opzichte van de meetplaats van
25 belang zijn. De afmetingen van de meetinrichting aan de meetplaats zijn met voordeel in wezen kleiner dan het meetgebied, dat met de werkwijze volgens de uitvinding kan worden bewaakt. Bij toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding in de watergeluidstechniek is de
30 meetinrichting met haar hydrofonen bijvoorbeeld op een rustend schip of een onderzeeër als waarnemingsstation geïnstalleerd, of aan meerdere boeien respectievelijk een buizenstelsel, dat op de zeebodem uitgelegd is.

Van zeer bijzonder voordeel is het, dat de
35 nauwkeurigheid van de bepaling van de afstand en de voertuigsnelheid onafhankelijk is van de afstand tussen meetplaats en voertuig en met de detecteerbaarheid ook de eerste meting kan worden uitgevoerd. Bovendien is de bepaling van de doelgegevens onafhankelijk van de
40 koers van het voertuig. Zij zijn op dezelfde wijze als bij

een overloop, waarbij de koers over de meetplaats heen-
voert, evenals bij een voorbijloop, waarbij de koers
met een dwarsafstand langs de meetplaats voorbij voert,
te bepalen. Verder is het van voordeel, dat manoeuvres
5 van het voertuig de bepaling van de doelgegevens niet
beïnvloeden, wanneer de radiale snelheidscomponent binnen
het tijdsinterval slechts onbelangrijk verandert. De
bepaling van de afstand en de voertuigsnelheid is boven-
dien met voordeel volledig onafhankelijk van het bewe-
10 gingsgedrag van het voertuig in voorgedane tijdsinter-
vallen en in daarop volgende tijdsintervallen, voor-
geschiedenis of toekomstig vaargedrag komen derhalve
niet bij de meting binnen. Bij toepassing van de werkwijze
volgens de uitvinding is men in staat steeds de momentane
15 doelgegevens van een voertuig vast te stellen, ook
wanneer het voertuig een willekeurige koers met wisselende
voertuigsnelheden doorloopt. De voertuigsnelheid kan
natuurlijk slechts worden aangegeven, wanneer zij binnen
het tijdsinterval nagenoeg constant was.

20 Volgens een voordelige verdere uitvoering
van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 4
en 5 wordt een derde omzetter opgesteld aan de meet-
plaats, teneinde eenduidige peilingsresultaten te ver-
krijgen. De omzetters worden paarsgewijs gebruikt voor het
25 bepalen van de looptijdverschillen. Uit de looptijd-
verschillen worden hoeken berekend ten opzichte van de
middelloodrechte op de afstand van elk omzetterpaar,
en deze hoek in hoekwaarde omgerekend tegenover een
gemeenschappelijke referentierichting. De peilhoek wordt
30 bepaald uit de looptijdverschillen, die tot even grote
hoekwaarden behoren. Daardoor wordt een zgn. spiegel-
peiling uitgesloten.

Volgens een voordelige verdere uitvoering
van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 6
35 worden de verkregen looptijdverschillen met elkaar ver-
geleken en wordt dat omzetterpaar uitgezocht, waarvan
de ontvangstsignalen het grootste looptijdverschil ver-
tonen. De ontvangstsignalen van dit omzetterpaar worden
voor het bepalen van de tijdverschuiving onderworpen
40 aan frequentieanalyse. De uit de intensiteitsmonsters van

de ontvangstsignalen van dit omzetterpaar bepaalde tijdsverschuiving en het looptijdverschil van hun ontvangstsignalen worden voor het bepalen van de radiale snelheidscomponent en de afstand met elkaar gecombineerd.

5 Uit de intensiteitsmonsters van deze ontvangstsignalen wordt of de stijging van de interferentielijn in het midden van één van beide segmenten verkregen of wordt de arithmetische middelwaarde van de stijgingen van de in beide segmenten door het midden van het segment ver-

10 lopende interferentielijnen bepaald.

Ook is het mogelijk om in plaats van de looptijdverschillen van de ontvangstsignalen van elk omzetterpaar de tijdsverschuiving van de intensiteitsmonsters te vergelijken en de ontvangstsignalen van dat omzetterpaar

15 te gebruiken voor de peilhoek- en tijdsverschuivingsberekening, waarvan de intensiteitsmonsters de grootste tijdsverschuiving ten opzichte van elkaar vertonen.

Door het selectieproces volgens conclusie 6 worden intensiteitsmonsters van de ontvangstsignalen

20 van dat omzetterpaar gebruikt, waarvan de verbindingslijn met de verbinding tussen meetplaats en voertuig het beste overeenstemt. In dezelfde richting van het voertuig naar de meetplaats wijst ook de radiale snelheidscomponent van de voertuigsnelheid, welke de vorming van de interferentielijnen en de tijdsverschuiving van de intensiteitsmonsters in de segmenten veroorzaakt. Het voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 6 is daarin gelegen, dat de ontvangstsignalen van dat omzetterpaar worden gebruikt, welke de grootste nauwkeurigheid voor de bepaling van afstand en voertuigsnelheid

30 waarborgen, aangezien de te meten tijdsverschuiving tussen beide het grootste is. Deze tijdsverschuiving omvat bij een rastering van de tijdas van het frequentie-tijdcoördinaatstelsel in tijdseenheden het grootste aantal

35 tijdseenheden en waarborgt, dat de relatieve fout het kleinst is. Verder is het van voordeel, dat ook dan een bepaling van doelgegevens mogelijk is, wanneer het voertuig op een koers langs een middelloodrechte van de verbindingslijn van één der omzetterparen wordt uitgevoerd.

40 Bij deze koers leveren de ontvangstsignalen van dit

8401097

omzetterpaar weliswaar een gestructureerd intensiteitsmonsters, een vergelijking van de beide intensiteitsmonsters voor het bepalen van de tijdverschuiving toont, dat de intensiteitsmonsters identiek gevormd zijn en geen tijdverschuiving ten opzichte van elkaar vertonen, aangezien beide omzetters tegelijk hetzelfde interferentieveld aftasten. Door het uitbrengen van drie omzetters en de paarsgewijze benutting van hun ontvangstsignalen is een eenduidige bepaling van alle doelgegevens steeds gewaarborgd, aangezien één van de drie omzetterparen steeds een dergelijke oriëntatie vertoont, dat een eenduidige bepaling van de doelgegevens is gewaarborgd.

Volgens een verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 7 wordt de peilhoek bepaalt uit de ontvangstsignalen van dat omzetterpaar, welke het kleinste looptijdverschil vertonen. Dit omzetterpaar levert in vergelijking met de andere de grootste meetnauwkeurigheid.

Met de werkwijze volgens de uitvinding is het op voordelige wijze mogelijk de koers van het voertuig te bepalen, welke enerzijds door de peilhoek tussen meetplaats en voertuig en anderzijds uit een snelheidshoek bepaald wordt, zoals aangegeven in conclusie 8. De snelheidshoek ligt tussen de radiale snelheidscomponent, waarvan de richting ten opzichte van de referentierichting de peilhoek insluit, en de voertuigsnelheid, die in de richting van de koers wijst. De koers wordt bepaald uit de som van peilhoek en snelheidshoek. De snelheidshoek wordt of uit de verhouding van de tangentielle en radiale snelheidscomponent van de voertuigsnelheid berekend, of volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 9 bepaald door de boogtangens van het produkt van stijging en verandering in de tijd van de peilhoek onder inachtnahme van een eigen faktor. Het voordeel van de werkwijze volgens conclusie 9 bestaat daaruit, dat niet eerst de snelheidscomponenten zelf behoeven te worden bepaald, maar direkt uit de gemeten grootheden, namelijk de stijging van een interferentielijn in het segment van het intensiteitsmonster en de verandering in de tijd van de peilhoek de koers

kan worden berekend.

Volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens de kenmerken van conclusie 10 wordt voor de frequentieanalyse slechts
5 golfenergie in een frequentiegebied rond een middenfrequentie benut, welke zich uitbreidt in de vorm van modi en interferenties veroorzaakt binnen de overdrachtslaag. Dit frequentiegebied wordt verkregen, doordat langs elk frequentiespoor een soort modulatie van de intensiteiten
10 over de tijd wordt vastgesteld en daaruit een modulatiemaat wordt bepaald. Deze modulatiemaat zou bij het voorhanden zijn van sinusvormige en niet stochastische processen van de in de literatuur bekende modulatiegraad zijn. De modulatiemaat geeft aan hoe geprononceerd de eigen-
15 golven zich uitbreiden in de overdrachtslaag en hun interferentie te detecteren is. Het frequentiegebied ligt in het onderste deel van het frequentiespectrum van de ontvangstsignalen, aangezien wegens de demping in de overdrachtslaag slechts eigen-golven van lagere frequentie
20 over grotere afstanden meetbaar zijn en wegens de kleine interferentiegolflengte in dit frequentiegebied het intensiteitsmonster fijn gestructureerd is.

De modulatiemaat wordt bijvoorbeeld bepaald doordat de variantie van de intensiteiten op elk
25 frequentiespoor wordt vastgesteld en de variantie op de gekwadrateerde gemiddelde waarde van alle daar opgeslagen intensiteiten betrokken en met het getal een wordt verminderd. De wortel uit het verschil levert dan de modulatiemaat.

30 De modulatiemaat langs een frequentiespoor is slechts dan groot, wanneer het ontvangstsignaal, overgedragen door eigengolven, ligt boven het omgevingsruisniveau. In dat geval verkrijgt men op de frequentiesporen intensiteitsextrema op de afstand van de halve
35 interferentiegolflengte op het frequentiespoor. Door storingen bij de uitbreiding van de eigen-golven kan evenwel bij enige frequenties de modulatiemaat sterk teruglopen, zodat er geen doorgaande interferentielijnen respectievelijk geen gelijk gestructureerde intensiteits-
40 monsters van de ontvangstsignalen van de beide omzetters

kunnen worden gevonden. Daarom wordt met voordeel een samenhangend gebied van naburige frequentiesporen uitgekozen als frequentiegebied, waarvoor het vastgestelde, bij voorkeur over de frequentie afgevlakte verloop van de modulatiewaarde boven een voorbepaalbare drempel ligt, teneinde met de grootst mogelijke zekerheid de stijging van interferentielijnen en tijdsverschuiving van de intensiteitsmonsters in de beide segmenten te kunnen bepalen.

Volgens een verdere voordelige uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens de kenmerken van conclusie 11 worden de ontvangstsignalen in een hoger gelegen frequentie-interval dan het frequentiegebied met betrekking tot hun looptijdverschil benut, teneinde daaruit de peilhoek te bepalen. Eigengolven in dit frequentie-interval kunnen de peiling niet vervalsen, aangezien hun fasesnelheden bij benadering gelijk zijn aan de uitbreidingssnelheid.

Zoals men ziet, werken de voor de bepaling van de stijging en tijdsverschuiving gewenste overdrachtseigenschappen van de overdrachtslaag, die zorgen voor een uitbreiding van eigengolven en de interferentie daarvan, storend voor de peiling. Door de selectie volgens de uitvinding van het frequentiegebied en het frequentie-interval is een optimale aanpassing van de meting aan overdrachtseigenschappen bereikt.

De rekenvoorschriften, volgens welke voertuigafstand en voertuigsnelheid kunnen worden gewonnen uit de meetgrootheden, worden aangegeven door de verdere uitvoeringen volgens de uitvinding volgens conclusie 12, 13 en 14, waarbij de daar opgevoerde faktor of volgens conclusie 15 uit de interferentiegolflengte van twee eigen-golven, welke zich instelt uit de uitgestraalde golfenergie bij de middenfrequentie van het frequentiegebied, en hun frequentiematige afleiding, of volgens de kenmerken van conclusie 16 gefixeerd wordt gelijk aan de 1,1-voudige waarde van de middenfrequentie van het frequentiegebied. Deze faktor is kenmerkend voor de uitbreidingseigenschappen van de overdrachtslaag en kan voor het begin van de meting reeds worden bepaald of

vastgelegd zijn. Talrijke proeven hebben laten zien, dat de exacte kennis van het mechanisme van de overdrachtslaag geheel niet noodzakelijk is om deze faktor te bepalen, maar dat de benadering door de 1,1-voudige waarde van de middenfrequentie reeds goede meetresultaten oplevert.

Indien een waaiervormige structuur van de intensiteitsmonsters is herkend, is dit een zeker teken, dat een detecteerbare geluidsbron in het meetgebied binnengekomen is. Vanzelfsprekend is een omgaande meting van de doelgegevens tot aan het naderen van het voertuig aan de meetplaats van belang. Stijging van een herkenbare interferentieliijn in een punt van het frequentie-tijdcoördinatensysteem van het interferentiemonster kan evenwel slechts worden bepaald, wanneer een deel van de interferentieliijn duidelijk geprononceerd is. Het vroegste tijdstip voor het bepalen van de stijging van de interferentieliijn is dan gegeven, wanneer het tijdsinterval volgens conclusie 17 zodanig is gekozen, dat ten minste twee intensiteitsmaxima op het frequentiespoor aan te geven zijn. Met deze dimensionering wordt bereikt, dat in een door het frequentiegebied en tijdsinterval gedefinieerd segment een geprononceerd intensiteitsmonster aan te geven is, dat ook voor een vergelijking van de segmenten met betrekking tot de tijdverschuiving voldoende goed gestructureerd is. Vanzelfsprekend kunnen ook met kleinere of grotere tijdsintervallen meetresultaten worden verkregen. Men loopt evenwel bij een te klein tijdsinterval het gevaar, dat er geen voldoende fijngestructureerd intensiteitsmonster in het bovenste bereik van het frequentiegebied kan worden verkregen, aangezien daar geen intensiteitmaximum en -minimum meer wordt geregistreerd. Bij een te groot gekozen tijdsinterval kan er eventueel niet meer van worden uitgegaan, dat het voertuig gedurende deze meettijd met nagenoeg constante voertuigsnelheid vaart, zodat dan een aangifte over de momentane hoogte van de voertuigsnelheid niet meer kan worden gemaakt.

De afstand van de omzetters wordt evenals

het tijdsinterval afhankelijk van de overdrachtseigenschappen van de overdrachtslaag gekozen en aangepast volgens de kenmerken van conclusie 18 aan het te verwachten interferentieveld. De aldaar aangegeven dimensionering van een afstand van de omzetters in afhankelijkheid van de interferentiegolflengte van twee interfererende eigen-golven waarborgt, dat de intensiteitsmonsters in de beide segmenten elkaar gedeeltelijk overlappen en een correlatie van de intensiteitsmonsters kan worden vastgesteld. Bij een toepassing in de watergeluidstechniek heeft men bijvoorbeeld een waterkanaal met een diepte van ongeveer 40 meter en een middenfrequentie van 300 Hz een omzetterafstand van ongeveer 100 meter om redelijke meetresultaten te verkrijgen. Hieruit blijkt, dat de omzetters aan de meetplaats kunnen worden aangebracht in dichte nabijheid betrokken op het te bewaken meetgebied, dat meer dan 10 km uitgebreidheid kan vertonen. Experimenten in de watergeluidstechnieken hebben aangetoond, dat een tijdsinterval van minder dan 200 sec. voldoende is om de eerste meting van een stijging van een interferentielijn te verrichten. Als frequentiegebied is een bandbreedte van 200 Hz rond de middenfrequentie van 300 Hz voordelig gebleken. De eerste doelgegevens van een vaartuig, dat de meetplaats nadert, kunnen derhalve na ongeveer 3 min. aan de meetplaats worden vastgesteld ten opzichte van de vaartuigafstand, vaartuigsnelheid en koers, nadat het vaartuig werd gedetecteerd. Verdere opgave over het bewegingsgedrag zijn vanaf dan gedurende de totale naderingsfase van het vaartuig bij het overvaren of passeren van de meetplaats en tot het verlaten van het meetgebied, tot namelijk het vaartuig niet meer kan worden gedetecteerd, continu mogelijk.

