
Octrooiraad



12 A Terinzagelegging 11 8900867

Nederland

19 NL

54 Een systeem van 'beeldmeetkunde' ten behoeve van de verkrijging van digitale, 3D topografische informatie.

51 Int.Cl⁵: G06F 15/62, G01C 11/10.

71 Aanvrager: Theo Jogchum Poelstra te Apeldoorn.

**74 Gem.: Ir. Dr. C.F. Morel
MORELPATENT
Laarstraat 3
8166 GR Emst (gem. Epe).**

21 Aanvraag Nr. 8900867.

22 Ingediend 7 april 1989.

32 --

33 --

31 --

62 --

43 Ter inzage gelegd 1 november 1990.

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

Een systeem van "beeldmeetkunde" ten behoeve van de verkrijging van digitale,
3D topografische informatie

Achtergrondinformatie

5 In de laatste jaren is een duidelijke toename te bespeuren naar de behoefte
aan vastgoedinformatie in stedelijke gebieden. Vastgoedinformatie wordt
hierbij gedefinieerd als zeer gedetailleerde topografische informatie welke
steeds betrekking heeft op kleine geografische eenheden, zoals kavels, per-
celen, straatdelen enz. Daarbij wordt vastgoedinformatie bovendien gedefi-
10 niëerd als informatie over gedetailleerde eenheden zèlf (o.a. de topografie)
èn thematische informatie die met deze eenheden is verbonden.

Deze informatie is nodig voor de volkshuisvesting, het bouwbeleid, stadsver-
nieuwingsprojecten, kaartvervaardiging van ondergrondse objecten zoals lei-
15 dingen, onroerend goed belasting, ruimtelijk beheer (wegbeheer, groenbe-
heer), aanleg van grote civieltechnische werken, enz., enz.

Op deze toenemende vraag kan worden ingespeeld door toenemende automa-
tisering, waardoor betere gegevensbanken kunnen worden opgebouwd en de
20 informatie snel kan worden verstrekt. Een belangrijk element van de vast-
goedinformatie is de gedetailleerde topografische informatie, dat wil zeggen
de (grafische, geometrische) beschrijving van het terrein met alle natuurlijke
en kunstmatige objecten die hierin voorkomen. De problemen die zich bij de
verstrekking van deze informatie voordoen zijn de volgende:

- 25 - in de loop van de tijd zijn de methoden voor het verzamelen van gegevens
in principe niet veranderd;
- de presentatie van de informatie is altijd tweedimensionaal gebleven. Dit
ondanks de fantastische technische mogelijkheden die men thans ter be-
schikking heeft, zoals interactieve grafische beeldschermen in combinatie
30 met krachtige computersystemen.

Het hier te beschrijven systeem doorbreekt deze impasse. Met moderne
technische hulpmiddelen is een nieuwe methode voor het verzamelen, be-
werken en presenteren van topografische gegevens ontwikkeld. Hiermee
35 wordt niet alleen een nieuwe wijze voor kaartvervaardiging mogelijk, maar
wordt ook de mogelijkheid geschapen om met deze gegevens dynamische
driedimensionale beelden van bebouwde en onbebouwde gebieden te presen-
teren. Aan de bestaande technieken hiervoor, de luchtphotogrammetrie óf de

huidige terrestrische metingen, kleven nogal grote bezwaren, zowel van technische als van financieel-economische aard.

5 Toepassing van bestaande terrestrische methoden voor deze zogenaamde detailmetingen, zoals bijvoorbeeld de tachymetrie, wordt in vele steden steeds moeilijker door toenemende verkeersdrukke en geparkeerde auto's. Daarnaast gelden vooral nog de volgende bezwaren.

10 In de eerste plaats moeten de coördinaten van de opstelpunten bekend zijn. Dit betekent dat een vrij omvangrijke veelhoeksmeting moet worden uitgevoerd die een moeilijke organisatie vereist. Steeds moeten bij een bepaalde meting prisma's worden geplaatst op het voorgaande en het volgende veelhoekspunt. Vooral bij drukke verkeerssituaties is dit een lastige bijkomstigheid bij de detailmeting. Daarnaast is de detailmeting zelf erg omslachtig omdat op ieder te bemeten detailpunt eveneens een meetmerk (prisma) moet worden opgesteld.