Door de dimensionering van de afstand van de omzetters en het tijdsinterval in afhankelijkheid van de overdrachtseigenschappen in het meetgebied wordt het meetproces aangepast aan het mechanisme van het ontstaan der intensiteitsmonsters, waardoor een optimalisering van de meetresultaten wordt bereikt.

Bijzonder voordelig voor de bepaling van de doelgegevens is het, wanneer de intensiteitsmonsters

zo fijn mogelijk zijn gestructureerd, aangezien dan
bijzonder goed de tijdsverschuiving van de intensiteits-
monsters in de beide segmenten kan worden gedetecteerd.
Volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze
5 volgens de uitvinding volgens conclusie 19 kan een ver-
betering worden bereikt, doordat de omzetters binnen de
overdrachtslaag evenwijdig aan het grensvlak worden
uitgelegd op een zodanige afstand, bij welke de eigen-
functies in verticale richting geen nulplaats vertonen
10 en het interferentieveld wordt opgebouwd door zoveel
mogelijk eigengolven, ook van hogere orde. Deze afstand
kan worden vastgesteld doordat een omzetter binnen de
overdrachtslaag verschillende posities onder het grensvlak
in de overdrachtsplaat inneemt en elke keer het inter-
15 ferentiemonster van een ruisbron wordt geregistreerd.
De optimale afstand wordt dan gevonden, wanneer de
meeste interferentielijnen in het segment liggen. De
eigen-functies van de overdrachtslaag zijn ook bij be-
nadering gemakkelijk te berekenen. Daaruit kan eveneens
20 de afstand voor de omzetterinrichting worden geëvalueerd.

Voor het bepalen van de doelgegevens wordt
de door het voer- of vaartuig afgestraalde golfenergie
onderworpen aan een frequentieanalyse, en daaruit een
ruisspectrum afgeleid, bijvoorbeeld in de vorm van een
25 kortetijd-vermogens-dichtheids-spectrum volgens conclusie
20. Bij voorkeur wordt het ruisspectrum van het vaartuig
zodanig bepaald, dat het over de frequentie een constante
waarde zou vertonen in het geval, dat er zich geen
eigengolven zouden hebben gevormd bij de uitbreiding van
30 de golfenergie. Een dergelijk rekenproces voor de
corresponderende normalisering van een ruisspectrum is
bijvoorbeeld beschreven in een bericht BL 4556, Krupp
Atlas-Elektronik, "Detektion von mehreren Grundfrequenzen
periodischer Signale in farbigem Rauschen" door
35 G. Hermstrüwer, 1976. Indien men dit proces bijvoorbeeld
toepast op scheepsruijs, waarvan het ruisspectrum over
de frequentie een bochelvormig verloop vertoont, wordt
de bochel afgevlakt en stelt zich een over de frequentie
constante waarde van het spectrum in. Pas op het moment,
40 waar de uitbreiding van de golfenergie door eigengolven

plaatsvindt, vormen zich over de frequentie-minima en -maxima in het spectrum.

Volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 21
5 wordt de stijging van de interferentiële lijn verkregen, doordat de interferentiële lijn wordt benaderd door een rechte en de stijging van de rechte de stijging van de interferentiële lijn aangeeft. De benadering wordt dan bereikt, wanneer de rechte de interferentiële lijn in het
10 segment niet meer snijdt, wanneer dus geen intensiteitsmaxima resp. -minima meer op de rechte worden vastgesteld en derhalve de rechte aan de interferentiële lijn raakt, of afstanden van de rechte tot de interferentiële lijn in het frequentie-tijd-coördinatenstelsel een minimum
15 zijn. Deze methode kan bijzonder eenvoudig worden gerealiseerd met behulp van een computer door regressieberekening.

Voor de bepaling van de stijging van de interferentiële lijn binnen het frequentie-tijdcoördinatenstelsel van het intensiteitsmonster van één der segmenten
20 wordt volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 22 een rechte willekeurig in het segment aangebracht en worden langs deze rechte de intensiteiten gemeten.
25 Voor het benaderen wordt de rechte gedraaid en zolang in de tijd- of frequentierichting verschoven, totdat de gemeten intensiteiten alle gelijk zijn. Dan nadert de rechte aan een interferentiële lijn. Indien de rechte een uit intensiteitsmaxima gevormde interferentiële lijn
30 moet naderen, moet zij zolang worden gedraaid en/of verschoven, totdat de intensiteiten alle even groot zijn en bijvoorbeeld naburige maximale waarde binnen het segment vertonen. Daardoor is gewaarborgd, dat de langs de rechte gemeten intensiteiten ook daadwerkelijk
35 tot één en dezelfde interferentiële lijn behoren, aangezien zij alle naburig aan elkaar zijn en een continue lijn vormen. Ter toelichting van deze methode stelle men zich een driedimensionaal coördinatenstelsel voor met een frequentie-as, een tijd-as en loodrecht op dit vlak
40 een intensiteits-as. De intensiteiten worden dan als

reliëf boven het frequentie-tijdvlak weergegeven.
Interferentielijnen zijn in dit reliëf hoogtelijnen.
Door de rechte wordt een doorsnee door het hoogteprofiel
gelegd. Wanneer alle intensiteiten langs de rechte
5 gelijk zijn, ligt de rechte op een hoogtelijn en nadert
zij aan een referentielijn. Wanneer alle intensiteiten
langs de rechte maximale waarden zijn, ligt de rechte
op een hoogterug. De interferentielijnen zijn bij een
overloop tot aan het bereiken van de meetplaats bij
10 benadering rechten, bij een voorbijlopen, waarbij de
koers van het vaartuig een dwarsafstand ten opzichte
van de meetplaats vertoont, hyperbolen, waarvan de top-
punten de dichtste nadering van het vaartuig aan de
meetplaats kentekenen. De interferentielijnen vertonen
15 bij aansluitend aflopen of verwijderen van het vaartuig
van de meetplaats omgekeerde stijging en een spiegel-
symmetrisch verloop ten opzichte van de frequentieas.

Een voordelige mogelijkheid voor het berekenen
van de approximatie geeft een voordelige verdere uit-
20 voering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens
conclusie 23. Er worden langs een willekeurig in het
frequentie-tijd-coördinatenstelsel aangebrachte rechte
de intensiteit gemeten en de gemiddelde waarde ervan
gevormd. Bovendien worden deze afzonderlijke intensiteiten
25 gekwadrateerd, de som der gekwadrateerde intensiteiten
gevormd en gedeeld door het aantal van de langs de rechte
in het segment gemeten intensiteiten. Er wordt het ver-
schil uit dit resultaat en de gekwadrateerde gemiddelde
waarde bepaald, de wortel daarvan genomen en door de
30 gemiddelde waarde gedeeld. Deze rekenoperatie levert
de relatieve standaarddeviatie der intensiteiten langs
de rechte ten opzichte van hun gemiddelde waarde. De
rechte approximeert de interferentielijn des te nauw-
keuriger, naarmate de relatieve standaarddeviatie kleiner
35 is, zij wordt zolang in het frequentie-tijd-coördinaten-
stelsel gedraaid en verschoven, totdat de relatieve
standaarddeviatie een minimum is.

Ter verhoging van de meetbetrouwbaarheid wordt
volgens een verdere uitvoering van de werkwijze volgens
40 de uitvinding volgens conclusie 24 in het frequentie-

tijd-coördinatenstelsel een monster gevormd uit een
bundel rechten, welke elkaar alle bij $-0,1$ -voudige waarde
van de middenfrequentie snijden. Deze rechten vertonen
op het frequentiespoor van de middenfrequentie equidistante
5 afstanden. De bundel wordt met zijn snijpunt in de tijd-
richting zo lang verschoven totdat zij de interferentie-
lijnen in het segment het beste approximeert en de
interferentielijnen niet meer snijdt, maar raakt. Aan-
sluitend wordt de verbinding tussen het midden van het
10 segment en het snijpunt van de rechten gemaakt en de
stijging van deze verbinding gemeten, welke de stijging
van de interferentielijn voor het bepalen der doelgegevens
levert. Door de toepassing van een bundel rechten wordt
de middeling van de stijging van de interferentielijnen
15 tot stand gebracht, hetgeen een statisch zekere meetwaarde
oplevert van de gezochte stijging van de interferentielijn.

Voor het bepalen van de tijdsverschuiving
van de intensiteitsmonsters in de beide segmenten wordt
volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze
20 volgens de uitvinding volgens conclusie 25 de vergelijking
van de intensiteitsmonsters van de ontvangstsignalen van
beide omzetters met middelen van de correlatietechniek
uitgevoerd. Het bijzondere voordeel bestaat daaruit,
dat door deze signaalverwerking een automatisering op
25 eenvoudige wijze mogelijk is.

Zoals in de aanhef toegelicht, berust de
werkwijze volgens de uitvinding op het mechanisme van
de uitbreiding van eigengolven in een overdrachtslaag
met dispersie-eigenschappen, bijvoorbeeld een vlak-
30 waterkanaal, en de interferentie daarvan. Zoals reeds
uiteengezet, is het aantal van de zich vormende eigen
golven niet alleen afhankelijk van de uitstralende
frequentie, maar ook van de diepte van het vlakwaterkanaal
resp. de loodrechte uitbreiding van de overdrachtslaag
35 tot haar grensvlak. Bij een geval binnen het meetgebied,
dat wil zeggen wanneer de diepte niet constant is,
kan het komen tot fouten in de bepaling van de tijdver-
schuiving van de intensiteitsmonsters en de stijging
van de interferentielijnen, wanneer het vaartuig zich
40 bevindt op een plaats, waarvan de diepte verschilt van de

diepte van de meetplaats.

Volgens een voordelige verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding volgens conclusie 26 wordt de vastgestelde radiale snelheidscomponent van de vaartuigsnelheid over het dubbele bedrag van de relatieve diepteverandering in het meetgebied gecorrigeerd. Aangezien het hier gaat om relatieve grootheden, behoeft niet de diepte zelf bekend te zijn. Er behoeft slechts het verval van de bodem voor de correctie te worden genomen, hetgeen bij het uitmeten van de parameters van het vlakwaterkanaal gemakkelijk kan worden vastgesteld.

De volgende overweging licht dit toe: het door het interferentieveld omgeven watervoertuig legt met de vaartuigsnelheid in een tijd een weg af, die juist correspondeert met een interferentiegolflengte. Afhankelijk van de diepte van het vlakwaterkanaal zijn evenwel de interferentiegolflengtes verschillend, namelijk naarmate het vlakwaterkanaal ondieper is, is de afstand tussen twee interferentiemaxima des te korter. Indien het watervaartuig zich bevindt in een ondieper gebied dan aan de meetplaats, zal in dezelfde tijd aan de meetplaats het interferentiemaximum een grotere weg afleggen dan aan de plaats van het schip, aangezien er geen hiaten in de opbouw van het interferentieveld kunnen ontstaan en het interferentieveld alleen door de kanaalparameters en niet door het watervaartuig wordt bepaald. De gemeten tijdsverschuiving is daardoor kleiner en de daaruit bepaalde vaartuigsnelheid te groot.

De stijging van de interferentielijn wordt op dezelfde wijze door diepteveranderingen in het meetgebied beïnvloed. Aangezien in de schipafstandsbepaling de verhouding uit de stijging en de tijdsverschuiving betrokken wordt, wordt de scheepsafstand ook bij diepteverandering steeds juist bepaald en behoeft deze niet te worden gecorrigeerd. De snelheidshoek wordt met behulp van de in overeenstemming met de verdere uitvoering volgens de uitvinding van de werkwijze volgens conclusie 27 gecorrigeerde stijgingswaarde berekend.

De wijze van werken van de werkwijze volgens de uitvinding is hier als voorkeur beschreven voor toe-

passing in de watergeluidstechniek. Op dezelfde wijze zijn passieve metingen van de doelgegevens van een voertuig bij de bewaking van straten aan land en in de lucht mogelijk in gebieden, waar geluidsgolven van het vaartgeruis in bodem- of luchtlagen met dispersie-eigenschappen binnendringen en zich eigen-golven ontwikkelen.

De uitvinding wordt aan de hand van de in de tekening weergegeven uitvoeringsvoorbeelden in het volgende nader beschreven. In de tekening toont:

fig. 1 een meetsituatie voor de werkwijze voor het bepalen van doelgegevens vanuit een meetplaats,

fig. 2 een blokschema, waarin de werkwijze wordt gerealiseerd,

fig. 3 een schets ter toelichting van de werkwijze bij een overlopen, en in het bijzonder voorbijlopen ten opzichte van de meetplaats,

fig. 4 een segment uit fig. 1,

fig. 5 een blokschema voor een in fig. 2 weergegeven intensiteitsmonstereenheid,

fig. 6.1 en 6.2 de meetsituatie en het bijbehorende frequentiediagram met interferentielijnen bij een overlopen van de meetplaats door een met constante vaartuigsnelheid varende vaartuig,

fig. 7 een frequentie-tijddiagram, waarbij het vaartuig met wisselende vaartuigsnelheid de meetplaats gedurende het overlopen nadert,

fig. 8 een geometrische overzichtswaarschuiving ter toelichting van de werkwijze bij een koers van het vaartuig, die dwars op de meetplaats verloopt,

fig. 9 een blokschema van een in fig. 2 weergegeven interferentielijnberekenaar, en

fig. 10 een overdrachtslaag met diepteverandering.

Fig. 1 dient voor de toelichting van de werkwijze voor het bepalen van doelgegevens van een vaartuig 1, dat op een koers 2 langs een meetoord 3 met een vaartuigsnelheid V voorbij vaart. De koers verloopt onder een koers γ ten opzichte van het geografische noorden, dat in het verdere als referentierichting N wordt aangeduid. Het voertuig 1 bevindt

zich ten opzichte van de meetplaats 3 onder een peilhoek ϕ

die als rechtswijzende peiling ten opzichte van het noorden is geregistreerd. De vaartuigsnelheid V en haar twee loodrecht op elkaar staande snelheidscomponenten, nl. de radiale snelheidscomponent V_r en de tangentiale snelheidscomponent V_θ zijn weergegeven. De radiale snelheidscomponent V_r ligt in de richting van de verbindingslijn tussen het vaartuig 1 en de meetplaats 3. Aan de meetplaats bevinden zich drie omzetters 4, 5 en 6, die een gelijkzijdige driehoek met zijdelengte d omspannen.

Met het oog op een betere herkenbaarheid zijn de grootte-verhoudingen met betrekking tot de stand d en de vaartuigafstand tussen meetplaats 3 en vaartuig 1 niet reëel weergegeven. De afstand tussen het vaartuig 1 en de meetplaats 3 is in de regel meerdere orden groter dan de afstand d van de omzetters 4, 5 en 6. De omzetters 4, 5 en 6 ontvangen de door het vaartuig 1 uitgestraalde vaarruis en zetten deze om in ontvangstsignalen. De looptijdverschillen τ_1, τ_2, τ_3 tussen ontvangstsignalen van telkens twee omzetters 4, 5 resp. 5, 6 resp. 4, 6 worden bepaald.

Uit de looptijdverschillen τ_1, τ_2, τ_3 worden hoeken θ_i, ε_i ($i = 1, 2, 3$) ten opzichte van de middelloodrechte op de verbinding van het betreffende omzetterpaar berekend. Deze hoeken θ_i, ε_i zijn gelijk aan de boogsinus van het looptijdverschil τ_i , gedeeld door een maximaal looptijdverschil $\tau_{\max} = \frac{d}{c}$, waarbij d de onderlinge afstand der omzetters en c de uitbreidingssnelheid in het medium zijn. Voor elk looptijdverschil τ_1, τ_2, τ_3 worden twee hoeken θ_i en ε_i verkregen, zoals ingezet in fig. 1. De hoek θ_i ligt tussen de middelloodrechte en een verbinding met het vaartuig 1, volgens fig. 1, de hoek ε_i kenmerkt de zgn. spiegelpeiling en simuleert een doelpeiling, waarbij het veronderstelde doel het aan de verbindingslijn tussen de omzetters gespiegelde ware doel is. De hoeken θ_i, ε_i worden berekend uit looptijdverschillen τ_i van de ontvangstsignalen aan de omzetters 4 en 5. Hoeken θ_2, ε_2 uit looptijdverschillen τ_2 tussen de ontvangstsignalen van de omzetters 5 en 6 en de hoeken θ_3 en ε_3 worden bepaald uit looptijdverschillen τ_3 van de ontvangstsignalen aan de omzetters 4 en 6.

Om uit de hoeken θ_i en ε_i , die hoeken te kunnen uitscheiden

die in de richting naar spiegelbeeldoelen wijzen, worden de hoeken θ_i en ϵ_i in hoekwaarde met betrekking tot de referentierichting N omgerekend. Daartoe wordt steeds een hoek β_i met corresponderende indexering, die tussen de middelloodrechten en de referentierichting N ingetekend is, in aanmerking genomen. De bepaalde hoekwaarden ($\theta_i - \beta_i$) resp. ($\epsilon_i - \beta_i$) worden met elkaar vergeleken. Uit gelijke hoekwaarden $(\theta_1 - \beta_1) \sim (\theta_2 - \beta_2) \sim (\theta_3 - \beta_3)$ wordt de peilhoek ϕ ten opzichte van de referentierichting bepaald, $\phi = 360^\circ - (\theta_1 - \beta_1)$. De hoeken θ_i , ϵ_i en β_i zijn in mathematisch positieve zin ingetekend, de peilhoek ϕ en de koershoek γ worden gebruikelijkerwijze als rechtswijzend aangegeven, dat wil zeggen in mathematisch negatieve zin. De volgende tabel maakt de bepaling van de peilhoek aanschouwelijk:

Index	β	θ	ϵ	$(\theta - \beta)$	$(\epsilon - \beta)$
1	12°	49°	131°	37°	119°
2	72°	109°	71°	37°	359°
3	312°	349°	191°	37°	121°

$\phi + 360^\circ - 37^\circ = 323^\circ$.

Fig. 2 toont een blokschema voor een inrichting voor het uitvoeren van de werkwijze. Voor het bepalen van de peilhoek ϕ zijn achter de omzetters 4, 5 en 6 hoogdoorlaatfilters 7, 8 en 9 geschakeld, waarover de ontvangstsignalen van de omzetters 4, 5 en 6 worden doorgeschakeld naar looptijdrekentrappen 10, 11 en 12. In de looptijdrekentrappen 10, 11 en 12 worden de looptijdverschillen τ_1 , τ_2 , τ_3 van de ontvangstsignalen van telkens twee omzetters 4, 5 resp. 5, 6 resp. 4, 6 bepaald. Uit de looptijdverschillen τ_1 , τ_2 , τ_3 worden hoeken θ_i en ϵ_i ten opzichte van de middenloodrechte op de verbinding van het corresponderende omzetterpaar bepaald in daarachter geschakelde hoekrekentrappen 13, 14, 15. In verschiltrappen 16, 17 en 18 worden hoektrappen $(\theta_i - \beta_i)$ en $(\epsilon_i - \beta_i)$ voor elk omzetterpaar bepaald. De verschiltrappen 16, 17, 18 zijn verbonden met een referentiehoek-

gever 19, die de drie hoeken $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ tussen de referentierichting N en de middenloodrechte van elk omzetterpaar geeft. In een daarachter geschakelde vergelijkingstrap 20 worden de aldus bepaalde hoekwaarden $(\theta_1 - \beta_1)$ en $(\epsilon_1 - \beta_1)$ vergeleken en die hoekwaarde uitgegeven, die als verschilwaarde driemaal in dezelfde grootte optreedt. Deze hoekwaarde $(\theta_1 - \beta_1)$ is nodig voor de berekening van de peilhoek ϕ .

Om een zo nauwkeurig mogelijke bepaling van de peilhoek ϕ te waarborgen, is achter de looptijdrekentrappen 10, 11 en 12 een minimumdetector 21 geschakeld, waarin wordt vastgesteld, welke van de drie looptijdverschillen τ_1, τ_2, τ_3 qua waarde het kleinst is. Indien het vaartuig 1 zich nauwkeurig op de middenloodrechte op de verbinding van één van de omzetterparen bevindt, zou het looptijdverschil gelijk zijn aan nul. Aangezien de sinus van de peilhoek ϕ afhankelijk is van het looptijdverschil, is de berekening van de peilhoek ϕ des te nauwkeuriger, naarmate de afwijking van de peilhoek ϕ ten opzichte van de middenloodrechte kleiner is, aangezien de sinus in het gebied rond zijn nulpunt de grootste veranderingen van zijn funktiewaarde vertoont. Uit het minimale looptijdverschil τ_3 worden in een verdere hoekrekentrap 22 de hoeken θ_3 en ϵ_3 bepaald. In een daarachter geschakelde verschiltrap 23, die verbonden is met de referentiehoekgever 19, worden onder inachtnahme van de hoek β_3 tussen de referentierichting N en de middenloodrechte de hoekwaarden $(\theta_3 - \beta_3)$ en $(\epsilon_3 - \beta_3)$ berekend en met het uitgangssignaal van de vergelijkingstrap 20 in een vergelijkker 24 vergeleken. De hoekwaarde $(\theta_3 - \beta_3)$ verschijnt aan de uitgang van de vergelijkker 24 en wordt in een daarachter geschakelde aftrektrap 25 afgetrokken van 360° , hetgeen de peilhoek $\phi = 360^\circ - (\theta_3 - \beta_3)$ oplevert.

Voor het bepalen van de peilhoek ϕ worden de ontvangstsignalen van de omzetters 4, 5, 6 zoals beschreven eerst gefilterd in hoogdoorlaatfilters 7, 8, 9. Om een zo nauwkeurig mogelijke bepaling van de peilhoek ϕ te waarborgen, mag het ontvangstsignaal slechts worden gebruikt in een frequentie-interval, waarin de fasesnelheden van de eigen golven nagenoeg gelijk zijn. Dit is slechts

bij hogere frequenties het geval. Hier zijn de fase-
snelheden bovendien ongeveer gelijk aan de uitbreidings-
snelheid c van het medium. Voor de scheiding tussen het
gewenste bovenste frequentie-interval en het ongewenste
5 onderste frequentiegebied zorgen de hoogdoorlaatfilters
7, 8 en 9. De onderste grensfrequentie van deze hoog-
doorlaatfilters 7, 8, 9 is aan de zoeven beschreven ver-
eisten aangepast. In plaats van de hoogdoorlaatfilters
7, 8, 9 kunnen ook met voordeel banddoorlaatfilters
10 worden ingezet. Door de bovenste bandbegrenzing kan de
nut/stoorverhouding worden verbeterd.

De omzetters 4, 5 en 6 zijn elk met een inten-
siteitsmonstereenheid 30, 31, 32 verbonden. De ontvangst-
signalen worden daarin onderworpen aan een frequentie-
15 analyse en het verloop in de tijd van de per frequentie
bepaalde intensiteiten van de ontvangstsignalen in een
frequentie-tijd-coördinatenstelsel opgeslagen. Er ontstaat
een intensiteitsmonster in afhankelijkheid van de
frequentie en de tijd, dat bij uitbreiding van de door
20 het vaartuig 1 uitgestraalde golfenergie in de vorm van
eigen-golven en beweging van het vaartuig 1 een waaier-
vormig of hyperboolvormig verloop van gelijke intensi-
teiten vertoont. In elke intensiteitsmonstereenheid 30,
31, 32 wordt tegelijk een segment van het intensiteits-
25 monster over een voorbepaalbaar frequentiegebied en een
selecteerbaar tijdsinterval ingesteld. Deze segmenten
vertonen in de tijd verschoven gelijke monsters. De
tijdsverschuiving wordt o.a. door de radiale snelheids-
component V_r van de vaartuigsnelheid V veroorzaakt.

30 Aan de hand van fig. 3 wordt de bepaling van
de vaartuigsnelheid V toegelicht, en wel voor het
speciale geval van het overlopen of passeren van de
meetplaats 3, waarbij de koers evenwijdig aan de verbin-
dingslijn tussen een omzetterpaar wijst. Bij overloop
35 nadert het voertuig 1 de meetplaats 3 langs een koers
op een verlenging van de verbindingslijn tussen de
omzetters 5 en 6 met constante vaartuigsnelheid $V = V_r$,
namelijk met de naderingssnelheid V_a , die gelijk is aan
de radiale snelheidscomponent V_r . De tangentiale snel-
40 heidscomponent V_θ is gelijk nul. Het het vaartuig 1

omgevende interferentieveld wordt eerst door de omzetter 6 en na een tijd, die afhangt van de afstand d en de radiale snelheidscomponent $V_a = V_r = V$, door de omzetter 5 ontvangen. Deze tijd is gelijk aan een tijdverschuiving τ_{IK} van de intensiteitsmonsters van de ontvangstsignalen van de omzetters 5 en 6. Aangezien de afstand d van de omzetters 5 en 6 bekend is, zijn alle grootheden voor het bepalen van de vaartuigsnelheid V vastgesteld: V volgt uit $\frac{d}{\tau_{IK}}$.

In fig. 3 is een verder vaartuig 1' op een koers parallel aan de verbindinglijn tussen de omzetters 5 en 6 weergegeven. Hier wordt het interferentieveld met de radiale snelheidscomponent V_r van de vaartuigsnelheid V langs de omzetters 5 resp. 6 "voorbijgeschoven". Er wordt een tijdverschuiving τ_{IK} van de intensiteitsmonsters vastgesteld, als wanneer de omzetters 5, 6 op een afstand $a = d \cdot \sin \theta$ ten opzichte van de verbinding tussen de meetplaats 3 en het vaartuig 1' zouden liggen. Deze verbinding en de middelloodrechte op de afstand d tussen de omzetters 5, 6 sluiten een hoek θ in. Hierbij verkrijgt men de tijdsverschuiving:

$$\tau_{IK} = \frac{a}{V_r} = \frac{d \cdot \sin \theta}{V_r}$$

De vaartuigsnelheid V wordt verkregen op grond van de geometrische verhoudingen uit $V = \frac{V_r}{\sin \theta}$.

V_r is bekend uit de tijdverschuivingsmeting volgens

$$V_r = \frac{d \cdot \sin \theta}{\tau_{IK}}$$

en de vaartuigsnelheid kan worden bepaald uit

$$V = \frac{d \cdot \sin \theta}{\tau_{IK} \cdot \sin \theta} = \frac{d}{\tau_{IK}}$$

De afstand d en de tijdverschuiving τ_{IK} zijn gemeten grootheden, waaruit dus de vaartuigsnelheid V zonder kennis van het looptijdverschil τ_2 of de hoek θ kan worden bepaald.

Fig. 4 dient ter toelichting van de vaartuigsnelheidsbepaling onder de aanname, dat de koers 2

840 1097

een willekeurig verloop ten opzichte van de meetplaats 3 ver-
toont. In fig. 4 is een segment van de meetsituatie vol-
gens fig. 1 weergegeven. Het segment toont de omzetters 5
en 6 en het vaartuig 1, dat de koers 2 volgt. Zoals reeds
5 in fig. 1 weergegeven en beschreven, sluit de verbindings-
lijn tussen het vaartuig 1 en het midden van de afstand d
van de omzetters 5, 6 een hoek θ_2 in, waarvan het 180°
complement is aangeduid met θ . Deze hoek θ is eveneens
ingezet in een driehoek aan de meetplaats 3, waarvan de
10 basislijn de afstand d tussen de omzetters 5, 6 vormt,
en waarvan de ene kathete gelijk is aan $d \cdot \sin \theta$. Deze
segmentweergave dient voor de toelichting van het bepalen
van de radiale snelheidscomponent V_r van de vaartuig-
snelheid V van het vaartuig 1. De gemeten tijdsverschuiving
15 τ_{IK} van de intensiteitsmonsters wordt door de radiale
snelheidscomponent V_r van het vaartuig 1 veroorzaakt en
zou door een fictieve meetinrichting kunnen worden gemeten,
waarvan de verbindingslijn in de richting van de radiale
snelheidscomponent V_r wijst en de afstand $d \cdot \sin \theta$ vertoont.
20 De radiale snelheidscomponent V_r zou derhalve uit het
quotient van de afstand van een fictieve meetinrichting
5', 6' en de tijdsverschuiving τ_{IK} berekend kunnen worden.
De tijdsverschuiving τ_{IK} wordt gemeten. De afstand van de
fictieve meetinrichting wordt met behulp van het additioneel
25 te meten looptijdverschil τ_2 bepaald. Met behulp van dit
looptijdverschil τ_2 kan de $\sin \theta$ worden bepaald en wel
volgens de betrekking:

$$\sin \theta = \frac{\tau_2}{d/c}.$$

Aldus wordt de afstand verkregen van de
30 fictieve meetinrichting 5', 6', welke evenwel met $d \cdot \sin \theta$
is aangegeven, volgens

$$d \cdot \frac{\tau_2}{d/c} = \tau_2 \cdot c.$$

De formule voor de radiale snelheidscomponent
 V_r luidt derhalve:

$$35 \quad V_r = \frac{\tau_2 \cdot c}{\tau_{IK}}.$$

De tijdsverschuiving τ_{IK} van de intensiteitsmonsters van twee ontvangstsignalen wordt vastgesteld met behulp van de correlatieschakeling 33 volgens fig. 2. Via een bestuurbare omschakelaar 34 zijn de beide
5 ingangen van de correlatieschakeling 33 verbonden met twee van de drie intensiteitsmonstereenheden 30, 31 resp. 31, 32 resp. 30, 32. De omschakelaar 34 is met zijn sturingang samengeschakeld met de uitgang van een maximumdetector 35, die achter de drie looptijdrekenstrappen
10 10, 11 en 12 is geschakeld. In de maximumdetector 35 wordt de grootste looptijd τ_2 bepaald en vastgesteld, dat de looptijd τ_2 ligt tussen de ontvangstsignalen van de omzetters 5 en 6. Door de omschakelaar 34 worden de segmenten van de intensiteitsmonsters van de ontvangst-
15 signalen van hetzelfde omzetterpaar aan de uitgang van de intensiteitsmonstereenheden 31 en 32 verder geschakeld aan de correlatieschakeling 33. De intensiteitsmonsters van de ontvangstsignalen van deze beide omzetters 5 en 6 worden benut voor het bepalen van hun tijdsverschuiving
20 τ_{IK} , aangezien hun tijdsverschuiving τ_{IK} groter is dan de tijdverschuivingen van de intensiteitsmonsters van de ontvangstsignalen van de beide andere omzetterparen. Aldus is gewaarborgd, dat de relatieve nauwkeurigheid van de bepaling van de tijdverschuiving τ_{IK} het grootst
25 is.

In de correlatieschakeling 33 wordt de intensiteitsverdeling in de tijd langs een frequentiespoor van het ene intensiteitsmonster binnen het tijdsinterval Δt gecorreleerd met de intensiteitsverdeling in de tijd
30 van hetzelfde frequentiespoor in het tweede intensiteitsmonster in een correlatietrap 36, dat wil zeggen voor elke tijdeenheid vermenigvuldigd en geïntegreerd. Deze signaalverwerking wordt voor alle frequentiesporen in het frequentiegebied Δf uitgevoerd. De daardoor verkregen
35 correlatiefuncties worden in een in de correlatieschakeling 33 aanwezig tussenopslagorgaan 37 afgegeven. Over alle correlatiefuncties wordt in een daarachter geschakelde gemiddelde waardevormer 38 een gemiddelde correlatiefunctie gevormd en uit de ligging van haar
40 maximum de tijdverschuiving τ_{IK} van de intensiteitsmonsters

bepaald.

De correlatieschakeling 33 en een verdere
uitgang van de maximumdetector 35 voor het maximale
looptijdverschil τ_2 zijn verbonden met een rekenschakeling
5 40, waarin de radiale snelheidscomponent $V_r = c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}}$
wordt berekend. In de rekenschakeling 40 wordt het τ_{IK}
quotiënt uit looptijdverschuiving τ_2 en tijdverschuiving
 τ_{IK} van de intensiteitsmonsters van de ontvangstsignalen
van hetzelfde omzetterpaar vermenigvuldigd met de uit-
10 breidingssnelheid c .