15 Dit vraagt om een uitgebreide meetploeg waarbij de organisatie van de meting in het terrein een essentieel bestanddeel van de meting is. Als door onwerkbaar weer de meetploeg op nonactief staat is dat een zeer kostbare zaak.

20 Deze bezwaren zijn er niet als men de hier te beschrijven methode van "beeldmeetkunde" toepast. Deze methode wordt gekenmerkt door het op snelle wijze maken van buitenopnamen, waarna de aldus verkregen beelden binnen worden bemeten. Deze nieuwe vorm van landmeten kan bij uitstek in stedelijk gebied worden toegepast, gebieden met smalle straten en hoog opgaande bebouwing. De methode vraagt daarbij minder voorbereiding, is buiten veel sneller en productiever (minder mensen, minder weersafhankelijk) en levert via binnenwerk driedimensionale bestanden (nu tweedimensionaal).

30 Met dit nieuwe systeem kunnen aldus zeer gedetailleerde 3D-bestanden worden opgebouwd. Daaruit kunnen dan weer bijvoorbeeld grootschalige topografische kaarten worden gegenereerd in de schaalrange 1:250 t/m 1:5000, met hoge nauwkeurigheid.

35 In het algemeen heeft dit systeem van "beeldmeetkunde" als doel het op moderne wijze snel, goedkoop en zeer nauwkeurig verkrijgen van gedetailleerde metrische informatie met behulp waarvan o.a. topografische kaarten kunnen worden gemaakt.

8 9 0 0 8 6 7

Samenvatting van de uitvinding

5 In de landmeetkunde gaat het erom de onderlinge ligging van punten op het aardoppervlak vast te leggen, teneinde uitspraken te kunnen doen over bijvoorbeeld plaats en grootte van geografische eenheden. Daartoe beschikt vrijwel ieder land over één of meer coördinatenstelsels, zodat er via meting van bijvoorbeeld lengten en hoeken, coördinaten van punten kunnen worden berekend in die stelsels.

10 De uitvinding onderscheidt zich van alle andere tot nu toe gangbare methoden hierbij door het feit dat de metingen niet meer in het terrein plaatsvinden doch binnen, op beelden. Deze beelden zijn afbeeldingen van het terrein, en de metingen bestaan uit het vastleggen van zekere grootheden in die beelden, via gebruik van een computer.

15 Met dit nieuwe systeem wordt "de werkelijkheid om ons heen" geometrisch en driedimensionaal vastgelegd. Deze vastlegging geschiedt door middel van fotografische opnamen, waarin naderhand dus metingen worden verricht. De metingen worden derhalve verricht in fotografische beelden in de plaats van in de werkelijkheid zelve.

20 Het basismetprincipe is eenvoudig te verklaren indien men het vergelijkt met hoe wij mensen naar de driedimensionale werkelijkheid om ons heen kijken. Wij doen dit met twee ogen, hetgeen ons in staat stelt ruimtelijk, d.w.z. driedimensionaal, te kijken naar de omgeving. Dankzij deze twee ogen kunnen wij o.a. afstanden schatten en diepte zien. Het sluiten van één van onze twee ogen maakt dieptewaarneming onmogelijk. Men vergelijk deze situatie met het systeem van de uitvinding. Immers, het maken van één foto is niets anders dan het afbeelden van de driedimensionale werkelijkheid op een
25 tweedimensionaal vlak, het fotovlak. Men heeft één dimensie verloren en het is derhalve niet mogelijk de driedimensionale werkelijkheid éénduidig te reconstrueren. Hiervoor heeft men extra informatie nodig. Deze informatie wordt verkregen door ervoor te zorgen dat alle aan te meten punten in de
30 driedimensionale werkelijkheid in minstens twee opnamen zijn te zien. Hierdoor kunnen de drie-dimensionale coördinaten van alle meetpunten berekend worden, van belang bij de opbouw van een gedetailleerde topografische gegevensbank.