In fig. 5 is een principiële opbouw van de
intensiteitsmonstereenheid 30 weergegeven. De intensi-
teitsmonstereenheden 31 en 32 kunnen op dezelfde wijze
worden uitgevoerd. Achter de omzetter 4 is via een
15 laagdoorlaatfilter 39 een analoog-digitaal-omzetter met
daarachter geschakeld opslagorgaan 41 aangebracht. De
grensfrequentie van het laagdoorlaatfilter is zodanig
gedimensioneerd dat deze gelegen is beneden de grens-
frequentie van de hoogdoorlaatfilters 7, 8, 9. Steeds
20 in tijdeenheden T wordt het verloop van de tijd van het
gefilterde, gedigitaliseerde ontvangstsignaal opgeslagen.
Een klok 42 stuurt de analoog-digitaal-omzetter en het
opslagorgaan 41 corresponderend aan. In een achter-
geschakelde FFT-rekenschakeling 43 worden uit de op-
25 geslagen ontvangstsignalen na noodzakelijke filtering
(Aliasing-filter) in overeenstemming met het algoritme
van de Fast-Fourier-transformatie en aansluitende
bedragsskwadraat-vorming en normalisering spectrogrammen
gemaakt en opgeslagen. Achter de FFT-rekenschakeling
30 43 is een geheugenschakeling 44 geschakeld, die met een
frequentiestuurschakeling 45 en een tijdstuurschakeling
480 verbonden is voor het vormen van het segment.
In de geheugenschakeling 44 worden de spectrogrammen
over een tijdbasis, die in tijdeenheden T gerasterd is,
35 regelgewijs opgeslagen, doordat per regel de intensitei-
ten over de frequentie f worden afgelegd. De geheugen-
schakeling 44 is verbonden met de klok 42. Er ontstaat
een als grijstoonschrift weergegeven intensiteitsmonster
in toekenning aan de tijd T als ordinaat en frequentie f
40 als abscis.

In de frequentiestuurschakeling 45 wordt een frequentiegebied Δf rond een middenfrequentie f_0 zodanig vastgelegd, dat een modulatiemaat van de intensiteiten langs alle frequentiesporen binnen het frequentiegebied Δf boven een voorbepaalbare drempel ligt. De frequentiestuurschakeling 45 bevat een gemiddelde-waardeschakeling 46, een verschilvormer 47, een modulatieberekenaar 48 en een drempelwaardeberekenaar 49. De frequentiestuurschakeling 45 is verbonden met de FFT-rekenscha-
 5 keling 43. In de gemiddelde-waardeschakeling 46 worden de intensiteiten I_i langs elk frequentiespoor opgeteld en door hun aantal N gedeeld. Men verkrijgt de gemiddelde waarde $\bar{I}$ van de intensiteiten per frequentiespoor. In de achtergeschakelde
 10 verschilvormer 47 wordt per frequentiespoor de variantie σ^2 berekend, doordat het verschil tussen de intensiteiten I_i op het frequentiespoor en de gemiddelde waarde $\bar{I}$ van de intensiteiten op hetzelfde frequentiespoor gevormd, gekwadrateerd en gesommeerd wordt. In de nageschakelde
 15 modulatieberekenaar 48 wordt de modulatiemaat van de intensiteiten van elk frequentiespoor bepaald. De modulatie-
 20 maat N kan worden berekend uit:

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I})^2$$

$$M = \sqrt{\frac{\sigma^2}{\bar{I}^2} - 1}$$

25 Achter de modulatiemaatberekenaar 48 is de drempelwaardeberekenaar 49 geschakeld, waarin vastgesteld wordt, voor welke naburige frequentiesporen de eventueel afgevlakte modulatiemaat over een voorbe-
 30 paalbare drempel ligt. Aan de uitgang van de drempelwaardeberekenaar 49 wordt de middenfrequentie f_0 en het frequentiegebied Δf aangegeven, waarbinnen de modulatie-
 maat voor elk frequentiespoor boven de drempel ligt, bijvoorbeeld een frequentiegebied $\Delta f = 200$ Hz rond een
 middenfrequentie $f_0 = 300$ Hz.

35 De geheugenschakeling 44 wordt door de frequentiestuurschakeling 45 gestuurd voor het vormen van

het segment. Bovendien is de geheugenschakeling 44 samengeschakeld met de tijdsduurschakeling 480.

5 In de tijdstuurschakeling 480, die door de klok 42 wordt aangestuurd, wordt een tijdinterval Δt van bijvoorbeeld 200 sec. voorgegeven. De tijdinterval Δt omvat meerdere tijdeenheden T en is zodanig gekozen, dat ten minste een interferentiegolflengte omvat wordt en bijvoorbeeld twee intensiteitsmaxima op het frequentie-

10 spoor van de middenfrequentie f_0 aan te geven zijn. De frequentiestuurschakeling 45 en tijdstuurschakeling 84 sturen de geheugenschakeling 44 en definiëren het segment van het intensiteitsmonster. Het intensiteitsmonster in dit segment wordt bovendien via de omschakelaar 34 in fig. 2 in een interferentie-

15 lijnenberekenaar 50 gebruikt. De interferentielijnenberekenaar 50 in fig. 2 bestaat uit een approximatieberekenaar 51, die door de rechtstreeks met de omschakelaar 34 verbonden intensiteitsmonstereenheid 31 wordt gevoed, een simulatieberekenaar 52 en een stijgingsberekenaar 53. In de approximatieberekenaar 51 worden binnen het segment naburige intensiteiten van gelijke sterkte opgezocht, die interferentielijnen vormen. In de simulatieberekenaar

20 52, die samengeschakeld is met de approximatieberekenaar 51, wordt in een frequentie-tijd-coördinatenstelsel een rechte gesimuleerd. Deze rechte wordt in de approximatieberekenaar 51 vergeleken met de door het midden van het segment verlopende interferentielijn. De rechte in de simulatieberekenaar 52 wordt zo lang gedraaid en in tijdrichting verschoven, tot afwijkingen van de inter-

30 ferentielijn ten opzichte van de rechte een minimum zijn. Het draaipunt van de rechte wordt bij voorkeur op een frequentiespoor van $-0,1 f_0$ in de tijdrichting verschoven. Deze afwijkingen kunnen tijd- en frequentieafwijkingen tussen de coördinaten van de interferentielijn en die

35 van de rechte zijn. Deze rechte stelt de gezochte regressierechte voor. Het is evenwel ook mogelijk om in de approximatieberekenaar 51 niet te approximeren door middel van een regressie, maar door vergelijking van intensiteiten, die in het interferentiemonster langs

40 de rechte optreden. De rechte approximeert de interferen-

tielij, wanneer alle langs de rechte gemeten intensiteiten even groot zijn en bij voorkeur maximale of minimale waarden vertonen.

Indien rechte en interferentielijn tot dekking
5 zijn gebracht, geeft de approximatieberekenaar 51 een vrijgeefsignaal aan de stijgingsberekenaar 53, die verbonden is met de simulatieberekenaar 52. De stijgingsberekenaar 53 neemt uit de simulatieberekenaar 52 de rechte over in het frequentie-tijd-coördinatenstelsel en bepaalt de
10 stijging $\frac{dt}{df} = t'$ ervan, welke de gezochte stijging van de interferentielijn aangeeft.

Achter de interferentielijnberekenaar 50 is een afstandsberekenaar 55 geschakeld, die de afstand r tussen het vaartuig 1 en de meetplaats 3 bepaalt uit de
15 stijging t' , de tijdverschuiving τ_{IK} en het looptijdverschil τ_2 . De uitgang van de correlatieschakeling 33 en de tweede uitgang van de maximumdetector 35 zijn eveneens verbonden met ingangen van de afstandsberekenaar 55.

20 In het volgende wordt in samenhang met de fig. 6.1, 6.2 en fig. 7 de afstandsbepaling nader toege-licht.

Fig. 6.1 toont een meetsituatie voor een overloop, waarbij het vaartuig 1 op direkte of radiale
25 koers de meetplaats 3 nadert met constante vaartuigsnelheid V resp. naderingssnelheid $V_a = V_r = V$. Tot het tijdstip t_0 bevindt het vaartuig 1 zich op een afstand r ten opzichte van de meetplaats 3, wanneer het met constante vaartuigsnelheid V zijn koers bijhoudt. Op het tijdstip t_{CPA}
30 zal het de meetplaats 3 hebben bereikt.

Met de werkwijze voor het bepalen van doelgegevens moet de vaartuigafstand r , de vaartuigsnelheid V , de peilhoek ϕ en de koershoek γ worden bepaald. Bij dit bewegingsgeval zijn de interferentielijnen bij benadering
35 rechten, die waaiervormig in het frequentie-tijd-coördinatenstelsel verlopen. Fig. 6.2 toont in een principeschets het verloop van dergelijke interferentielijnen in het frequentie-tijd-coördinatenstelsel voor de aanloophase. De interferentielijnen zijn in werkelijkheid
40 zwak gekromd, hier evenwel als rechten $G_1, G_2, \dots, G_n$

schematisch aangegeven. Indien men zich op het frequentiespoor van de middenfrequentie f_0 beweegt, zijn de afstanden tussen de rechten $G_1, G_2, \dots, G_n$ bepaald door de interferentiegolflengte $X(f_0)$ en afhankelijk van de naderingssnelheid $V_a = V_r = V$. De afstand $\frac{X(f_0)}{V_r}$ is des te kleiner, naarmate de naderingssnelheid $V_a = V_r$ groter is. Indien men een intensiteitsmaximum beschouwt op één van de interferentielijnen, bijvoorbeeld het punt op de rechte G_1 tot het tijdstip t_0 bij de middenfrequentie f_0 , kan men zeggen, dat in een tijdspanne $\Delta t = t_0 - t_{CPA}$ juist k intensiteitsmaxima in de afstand $\frac{X(f_0)}{V_r}$ optreden. Op het frequentiespoor f zijn eveneens k intensiteitsmaxima tot aan de rechte G_1 vast te stellen. Het k -de intensiteitsmaximum treedt voor de frequentie f op de rechte G_1 op bij een tijd t , de afstanden tussen de intensiteitsmaxima bedragen hier $\frac{X(f)}{V_r}$. De tijdspannen tot het bereiken van de meetplaats 3 zijn:

$$t_0 - t_{CPA} = k \cdot \frac{X(f_0)}{V_r} \text{ und } t - t_{CPA} = k \cdot \frac{X(f)}{V_r}.$$

De vergelijking voor $t_0 - t_{CPA}$ wordt opgelost naar k en ingezet in de vergelijking voor $t - t_{CPA}$. Men verkrijgt voor t :

$$t = (t_0 - t_{CPA}) \cdot \frac{X(f)}{X(f_0)} + t_{CPA}.$$

Indien men deze vergelijking differentieert naar de frequentie f , vindt men de stijging van de rechte G_1

$$\frac{dt}{df} = t' = (t_0 - t_{CPA}) \cdot \frac{X'(f)}{X(f_0)}.$$

Indien men deze vergelijking oplost naar $t_0 - t_{CPA}$, vindt men voor de middenfrequentie f_0

$$t_0 - t_{CPA} = t' \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)}.$$

Deze tijdspanne $t_0 - t_{CPA}$ is evenwel juist die tijd, die verloopt, totdat het vaartuig 1 de meetplaats met de naderingssnelheid V_r heeft bereikt. Er geldt derhalve:

8401900

$$r = (t_0 - t_{CPA}) \cdot V_r = t' \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot V_r \quad (A).$$

In dit speciale bewegingsgeval is de naderings-
snelheid $V_a = V_r$ gelijk aan de vaartuigsnelheid V , die
wijst in de richting van de verbindinglijn tussen vaar-
5 tuig 1 en meetplaats 3, zoals anders bij elk algemeen
bewegingsgeval de radiale snelheidscomponent V_r .

Volgens het blokschema in fig. 2 is evenwel
de radiale snelheidscomponent V_r reeds in de reken-
trap 40 berekend, die hier gelijk is aan de naderingssnelheid
10 $V_a = V_r$:

$$V_r = \frac{d}{\tau_{IK}}.$$

In dit speciale geval van de nadering geldt:

$$\tau_2 = \frac{d}{t}$$

en zodoende

$$15 \quad V_r = c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}} = \frac{d}{\tau_{IK}} \quad (B)$$

De vaartuigafstand r is in de afstandsberake-
naar 55 uit vergelijking (A) en vergelijking (B) te
berekenen als volgt:

$$r = t' \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}} = t' \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot \frac{d}{\tau_{IK}} \quad (C)$$

20 De interferentiegolflengte $X(f_0)$ wordt door
kennis van de overdrachtslaag, waarin de meetplaats 3
zich bevindt, vooraf bepaald. Evenzo is de afleiding van
de interferentiegolflengte $X(f)$ volgens de frequentie f
berekenbaar en tevoren voor de middenfrequentie f_0 te
25 bepalen. Zodoende vertoont vergelijking (C) slechts
meetbare grootheden. Talrijke proeven hebben laten zien,
dat het quotiënt

$$\frac{X(f_0)}{X'(f_0)}$$

onafhankelijk van de diepte van de overdrachtslaag steeds
ongeveer gelijk is aan $1,1 \cdot f_0$, hoewel de interferentie-
30 golflengte $X(f)$ zelf door de diepte zeer sterk wordt
beïnvloed, waarbij de diepte de uitbreiding van de over-
drachtslaag tussen haar grensvlakken aangeeft.

Fig. 7 toont een frequentie-tijd-diagram, waarbij het vaartuig 1 met twee verschillende vaartuig-snelheden de meetplaats 3 bij een overloop volgens fig. 6.1 nadert. Aan de hand van dit principediagram wordt de werkwijze en zijn functionaliteit ook bij veranderende naderingssnelheid V_a beschreven. De interferentielijnen worden benadert door rechten. Wij zien in het onderste bereik van het diagram rechten, waarvan de stijging groter is dan in het bovenste bereik. Na een tijd van 600 sec. vanaf het begin van het meten heeft het vaartuig 1 zijn vaartuig-snelheid V verhoogt, aangezien de stijging van de rechten afgenomen is. De afstand tussen de afzonderlijk interferentielijnen is in dit gebied nog slechts half zo groot als in het onderste gebied van het diagram. Daaruit kan men concluderen, dat de vaartuig-snelheid V verdubbeld is. De eerste meting wordt bijvoorbeeld aangevangen na een tijd van 100 sec. Er wordt een frequentiegebied van $\Delta f = 200$ Hz in aanmerking genomen, dat aangebracht is rond een middenfrequentie van $f_0 = 300$ Hz. Het tijds-interval bedraagt $\Delta t = 200$ sec., het segment van het interferentiemonster in het eerste meetgeval is aangegeven met de letter Y. Een dergelijk segment van het intensiteitsmonster is in elk van de intensiteitsmonstereenheden 30, 31 of 32 gevormd. Wij nemen aan, dat met behulp van de correlatieschakeling 33 een tijdverschuiving $\tau_{IK} = 200$ sec. tussen twee intensiteitsmonsters wordt gemeten. Het looptijdverschil van de ontvangstsignalen van hetzelfde omzetterpaar, bijv. omzetter 4 en 5, zij gemeten op $\tau_1 = 0,067$ sec., waarbij

$$\tau_1 = \frac{d}{c} = \frac{100 \text{ m}}{1500 \text{ m/s}} = 0,067 \text{ sec.}$$

wegens de overloop volgens fig. 6.1, waarbij de afstand van de omzetter $d = 100$ m, de schakelsnelheid $c = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ bedraagt. In de interferentielijnenberekenaar 50 wordt de stijging t' van de interferentielijn, die door het midden van het segment Y verloopt, bepaald. Zij bedraagt $t' = 6,36$ s/Hz. Het quotiënt valt nu te bepalen als:

$$\frac{X(f_0)}{X'(f_0)} = 1,1 \cdot f_0 = 1,1 \cdot 300 \text{ Hz.}$$

Uit deze meetgrootheden wordt de vaartuig-afstand r volgens de vergelijking (C) berekend als volgt:

$$r = 1,1.300.6,36. \frac{100}{20} \approx 10500 \text{ m.}$$

De naderingssnelheid V_r resp. vaartuig-snelheid V wordt berekend volgens vergelijking (B):

$$V_r = c. \frac{\tau_1}{\tau_{IK}} = \frac{1500 \text{ m/s} \cdot 0,0675}{20 \text{ s}} = 5 \text{ m/s} = 10 \text{ kn.}$$

De peilhoek ϕ volgt uit het looptijdverschil τ_1 volgens

$$\phi = \arcsin \left(c \cdot \frac{\tau_1}{d} \right) = \arcsin \frac{1500/\text{s} \cdot 0,0675}{100 \text{ m}} = \arcsin 1; \phi = 90^\circ.$$

De koershoek γ is eveneens gelijk 90° , aangezien een tangentiële snelheidscomponent niet aanwezig is.