8900807

5 Aan de hand van de tekening zal de uitvinding nader
worden verklaard.

In de tekening toont:

10

- | | | | | |
|----|--------|----|---|---|
| | Figuur | 1 | : | deze figuur bevat een blokschema van het gehele systeem van landmeten via beeldmeting. |
| 15 | Figuur | 2A | : | de geometrische opzet ten behoeve van voorwaartse insnijding; |
| | Figuur | 2B | : | de geometrische opzet ten behoeve van een uitgebreide voorwaartse insnijding; |
| | Figuur | 2C | : | de geometrische opzet ten behoeve van achterwaartse insnijding; |
| 20 | Figuur | 2D | : | de geometrische opzet ten behoeve van het nieuwe systeem; een combinatie van voor- en achterwaartse insnijding; |
| | Figuur | 3A | : | het opname voertuig in stedelijk gebied; |
| 25 | Figuur | 3B | : | een opengewerkte opname van het opnemingsvoertuig. |
| | Figuur | 4 | : | een doorsnede van de opname-optiek; |
| | Figuur | 5 | : | het toestandsdiagram van het mobiele systeem; |
| | Figuur | 6A | : | een opname op ware grootte; |
| 30 | Figuur | 6B | : | het gedeelte van een opname dat voor meting wordt gebruikt; |
| | Figuur | 7 | : | het uitwerkingssysteem; |
| | Figuur | 8 | : | de meetprocedure; |
| | Figuur | 9 | : | een waarneming per punt; |
| 35 | Figuur | 10 | : | het rekenproces in fasen. |

8900007

Teneinde te komen tot deze data moet er een snel en efficiënt opname-, meet-, en verwerkingssysteem zijn waarmee de informatie op de opnamen verwerkt wordt tot een digitaal bestand van coördinaten en daaraan gekoppelde codes. De onderhavige uitvinding behelst een dergelijke systeem. Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de opbouw op hoofdonderdelen van dit systeem van "beeldmeetkunde".

Het opnamesysteem, zie Figuur 3A bestaat uit een auto 1, een camera 2, een stabilisatiesysteem 5 en besturingssoftware. De camera is er een van het zogenaamde fish-eye type. Dit houdt in dat bij plaatsing van de camera op het dak van een auto, er een rondombeeld 4 van de omgeving wordt gemaakt. Hierop is die gehele omgeving te zien, behalve wat zich in kegel 3 bevindt. Naast de auto en de camera is een stabilisatiesysteem aanwezig, waarmee tijdens het maken van opnamen de camera gestabiliseerd wordt en de scheefstand wordt afgelezen. De standgegevens zijn belangrijk voor de te volgen rekenprocedure welke uiteindelijk moet leiden tot driedimensionale coördinaten. Aldus levert het opnamesysteem dus opnamen en standgegevens van de camera.

Het meetsysteem, zie Figuur 7 bestaat uit een meet unit 31, een microcomputersysteem 36 met twee beeldschermen 32 en 33 en besturingssoftware, teneinde alle subsystemen met elkaar te laten communiceren en de metingen snel en efficiënt door een operateur te laten verrichten.

Het meetsysteem is uniek omdat hiermee alle metingen onder geconditioneerde omstandigheden op kantoor verricht kunnen worden in plaats van in het terrein. Het aanmeten van een punt in twee beelden kan mathematisch geformuleerd worden als het uitvoeren van een horizontale en verticale richtingsmeting in de beelden. Naast correcties voor lensvertekening, zorgt de ontwikkelde software ook voor on-line tests, dus tijdens de meting, of het in beide beelden simultaan aangemeten punt voldoende precies is aangemeten. Alle metingen worden voorzien van codes, hetgeen mogelijkheden biedt de opbouw van het digitale bestand gestructureerd te laten verlopen. Aldus levert het meetsysteem gecontroleerde en gecodeerde waarnemingen.

Het centrale rekensysteem dient vervolgens in staat te zijn de grote aantallen horizontale en verticale richtingen voorzien van een code te verwerken. Dit betekent dat de richtingen uiteindelijk dienen te worden omgerekend

890667

naar driedimensionale coördinaten. In verband met de hoge kwaliteitseisen wordt principieel meer gemeten dan strikt noodzakelijk is. Dit meer meten is echter noodzakelijk, aangezien dan op een verantwoorde wijze statistische tests op het waarnemingsmateriaal (de richtingen) uitgevoerd kunnen worden. Hierdoor weet men naderhand wat de kwaliteit is van elk met het systeem gemeten punt. Het centrale rekensysteem maakt gebruik van wereldwijd geaccepteerde vereffenings- en toetsingsmethodieken. Aldus levert het rekensysteem vereffende waarnemingen en daaruit berekende driedimensionale coördinaten, voorzien van puntidentificatie en topografische objectcode.