Een nieuwe meting wordt na een tijd van 900 sec. uitgevoerd. Er wordt in de intensiteitsmonster-eenheid 30 een segment Z volgens fig. 7 gevormd. De volgende meetwaarden worden vastgesteld:

de tijdverschuiving $\tau_{IK} = 10 \text{ s}$,
het looptijdverschil $\tau_1 = \frac{d}{c} = 0,067 \text{ s}$
de stijging van de

interferentiële lijn $t' = 1,36 \text{ s/Hz}$

het quotiënt $1,1 \cdot f_0 = 1,1 \cdot 300 \text{ Hz}$.

Met deze meetgegevens wordt de vaartuigafstand op $r \approx 4500 \text{ m}$ en de naderingssnelheid op

$$V_r = 10 \text{ m/s} = 20 \text{ kn}$$

vastgesteld. Peilhoek en koershoek bedragen:

$$\phi = \gamma = 90^\circ.$$

Uit dit voorbeeld kan men zien, dat onafhankelijk van voorafgegane en later volgend bewegingsgedrag van het voertuig de doelgegevens juist bepaald worden.

Als volgende kan de vraag gesteld worden, of de werkwijze voor het bepalen van doelgegevens ook dan kan worden gebruikt, wanneer de koers van het vaartuig 1 niet over de meetplaats 3 loopt, maar met een dwarsafstand langs de meetplaats 3 voorbij loopt, en de

interferentielijnen daardoor een hyperboolvormig verloop hebben. Dit zal worden aangetoond aan de hand van de principeschets volgens fig. 8.

5 Het vaartuig 1 bevindt zich op het tijdstip t_1 op een afstand r van de meetplaats 3 onder een peilhoek θ ten opzichte van de referentierichting N. De koers van het vaartuig 1 loopt onder een koershoek γ ten opzichte van de referentierichting N en vertoont ten opzichte van de meetplaats 3 een dwarsafstand q . Het vaartuig 1
10 vaart met een vaartuigsnellheid V en heeft de dwarsafstand q aan de plaats R op het tijdstip t_{CPA} gepasseerd. Tussen de vaartuigsnellheid V en de radiale snelheidscomponent V_r ligt een snelheidshoek α .

15 In de tijd $\Delta\tau = t_1 - t_{CPA}$ heeft het vaartuig 1 met de vaartuigsnellheid V de weg s afgelegd:

$$s = V \cdot \Delta\tau.$$

Er geldt volgens de stelling van Pythagoras de volgende geometrische betrekking:

20 $r^2 = q^2 + s^2 = q^2 + V^2 \cdot \Delta\tau^2.$
($V^2 \cdot \Delta\tau$) wordt buiten haakjes gebracht en er wordt gedeeld door $V^2 \cdot \Delta\tau$:

$$\frac{r}{V \cdot \Delta\tau} \cdot \frac{r}{V} = \Delta\tau + \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta\tau} \quad (I)$$

Bovendien geldt voor de snelheidsdriehoek uit V , V_r en V_θ :

25 $\cos \alpha = \frac{V_r}{V}.$

Voor de driehoek met meetplaats 3, vaartuig 1 en plaats R als hoekpunten geldt:

$$\cos \alpha = \frac{s}{r} = \frac{V \cdot \Delta\tau}{r}.$$

Zodoende geldt:

30 $\frac{V \cdot \Delta\tau}{r} = \frac{V_r}{V}$

en men verkrijgt voor de vergelijking I:

$$\frac{r}{V_r} = \Delta\tau + \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta\tau} \quad (II)$$

De eerste term $\Delta\tau$ aan de rechterzijde van vergelijking II is precies die tijd, die verloopt,
35 wanneer het vaartuig 1 met vaartuigsnellheid V de weg s aflegt. De tweede term

$$\frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta\tau}$$

is een tijdspanne ΔT , die zal verlopen, wanneer het
 vaartuig de weg q van de meetplaats 3 tot aan de plaats
 R zou afleggen met een fictieve snelheid V^* , welke wijst
 5 in de richting van de dwarsafstand q , zoals de volgende
 berekening laat zien:

$$\text{Met} \quad s = V \cdot \Delta\tau$$

verkrijgt men

$$\Delta T = \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta\tau} = \frac{q^2}{s \cdot V} \quad (\text{III})$$

10 Bovendien is volgens fig. 8

$$\frac{q}{s} = \tan \alpha,$$

dat ingezet wordt in vergelijking III

$$\Delta T = \frac{q}{V} \tan \alpha \quad (\text{IV})$$

en volgens fig. 8 geldt:

$$15 \quad \frac{V}{\tan \alpha} = V^*,$$

hetgeen naar $\tan \alpha$ wordt opgelost en in vergelijking IV
 wordt ingezet. Er geldt dus:

$$\Delta T = \frac{q^2}{V^2 \cdot \Delta\tau} = \frac{q}{V^*}.$$

Men kan zich thans voorstellen, dat het
 20 vaartuig 1 van de meetplaats 3 met de radiale snelheids-
 component V_r via de weg r na een tijd $\tau_{IS} = \frac{r}{V_r}$ zijn
 huidige positie heeft bereikt. Anderzijds kan het deze
 positie ook bereikt hebben, doordat het van de meetplaats
 3 de dwarsafstand q met de fictieve snelheid V^* in de
 25 tijd $\frac{q}{V^*} = \Delta T$ en aansluitend de weg s met de vaartuig-
 snelheid V in de tijd $\Delta\tau = t_1 - t_{CPA}$ heeft afgelegd. Aange-
 zien evenwel het vaartuig 1 op de tijd t_1 onafhankelijk
 van een ingeslagen weg de ingetekende positie bereikt
 heeft, is

$$25 \quad \tau_{IS} = \Delta\tau + \Delta T = \frac{r}{V_r}.$$

Het quotiënt $\frac{r}{V_r}$ is evenwel volgens vergelijking
 (A) juist gelijk aan het produkt van de stijging t' van
 een van de interferentielijnen in het segment bij de
 middenfrequentie f_0 en de faktor

$$\frac{X(f_0)}{X'(f_0)} = 1,1 \cdot f_0.$$

Er geldt dus ook voor een willekeurige koers van het vaartuig 1, dat uit de stijging t' de interferentielijns en de radiale snelheidscomponent V_r de afstand r tussen de meetplaats 3 en vaartuig 1 volgens vergelijking (A) op blz. 36 op elk tijdstip kan worden bepaald.

5 In de afstandsberেকenaar 55 volgens fig. 2 wordt de vaartuigafstand r berekend. Aan de uitgang van de rekenschakeling 40 verschijnt de radiale snelheidscomponent V_r van de vaartuigsnelheid V . De vaartuigsnelheid V wordt berekend uit de radiale snelheidscomponent V_r en de tangentiële snelheidscomponent V_θ volgens de stelling van Pythagoras in een vaartuigsnelheidsberেকenaar 60, die aan ingangszijde met de rekenschakeling 40 en via een vermenigvuldigingsschakelaar 61 met de afstandsberেকenaar 55 verbonden is: $V = \sqrt{V_r^2 + V_\theta^2}$. In de vermenigvuldigingsschakeling 61 wordt het produkt van de vaartuigafstand r en de verandering in de tijd van de hoek θ berekend. Deze hoekverandering in de tijd wordt vaak hoeksnelheid $\dot{\theta}$ genoemd. De geometrische betrekkingen tussen de snelheidscomponenten V_r , V_θ , van vaartuigsnelheid V ten opzichte van de meetplaats 3 zijn uit fig. 4 af te leiden. De hoek θ wordt uit het looptijdverschil τ_2 in een achter de maximumdetector 35 geschakeld rekenorgaan 62 volgens de betrekking $\theta = \arcsin \frac{c \cdot \tau_2}{d}$ bepaald.

15 20 25 30

Achter het rekenorgaan 62 is een differentieerschakeling 63 geschakeld, waarin de verandering in de tijd van de hoek θ per tijdeenheid T wordt bepaald. De vermenigvuldigingsschakeling 61 is met haar tweede ingang verbonden met de differentieerschakeling 63 en berekend het produkt uit de vaartuigafstand r en de verandering in de tijd van de hoek θ . Dit produkt is gelijk aan de tangentiële snelheidscomponent $V_\theta = r \cdot \dot{\theta}$.

Voor het berekenen van de op het noorden gerefereerde koers van γ is achter de interferentielijnsberেকenaar 50 en de differentieerschakeling 63 een hoekrekeningtrap 64 geschakeld, waarin een snelheidshoek α , zoals aangegeven in fig. 4, wordt berekend. De snelheidshoek α ligt tussen de radiale snelheidscomponent V_r en de vaartuigsnelheid V en luidt:

35

$$\alpha = \arctan \left(\frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t' \cdot \dot{\theta} \right) . \quad (D)$$

Deze uitdrukking kan uit de geometrische opstelling volgens fig. 4 en onder toepassing van vergelijking (C) op de volgende wijze worden afgeleid:

$$5 \quad \tan \alpha = \frac{V_{\theta}}{V_r} = \frac{\tau_{IK}}{c \cdot \tau_2} \cdot r \cdot \dot{\theta} = \frac{\tau_{IK}}{c \cdot \tau_2} \cdot \dot{\theta} \cdot \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t' \cdot c \cdot \frac{\tau_2}{\tau_{IK}} .$$

$$\text{Derhalve is} \quad \tan \alpha = \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t' \cdot \dot{\theta} .$$

Deze betrekking, opgelost naar α geeft vergelijking (D).

10 De vaartuigsnelheid V kan uit de snelheidshoek α en de radiale snelheidscomponent V_r berekend worden volgens de betrekking $V = \frac{V_r}{\cos \alpha}$.

Achter de hoekrekening 64 is een sommerings-
schakeling 65 geschakeld, die alstweede ingangsgrootheid
15 de op noord gerefereerde peilhoek ϕ bevat, waaruit
volgens fig. 1 de op het noorden gerefereerde koershoek
 $\gamma = \phi - \alpha - 180^\circ$ wordt berekend.

Fig. 9 toont een modificatie van de interferen-
tielijnenrekenaar 50. De approximatieberekenaar 51 bevat
20 hier voor het bepalen van de approximatie van de inter-
ferentielijn in het segment van een intensiteitsmonster
en een in de simulatieberekenaar 52 tot stand gebrachte
rechte een selectieschakeling 69, die de intensiteiten
in het segment, welke op de rechte liggen, uitzoekt,
25 en een gemiddelde-waardevormer 70, waarin de intensiteiten
 I_i langs de rechte opgeteld en door hun aantal N worden
gedeeld:

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i .$$

In een kwadrateerorgaan 71 worden de afzonder-
30 lijke intensiteiten I_i langs de rechte gekwadrateerd en
in een nageschakelde opteller 72 opgeteld en gedeeld
door het aantal N . Men verkrijgt de gemiddelde waarde van
de gekwadrateerde intensiteiten:

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2 .$$

Achter de gemiddelde-waardevormer 70 en het optelorgaan 72 is een rekenschakeling 73 geschakeld, waarin de relatieve standaarddeviatie $\frac{\sigma}{\bar{I}}$ van de intensiteiten I_i langs de rechte ten opzichte $\bar{I}$ van een gemiddelde waarde $\bar{I}$ wordt berekend volgens de formule:

$$\frac{\sqrt{\frac{\sum (I_i - \bar{I})^2}{n-1}}}{\bar{I}} = \frac{\sigma}{\bar{I}}.$$

De uitgang ervan is verbonden met een controleschakeling 74 voor het vrijgeefsignaal van de approximatieberekenaar 51. De controleschakeling 74 geeft dan een vrijgeefsignaal af, wanneer de relatieve standaarddeviatie $\frac{\sigma}{\bar{I}}$ zo klein mogelijk is en kleiner dan een vooraf vastgestelde waarde. Dan zijn de intensiteiten I_i langs de rechte bij benadering gelijk en de rechte nadert het best aan de interferentielijn. Het vrijgeefsignaal wordt toegevoerd aan de stijgingsberekenaar 53, waarin de in de simulatieberekenaar 52 gesimuleerde rechte $t(f)$ wordt gedifferentieerd naar de frequentie f . Wanneer er geen vrijgeefsignaal wordt gegenereert, wordt de rechte in de simulatieberekenaar 52 gedraaid en/of in de tijdsrichting zo lang verschoven totdat de relatieve standaarddeviatie $\frac{\sigma}{\bar{I}}$ het kleinst is.

Ook is het mogelijk in de simulatieberekenaar 52 in plaats van een rechte een bundel rechten te simuleren, die elkaar allen bij de frequentie $-0,1.f_0$ snijden en op het frequentiespoor van de middenfrequentie met nul gelijke afstanden vertonen. De selectieschakeling 69 zoekt dan de corresponderende intensiteiten, die behoren tot de coördinaten van de gesimuleerde rechten, uit het segment van de intensiteitsmonsters, welke in de gemiddelde waardevormer 70 en het kwadrateerorgaan 71 per rechte verder verwerkt worden. Voor alle rechten wordt de relatieve standaarddeviatie $\frac{\sigma}{\bar{I}}$ berekend en de rechten aan de interferentielijnen in het segment geapproximeerd. De controleschakeling 74 genereert een vrijgeefsignaal, wanneer voor alle rechten de relatieve standaarddeviatie $\frac{\sigma}{\bar{I}}$ het kleinst is. Door de simulatieberekenaar 52 wordt de door het midden van het segment verlopende rechte overgedragen aan de stijgingsberekenaar 53.

In het volgende zal het geval van een diepte-
verandering in de overdrachtslaag worden beschreven:

Indien de meetplaats met de omzetters zich bij-
voorbeeld in een vlakwatergebied bevindt, dat geen
5 constante waterdiepte vertoont, is de bepaling van de
radiale snelheidscomponent V_r uit de tijdsverschuiving τ_{IK}
niet meer onafhankelijk van de plaats van het schip en
de waterdiepte aan de plaats van het schip.

Fig. 10 toont een principeschets van een vlak-
10 waterkanaal, waarbij eenvoudshalve een continue diepte-
variatie door twee waterdieptes H_1 en H_2 met een sprong
weergegeven wordt. Aan de hand van dit model zal een
correctie van de snelheidsmeting worden toegelicht.
In dit modelachtige vlakwaterkanaal interfereren twee
15 eigengolven met elkaar, die in het gebied met de water-
diepte H_1 een interferentiegolflengte X_1 en in het gebied
met de waterdiepte H_2 een interferentiegolflengte X_2
vertonen. De meetplaats 3 bevindt zich in het gebied
met waterdiepte H_1 . Indien het vaartuig 1 zich bevindt
20 in het gebied met de waterdiepte H_1 wordt aan de meet-
plaats 3 een tijdverschuiving τ_{IK1} gemeten, die samen met
de afstand d van de omzetters 4 en 5 volgens vergelijking
(B) op blz. 36 de vaartuigsnelheid $V_r = V$ levert.

Het vaartuig 1 legt bijvoorbeeld met zijn
25 vaartuigsnelheid V in een tijd t_1 een zodanige afstand
af, welke juist gelijk is aan de interferentiegolflengte
 X_1 . Aangezien het vaartuig 1 omgeven is door zijn inter-
ferentieveld, zal een intensiteitsmaximum in het gebied
met de waterdiepte H_2 in de tijd t_1 een weg S_2 afleggen,
30 die kleiner is dan de weg X_1 en juist gelijk aan de
interferentiegolflengte X_2 .

Indien het vaartuig 1 zich bevindt in het
gebied met de waterdiepte H_2 , zal met vaartuigsnelheid
 V een interferentiemaximum in een tijd t_2 een weg afleggen
35 volgens de referentiegolflengte X_2 . Gemeten wordt aan de
meetplaats 3, waar evenwel in dezelfde tijd t_2 een
interferentiemaximum een weg in overeenstemming met
de referentiegolflengte X_1 met een gemeten snelheid V^{**}
heeft afgelegd: $X_1 = V^{**} \cdot t_2$. De tijd t_2 wordt bepaald
40 uit de interferentiegolflengte X_2 en de vaartuigsnelheid

V en is $t_2 = \frac{X_2}{V}$. Indien men t_2 in de vergelijking voor X_1 inzet, krijgt men $X_1 = \frac{V^{**}}{V} \cdot X_2$.

Indien men deze vergelijking oplost naar de gemeten snelheid V^{**} , verkrijgt men $V^{**} = V \cdot \frac{X_1}{X_2}$.

- 5 Uit de tijdverschuiving τ_{IK}^{**} , die gemeten wordt uit de meetplaats 3, wanneer het vaartuig 1 zich bevindt in het gebied met waterdiepte H_2 , is de gemeten snelheid V^{**} bekend. Deze gemeten snelheid V^{**} is groter dan de vaartuigsnelheid V , namelijk $V^{**} = \frac{V \cdot X_1}{X_2}$, waarbij $X_1 < X_2$ is.

- 10 Uit het bovengenoemde artikel van Weston is bekend, dat de interferentiegolflengtes X_1 , X_2 zich verhouden als de kwadraten van de waterdiepten H_1 , H_2 :

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^2.$$

- 15 Er treedt dan een schattingsfout op voor de snelheid V volgens:

$$\frac{\Delta V}{V^{**}} = \frac{V - V^{**}}{V^{**}} = -2 \cdot \frac{\Delta H}{H_1} + \left(\frac{\Delta H}{H_1} \right)^2$$

met

$$\Delta H = H_1 - H_2.$$

- 20 In de meeste toepassingsgevallen is de relatieve diepteverandering $\frac{\Delta H}{H_1}$ klein. Daarom kan de tweede term van deze vergelijking worden verwaarloosd. Men verkrijgt een van juist voorteken voorziene correctiefactor, die alleen van het verval van de bodem afhangt en gelijk is aan de dubbele relatieve diepteverandering.

- 25 Wegens de verandering van de interferentiegolflengten worden zowel de interferentielijnenstijging t' alsook de tijdverschuiving τ_{IK} met dezelfde faktor veranderd. Aangezien deze beide waarden volgens vergelijking (C) als verhouding in de formule voor de vaartuigafstandsbepaling ingaan, en de overige grootheden van deze formule niet door de dieptevariatie worden beïnvloed, behoeft de vaartuigafstand geen correctie.

- 30 Voor de berekening van de snelheidshoek moet de waarde van de interferentielijnenstijging worden gecorrigeerd. Indien de gemeten interferentielijnenstijgingswaarde

t'^* is en t' de gecorrigeerde interferentielijnenstijgings-
waarde, geldt de volgende correctie:

$$t' = t'^* \cdot \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^2.$$

De snelheidshoek α wordt dan met de gecorrigeerde
5 stijging van de interferentielijn uit vergelijking (D)
als volgt berekend:

$$\alpha = \arctan \frac{X(f_0)}{X'(f_0)} \cdot t'^* \cdot \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^2 \cdot \theta.$$

- conclusies -

- C o n c l u s i e s -

1. Werkwijze voor de passieve bepaling van
doelgegevens zoals voertuigsnelheid, afstand en koers,
van een zelfgegenereerde golfenergie afstralend voertuig,
in het bijzonder een watervoertuig, vanuit een meetplaats,
5 waarbij de golfenergie aan de meetplaats ontvangen
door omzetters, wordt omgezet in elektrische ontvangst-
signalen, en een invalsricting van de golfenergie ten
opzichte van de referentierichting als peilhoek wordt
opgenomen, m e t h e t k e n m e r k, dat de meetplaats
10 binnen een meetgebied in een overdrachtslaag met dispersie-
eigenschappen voor de door het voertuig afgestraalde
golfenergie wordt gelegd, dat aan de meetplaats ten minste
twee omzetters op afstand van elkaar worden aangebracht,
dat ontvangstsignalen van elke omzetter voortdurend worden
15 onderworpen aan een frequentieanalyse en intensiteiten
in afhankelijkheid van zowel de frequentie alsook de tijd
worden opgeslagen, dat telkens uit de opgeslagen intensi-
teiten van de ontvangstsignalen van elke omzetter een
door een vaststelbaar frequentiegebied en een vaststelbaar
20 tijdsinterval bepaald segment gekozen wordt, dat een
onderlinge tijdsverschuiving van de intensiteitsmonsters
in de beide segmenten wordt bepaald, en dat enerzijds
ter bepaling van de voertuigsnelheid een radiale snelheids-
component van de voertuigsnelheid uit het met de afstand
25 van de omzetter vermenigvuldigde quotiënt van de sinus
van de peilhoek en de tijdsverschuiving verkregen wordt
en/of anderzijds ter bepaling van de afstand tussen meet-
plaats en voertuig binnen één van de segmenten uit na-
burige intensiteiten van gelijke sterkte frequentie-
30 afhankelijke interferentielijnen worden verkregen en de
frequentiematige verandering of stijging van ten minste
één van de zich in het segment bevindende interferentie-
lijnen wordt bepaald en uit het produkt van de stijging
en het met de afstand van de omzetters vermenigvuldigde
35 quotiënt van de sinus van de peilhoek en de tijdsver-
schuiving de afstand wordt verkregen.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, m e t h e t
k e n m e r k, dat de tangentiale snelheidscomponent
van de voertuigsnelheid wordt verkregen uit het produkt
van de afstand en de verandering in de tijd van de
5 peilhoek.

3. Werkwijze volgens conclusie 2, m e t h e t
k e n m e r k, dat de ontvangstsignalen van de beide
omzetters worden gebruikt voor de bepaling van de peilhoek
en de verandering in de tijd daarvan, dat een looptijd-
10 verschil van de ontvangstsignalen in een hoger dan het
frequentiegebied gelegen frequentie-interval wordt gemeten
en daaruit onder in achtnaam van de afstand van de
omzetters de peilhoek en de verandering in de tijd daar-
van worden berekend.

15 4. Werkwijze volgens conclusie 3, m e t h e t
k e n m e r k, dat een derde omzetter zodanig aan de
meetplaats opgesteld wordt, dat de drie omzetters in de
overdrachtslaag parallel aan hun grensvlak een bij
voorkeur gelijkzijdige driehoek omspannen, dat voor het
20 verkrijgen van de tijdsverschuiving en het looptijdver-
schil de omzetters paarsgewijs worden gebruikt.

5. Werkwijze volgens conclusie 4, m e t h e t
k e n m e r k, dat uit de looptijdverschillen hoeken
ten opzichte van de middel-loodrechte op de afstand tussen
25 elk omzetterpaar worden berekend, dat deze hoeken
in hoekwaarde ten opzichte van een gemeenschappelijke
referentierichting worden omgerekend en met elkaar verge-
leken, en dat de peilhoek uit de looptijdverschillen,
die tot even grote hoekwaarden behoren, wordt bepaald.

30 6. Werkwijze volgens conclusie 4 of 5, m e t
h e t k e n m e r k, dat de bepaalde looptijdverschillen
en/of tijdsverschuivingen met elkaar worden vergeleken,
en dat voor het berekenen van de afstand en de voertuig-
snelheid het grootste looptijdondersverschil met de
35 uit ontvangstsignalen van hetzelfde omzetterpaar bepaalde
tijdsverschuiving of de maximale tijdsverschuiving met

de uit ontvangstsignalen van hetzelfde omzetterpaar verkregen looptijdverschil wordt gecombineerd.

7. Werkwijze volgens conclusie 6, met het
k e n m e r k, dat de tot dezelfde hoekwaarden behorende
5 looptijdverschillen met elkaar worden vergeleken en uit
het kleinste looptijdverschil de peilhoek en de verandering
in de tijd van de peilhoek wordt bepaald.

8. Werkwijze volgens conclusie 7, met het
k e n m e r k, dat de koers bepaald wordt uit de peilhoek
10 vermeerderd met een snelheidshoek, die tussen de radiale
snelheidscomponent en de voertuigsnelheid ligt.

9. Werkwijze volgens conclusie 8, met het
k e n m e r k, dat de snelheidshoek met behulp van de
boogtangens uit het produkt van stijging, een faktor,
15 en de verandering in de tijd van de peilhoek wordt berekend.

10. Werkwijze volgens één der conclusies 1 tot 9,
met het k e n m e r k, dat het frequentiegebied
met zijn middenfrequentie zodanig wordt bepaald, dat langs
elk frequentiespoor een modulatiemaat van de opgeslagen
20 intensiteiten binnen het tijdsinterval wordt bepaald,
en een gebied van naburige frequentiesporen, waarvoor het
frequentiematige verloop van de modulatiemaat boven een
drempel ligt, als frequentiegebied wordt gekozen.

11. Werkwijze volgens conclusie 10, met het
25 k e n m e r k, dat het frequentie-interval voor de
peiling op een zodanige frequentieafstand van het frequen-
tiegebied en zijn middenfrequentie wordt gekozen, dat
fasesnelheden van golven binnen dit frequentie-interval
in afhankelijkheid van de frequentie bij benadering
30 constant en gelijk aan de uitbreidingssnelheid van de
golfenergie in het medium van het meetgebied zijn.

12. Werkwijze volgens conclusie 11, met het
k e n m e r k, dat de afstand wordt berekend door het
produkt uit stijging, looptijdverschil, uitbreidingssnelheid

840.1097

en faktor, gedeeld door de tijdsverschuiving van de intensiteitsmonsters van de ontvangtsignalen van hetzelfde omzetterpaar.

13. Werkwijze volgens conclusie 12, m e t h e t
5 k e n m e r k, dat de radiale snelheidscomponent wordt aangegeven door het met de uitbreidingssnelheid vermenigvuldigde looptijdverschil, gedeeld door de bijbehorende tijdverschuiving.

14. Werkwijze volgens conclusie 13, m e t h e t
10 k e n m e r k, dat de voertuigsnelheid door toepassing van de stelling van Pythagoras berekend wordt uit de radiale en tangentielle snelheidscomponent door quadratering, sommering en worteltrekken.

15. Werkwijze volgens conclusie 12, m e t h e t
15 k e n m e r k, dat de interferentiegolflengte van twee in de overdrachtslaag met elkaar interfererende eigengolven in afhankelijkheid van de frequentie wordt bepaald, en de frequentiematige afleiding ervan bij de middenfrequentie gevormd wordt, en dat de faktor uit het
20 quotiënt van interferentiegolflengte bij de middenfrequentie en haar afleiding wordt gevormd.

16. Werkwijze volgens conclusie 12, m e t h e t
k e n m e r k, dat de faktor gekozen wordt gelijk aan de 1,1-voudige waarde van de middenfrequentie van het
25 frequentiegebied.

17. Werkwijze volgens één der conclusies 1 tot 16, m e t h e t k e n m e r k, dat het tijdsinterval evenredig aan de interferentiegolflengte van twee in de overdrachtslaag met elkaar refererende eigengolven,
30 die op grond van gekozen middenfrequentie worden gevormd, wordt gekozen, en ten minste twee interferentielijnen op het frequentiespoor van de middenfrequentie bevat.

18. Werkwijze volgens conclusie 17, m e t h e t
k e n m e r k, dat de afstand van de omzetters kleiner
gekozen wordt dan de halve interferentiegolflengte
van twee in de overdrachtslaag met elkaar interfererende
5 eigen-golven, die op grond van de gekozen middenfrequentie
staan.

19. Werkwijze volgens conclusie 18, m e t h e t
k e n m e r k, dat de omzetters binnen de overdrachtslaag
op een zodanige afstand evenwijdig aan het grensvlak
10 daarvan aangebracht worden, dat ten gevolge van eigen-
golven van hogere orde binnen het segment meer dan twee
interferentielijnen op het frequentiespoor van de
middenfrequentie aan te geven zijn.

20. Werkwijze volgens één der conclusies 1 tot 19,
15 m e t h e t k e n m e r k, dat uit de ontvangstsignalen
van elke omzetter voor de frequentieanalyse korte-tijd-
vermogensdichtheid-spectra in voorbepaalde tijdeenheden
worden gevormd en betrokken op een tijdbasis steeds als
intensiteiten in afhankelijkheid van de frequentie
20 opgeslagen worden, dat de tijdbasis gerasterd is in tijd-
eenheden, en dat het tijdsinterval een voorbepaald
aantal tijdseenheden omvat.

21. Werkwijze volgens één der conclusies 1 tot 20,
m e t h e t k e n m e r k, dat de stijging verkregen
25 wordt door approximatie van een rechte aan de interferentie-
lijn.

22. Werkwijze volgens conclusie 21, m e t h e t
k e n m e r k, dat binnen een door frequentie en tijd-
eenheden gevormd frequentie-tijd-coördinatenstelsel
30 van het intensiteitsmonster intensiteiten langs een
willekeurig in het segment aangebrachte rechte worden
gemeten, dat voor de approximatie van de rechte aan de
interferentielijn de rechte wordt gedraaid en zo lang
in tijd- en/of frequentierichting verschoven, totdat
35 de langs de rechte gemeten intensiteiten de kleinste
afwijking ten opzichte van elkaar hebben.

23. Werkwijze volgens conclusie 22, m e t h e t
k e n m e r k, dat binnen het frequentie-tijd-coördinaten-
stelsel van het intensiteitsmonster intensiteiten langs
een willekeurig in het segment aangebrachte rechte worden
5 gemeten, dat voor de approximatie van de rechte aan de
interferentielijns de middelwaarde van de intensiteiten,
die langs de rechte gemeten worden, wordt gevormd, dat
verder de afzonderlijke intensiteiten worden gekwadraterd
en opgeteld en deze som door het aantal der gemeten
10 intensiteiten wordt gedeeld, dat daaruit de relatieve
standaarddeviatie van de intensiteiten van de middelwaarde
wordt berekend, en dat de kleinste afwijking van de rechte
van de interferentielijns dan bereikt is, wanneer de
relatieve standaarddeviatie het kleinst is.

15 24. Werkwijze volgens conclusie 22 of 23, m e t
h e t k e n m e r k, dat in het frequentie-tijd-
coördinatenstelsel een monster uit een bundel elkaar bij
de -0,1-voudige waarde van de middenfrequentie snijdende
rechten met equidistante afstanden op het frequentiespoor
20 van de middenfrequentie wordt samengesteld, dat in
overeenstemming met het frequentiespoor de middenfrequentie,
het segment, en het monster van de bundel langs de
tijdbasis ten opzichte van elkaar verschoven worden,
totdat de afzonderlijke rechten van de bundel de inter-
25 ferentielijns raken en niet meer snijden, dat de stijging
van de verbindingslijn tussen het snijpunt van de rechte
en het middelpunt van het segment de stijging van de
interferentielijns aangeeft.

25. Werkwijze volgens één der conclusies 1 tot 24,
30 m e t h e t k e n m e r k, dat de intensiteitsverdeling
in de tijd in het segment van het aan een omzetter toege-
kende intensiteitsmonster langs elk frequentiespoor in het
voorbepaald frequentiegebied met de intensiteitsverdeling
in de tijd van het aan de andere omzetter toegekende
35 intensiteitsmonster langs hetzelfde frequentiespoor over
het totale tijdsinterval wordt gecorreleerd, dat de
correlatiefuncties van alle frequentiesporen worden ge-

middeld en uit de plaats van het maximum van de gemiddelde correlatiefunctie de tijdsverschuiving wordt bepaald.