5

Gedetailleerde beschrijving van het systeem en de werkwijze

De geometrische meetopzet

15

Teneinde in staat te zijn de onderlinge ligging van punten in het terrein in coördinaten te bepalen eist de landmeetkunde een goede opzet van de daaraan ten grondslag liggende geometrie. Hoewel bij dit nieuwe systeem de metingen niet meer in het terrein zelf plaatsvinden, doch op afbeeldingen daarvan, geldt niettemin dat ook bij deze methode zekere eisen voor de geometrische meetopzet van kracht zijn, o.a. in verband met kwalitatieve aspecten. Men denke in dit verband aan de zgn. "sterkte van de figuur" en de invloed daarvan op de uiteindelijke nauwkeurigheid van de coördinaten.

20

25

Voor het in coördinaten bepalen van een punt kan de methode van voorwaartse insnijding worden toegepast, als twee basispunten in coördinaten bekend zijn. In Figuur 2A is dat aangegeven. De waarnemingen worden daarbij gevormd door de vier in de figuur aangegeven richtingen. In Figuur 2B is te zien dat op deze wijze, dus door het waarnemen van richtingen, letterlijk op basis van twee bekende punten, vele andere punten in coördinaten zijn te bepalen.

30

35

Vraag is dan vervolgens hoe de coördinaten van de basispunten kunnen worden bepaald. De oplossing ligt hier in toepassing van de methode van achterwaartse insnijding, zoals aangegeven in Figuur 2C. Ook hier vormen de aangeduide richtingen de waarnemingen. De punten waarnaar richtingen gemeten zijn dienen dan op hun beurt weer in coördinaten bepaald te zijn.

8 9 0 0 6 6 7

Moet er nu een straat gekarteerd worden, dan zullen in het algemeen geen grote aantallen punten vooraf in coördinaten bekend zijn. Figuur 2D laat echter zien dat zij berekend kunnen worden bij een juiste geometrische opzet. Voorwaarde is o.a. dat punten in het terrein op achtereenvolgende opnamen diverse malen voorkomen. Door middel van de zogenaamde triangulatiepunten (punten die minstens op drie opnamen voorkomen) ontstaan geometrische voorwaarden. Wanneer de daarbij behorende richtingen worden gemeten kan er worden voreffend en ontstaat er een netwerk dat qua richtingen geheel bepaald is. Om dit netwerk ook in absolute zin in de ruimte te kunnen oriënteren en (qua schaal) in te passen zijn er tenslotte zeven absolute coördinaten nodig, bijvoorbeeld (x, y, z) , (x, y, z) en een z .

Is aldus een beperkt aantal punten vooraf bekend, bijvoorbeeld uit terrestrische of fotogrammetrische metingen, dan kunnen met behulp daarvan overige punten in coördinaten worden bepaald. In feite bestaat deze meetopzet dus uit gecombineerde toepassing van voor- en achterwaartse insnijdingen. Simultaan tijdens de metingen op de opnamen, successief tijdens de berekeningen.

De opnamen

De camera 2 van het opnamevoertuig, zie Figuur 3B, bestaat uit speciaal ontwikkelde fish-eye optiek, zie Figuur 4. Deze camera is gemonteerd op een stabilisatie platform 5, dat via een hydraulische eenheid 16 vanuit de auto omhoog kan worden bewogen, door het schuifdak 24. Daardoor kan de camera opnamen maken vanuit een positie vlak boven de auto. Het gezichtsveld bedraagt 400 gon (= 360 graden), horizontaal, en vanuit het zenith 120 gon verticaal. Daardoor kunnen allerlei soorten punten later worden aangemeten, zoals stoepranden en overig straatmeubilair, gevels, dakoverstekken, enz., enz., zie Figuur 3A. Het gebied waarin op de foto's worden gemeten betreft een deel van het gezichtsveld, nl. 36° gon boven de horizon tot 12° gon eronder, rondom. De optimale modulatie transferfunctie bevindt zich bij 1 mrad. De filmonheffenheid is aanmerkelijk kleiner dan ca. 10 micrometer.