26. Werkwijze volgens conclusie 25, m e t h e t
k e n m e r k, dat bij een meetgebied met dieptevarandering
5 tussen de grensvlakken de bepaalde radiale snelheids-
component in afhankelijkheid van de relatieve diepte-
verandering, betrokken op de diepte aan de meetplaats,
met het dubbele bedrag van de relatieve dieptevarandering
wordt gecorrigeerd.

10 27. Werkwijze volgens conclusie 26, m e t h e t
k e n m e r k, dat de stijging wordt vermenigvuldigd
met een gekwadrateerd quotiënt uit de diepte op de
plaats van het voertuig en de diepte aan de meetplaats.

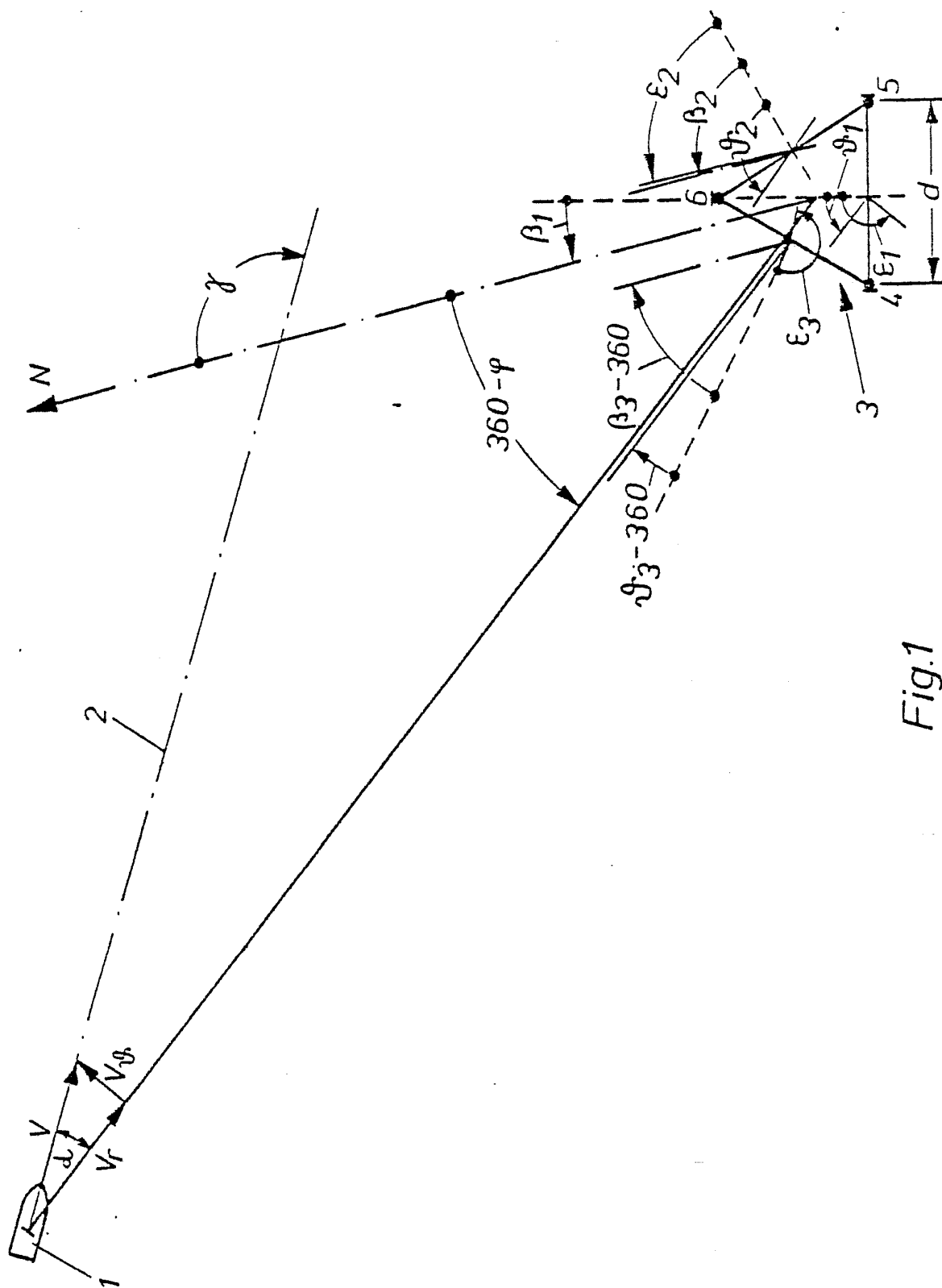
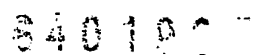


Fig.1

8401097

Krupp Atlas Elektronik GmbH., BREMEN, Bondsrep. Duitsland



Krupp Atlas Elektronik GmbH., BREMEN, Bondsrep. Duitsland

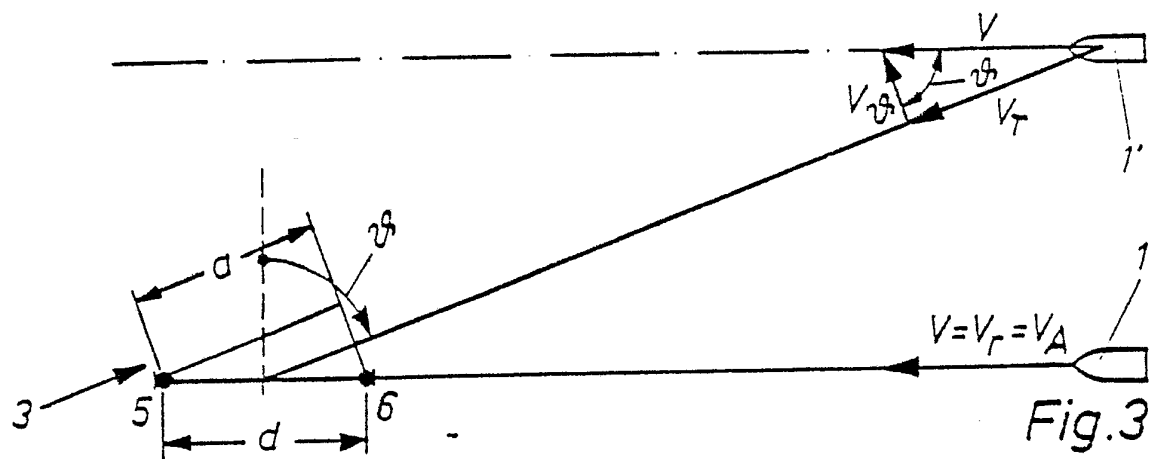


Fig.3

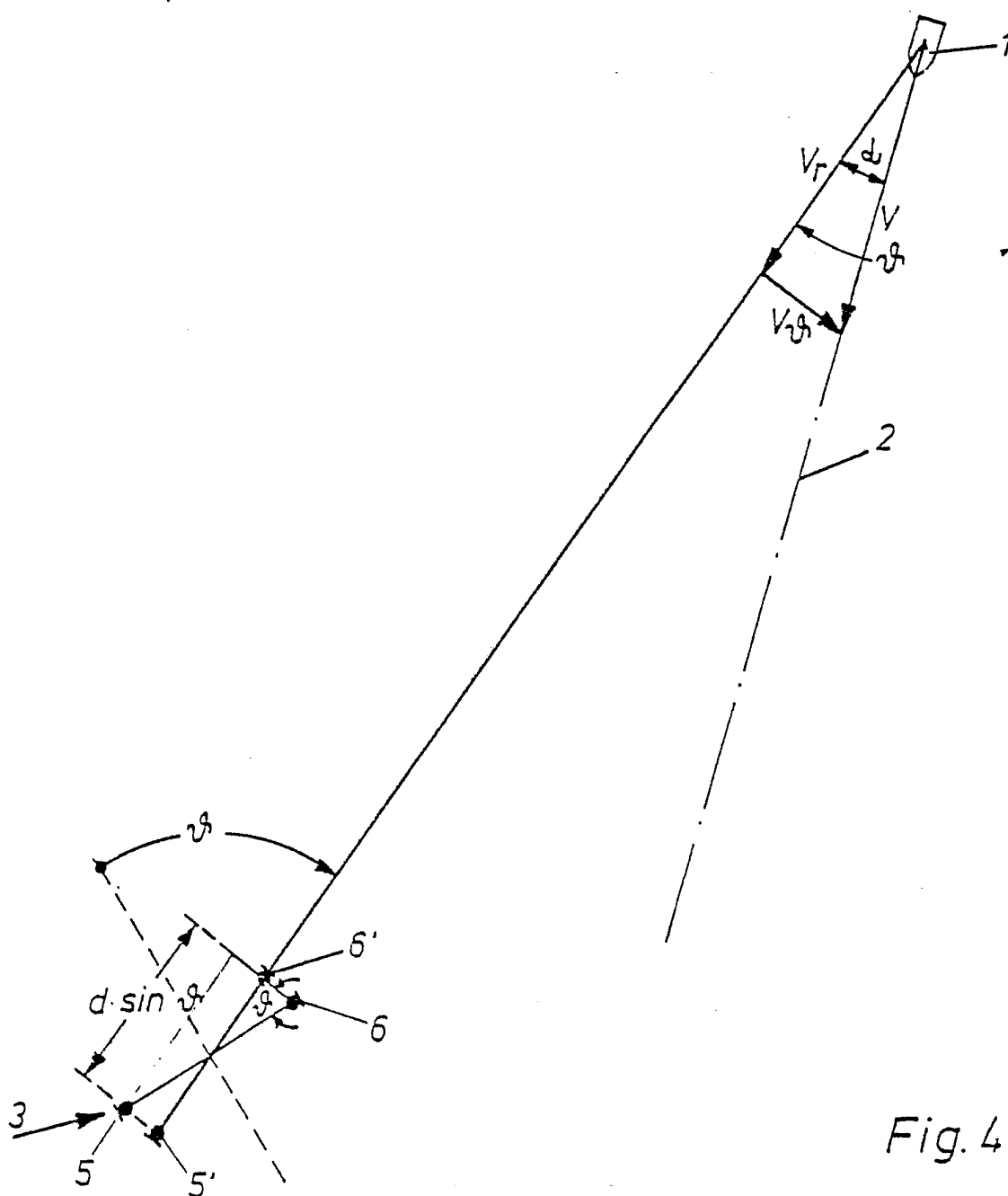


Fig. 4

8401997

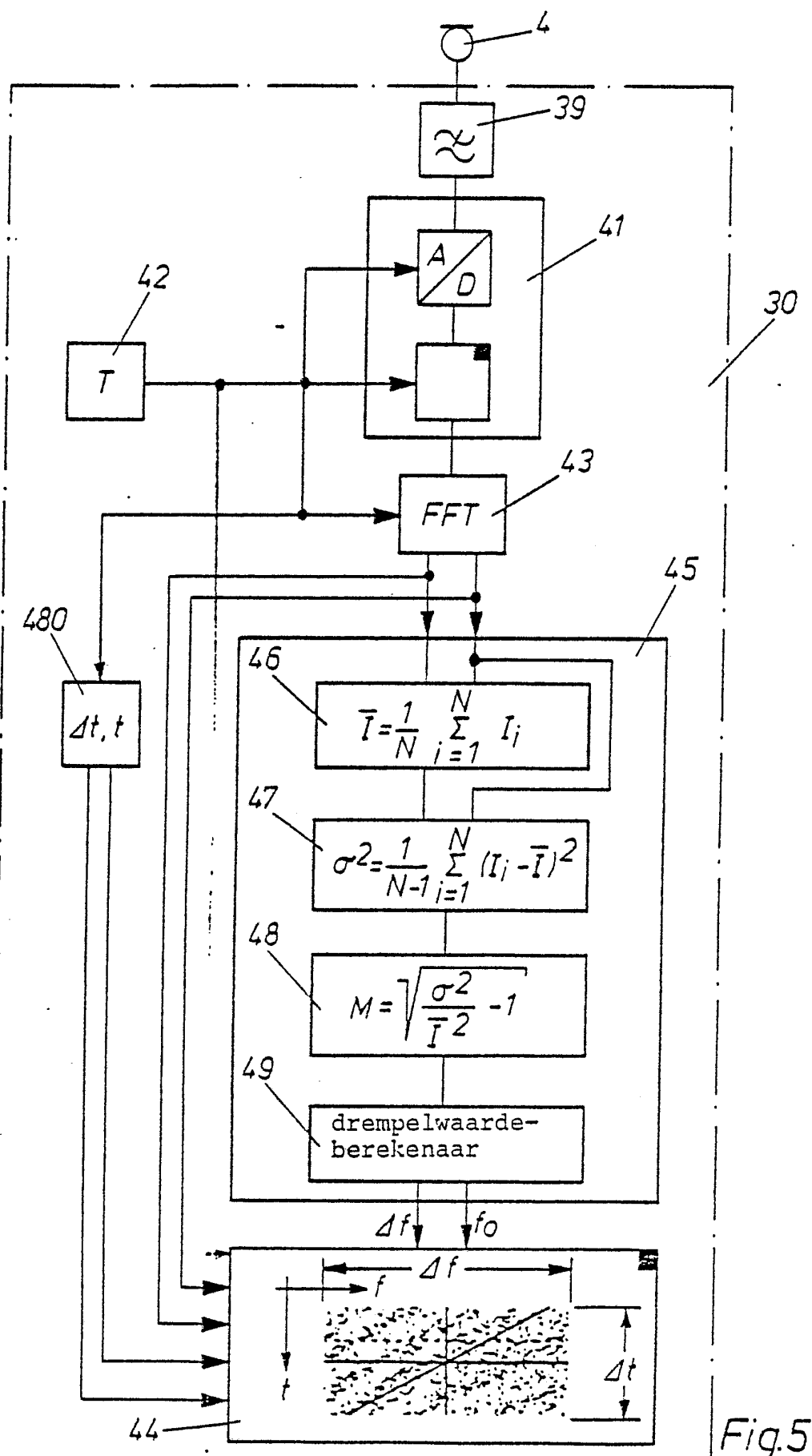


Fig.5

404997

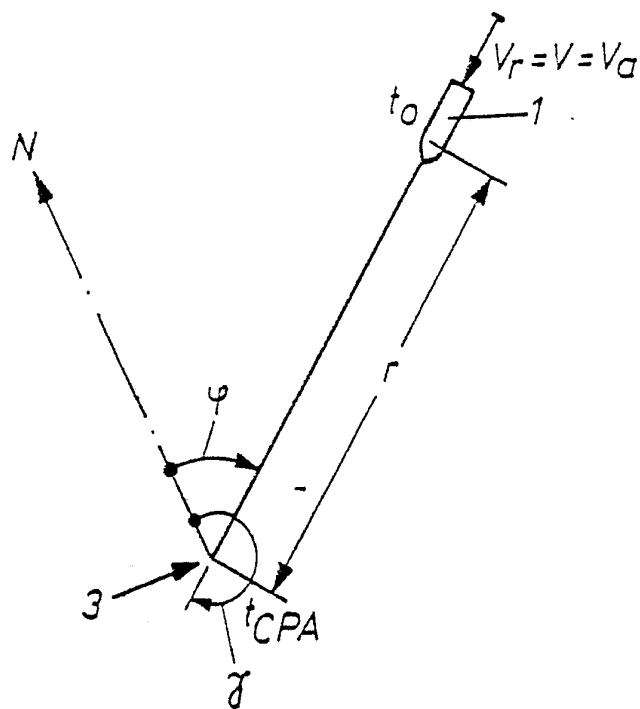


Fig. 6.1

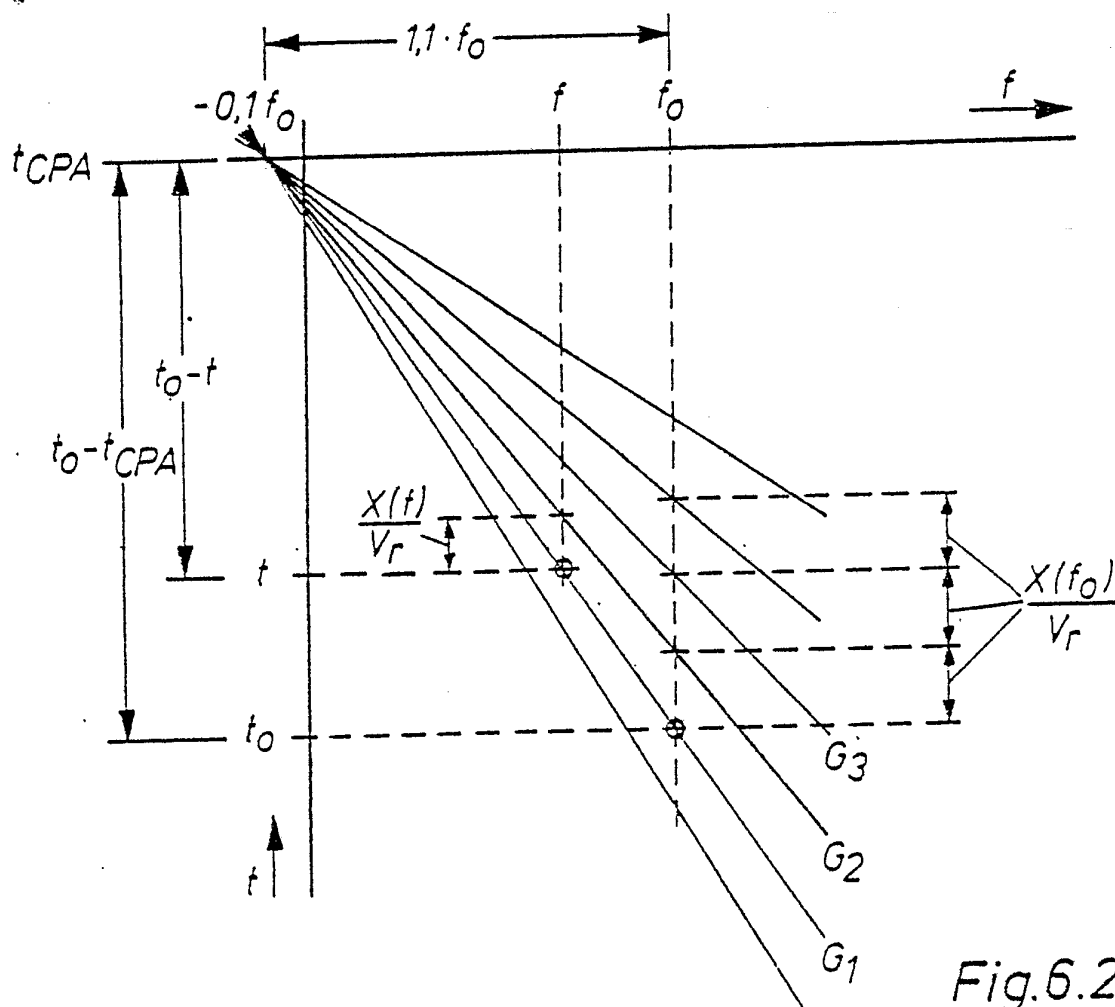


Fig. 6.2

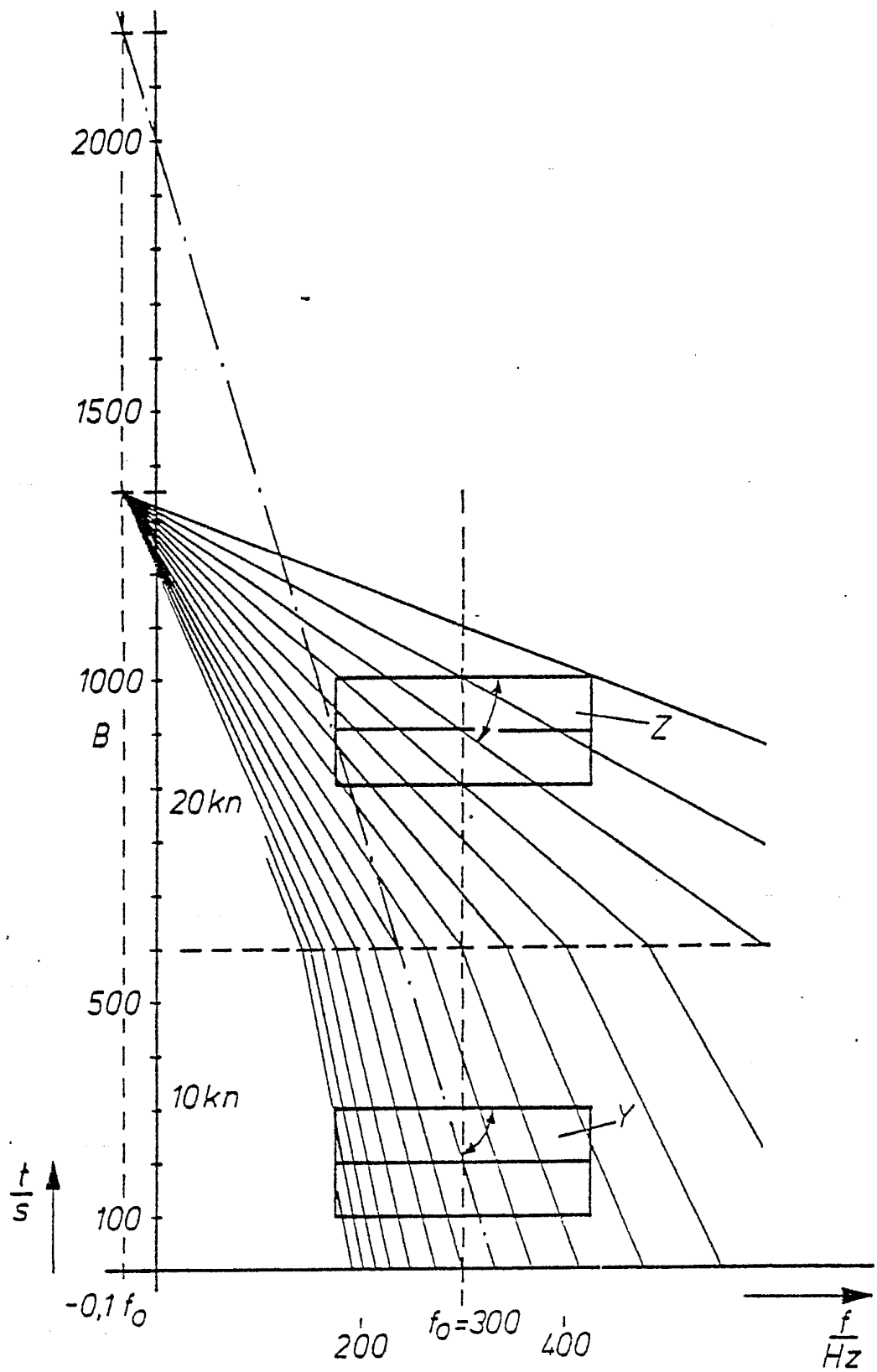


Fig.7

840 109 7

Krupp Atlas Elektronik GmbH., BREMEN, Bondsrep. Duitsland

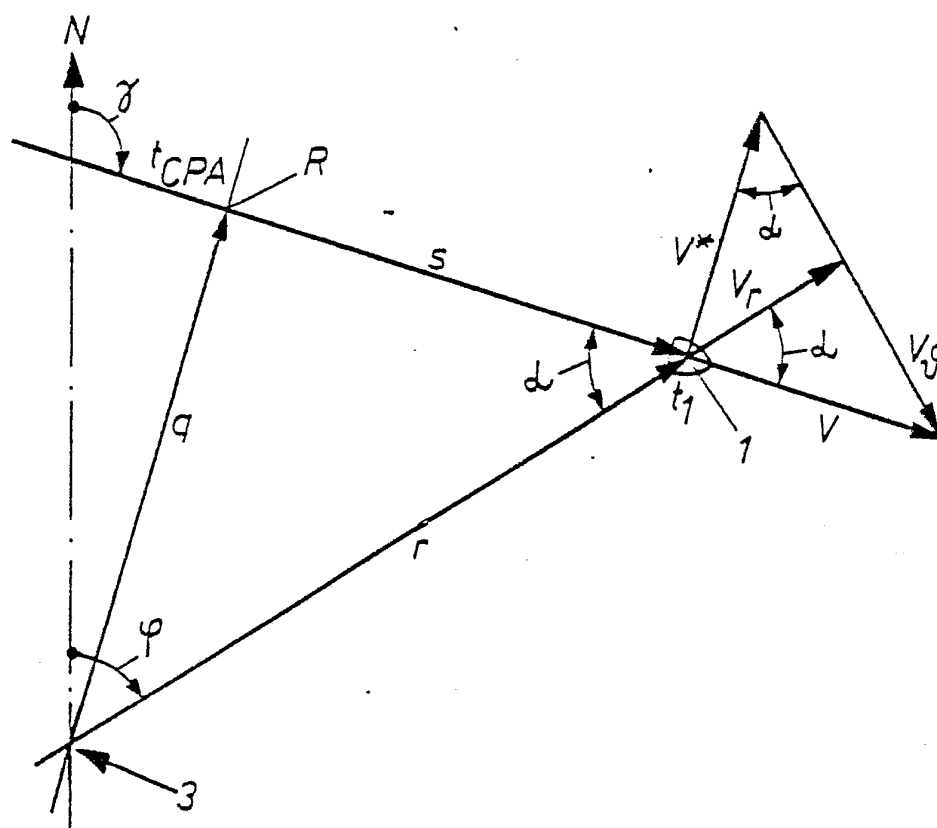
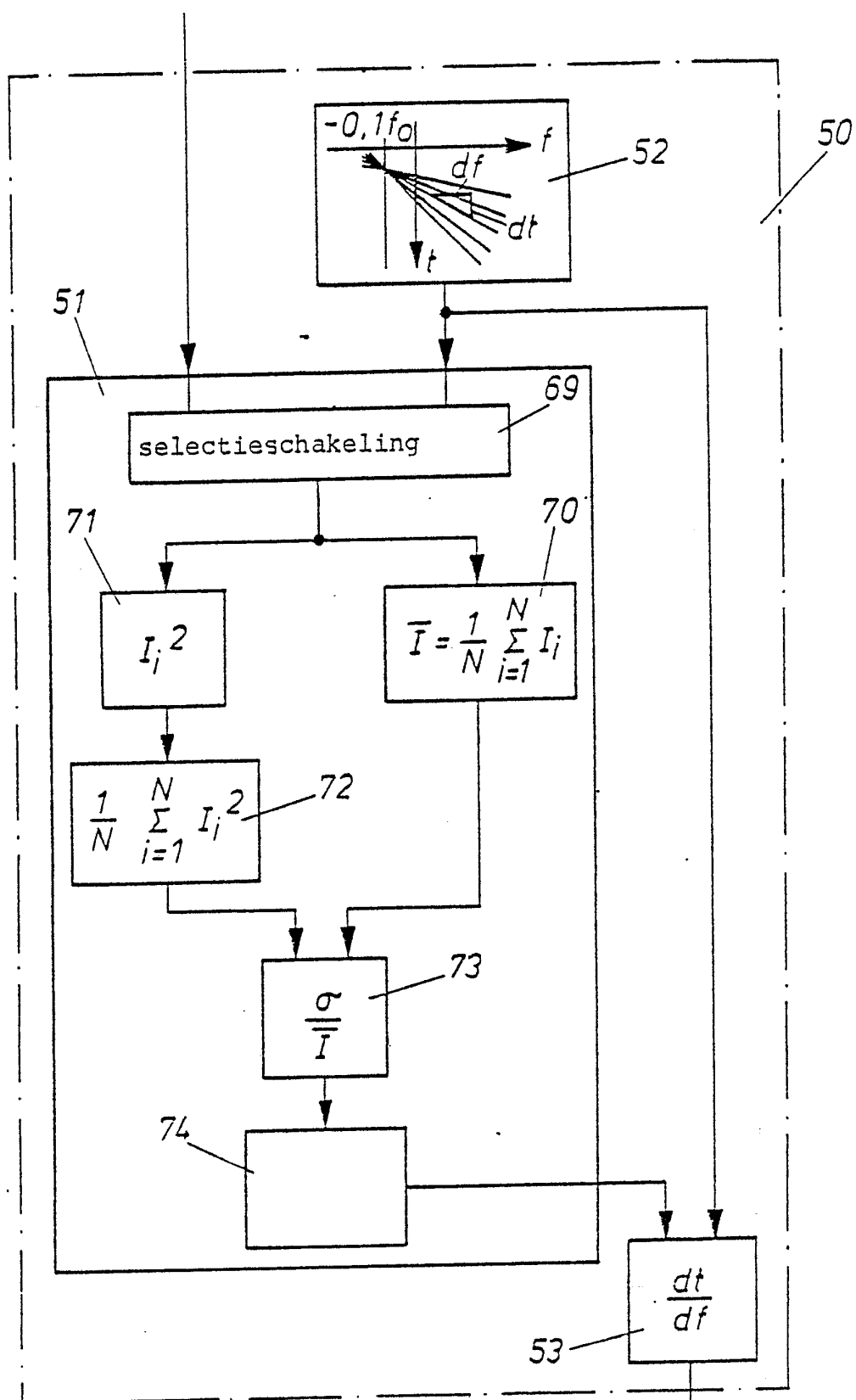


Fig.8



t' Fig. 9

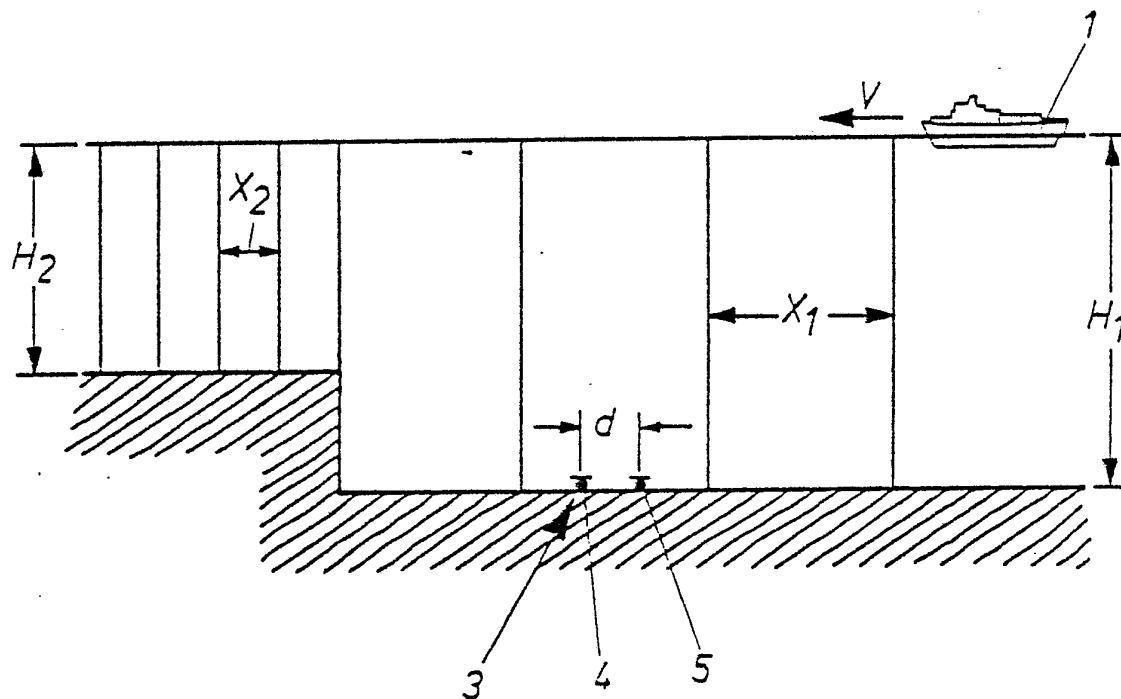


Fig.10

3401997

Krupp Atlas Elektronik GmbH., BREMEN, Bondsrep. Duitsland