Het stabilisatieplatform 5, zie Figuur 3B, zorgt er voor dat de verticale as van de optiek zo goed mogelijk samenvalt met de locale verticaal. Dit wordt bereikt via de stand sensoren 12 en 13 en de servo gestuurde schroefspindels 9, via een vast draaipunt 10 en een telescoop as met drukveer II. Aldus wordt

de bovenplaat 7 zo goed mogelijk horizontaal geregeld t.o.v. de onderplaat 6 welke via de hydraulische eenheid 16 en 17 vast is verbonden met het opnamevoertuig.

5 De horizontale stand van het platform 5 is belangrijk in verband met de latere verwerking van de genomen foto's. Naast het eigenlijke fotobeeld moeten ook andere gegevens van de opname bewaard worden, zoals een volgnummer, datum en tijdstip van opname, de sluitertijd, de oriëntatie van de auto, eventuele scheefstand van het platform en de afgelegde afstand die verreden is t.o.v. de vorige opname. Deze gegevens van een bepaalde serie opnamen die bij elkaar horen, worden bij elkaar met een ritnummer opgeslagen in een file op een floppy-disk 27. Een centrale computer 19A en 19B zorgt voor de totale besturing van het geheel en de opslag van de fotodata. De gehele procedure voor het maken van een opname gebeurt automatisch na een druk op de opnameknop 23 door de chauffeur. Op het beeldscherm 20 van de computer 19A kan de chauffeur het gehele proces eventueel volgen en ook zien 15 wanneer en waarom er iets fout gaat.

Via Figuur 5 kan het functioneren van het mobiele systeem 1 als volgt worden verklaard.

20 Nadat de nodige voorbereidingen zijn getroffen wordt naar het opnamegebied gereden. Terwijl dit gebeurt is het platform 5 vergrendeld en een groene signaallamp 21a geeft aan dat rijden is toegestaan. De fotonummering wordt gereset. Het systeem is dan in rusttoestand 1 en er wordt gewacht op een "nieuwe rit request" van de operator.

25 Als de auto 1 in het meetgebied aankomt, kan de chauffeur een nieuwe rit initialiseren door het drukken op een functietoets op het toetsenbord van de computer. De chauffeur wordt vervolgens verplicht een nieuw ritnummer in te voeren en een nieuwe ritfile wordt geopend. Tevens vraagt de computer of 30 de tijd en datum nog juist zijn. Eventuele correctie hiervan is dan mogelijk. Na invoer van het ritnummer gaat de groene signaallamp 21A weer branden ten teken dat rijden toegestaan is en het systeem komt in rusttoestand 3.

35 In toestand 3 wordt weer gewacht op commando's van de chauffeur. De chauffeur kan nu besluiten een opname te gaan maken ("foto request"). Hiervoor drukt de chauffeur op een knop 23; het toetsenbord is voorlopig niet

{ 900867

meer nodig. Als alle condities voor het nemen van een foto goed zijn, dan wordt overgegaan naar toestand 4. De rode signaallamp 21B gaat branden en vanaf dat moment mag niet meer worden gereden. Het platform 5 wordt ontgrendeld en de stabilisatie van het platform wordt gestart, waarbij het systeem in toestand 4 wacht tot het platform horizontaal is. Lukt de stabilisatie niet, dan wordt dit direct via het beeldscherm 20 gemeld en wordt teruggegaan naar toestand 3.

Wanneer het stabilisatiesysteem meldt dat het platform horizontaal is, wordt de eventuele nog aanwezige restafwijking door de computer 19B uitgelezen, en direct daarna de sluitertijd berekend. Ook deze sluitertijd wordt door de computer uitgelezen. Is er te weinig licht dan wordt de opname geweigerd en wordt teruggegaan naar toestand 3. Dit wordt direct via het beeldscherm 20 aan de chauffeur gemeld. Bij voldoende licht wordt in toestand 5 de sluitersluiting geopend. Op hetzelfde moment worden ook datum en tijd op de foto geprojecteerd, en eveneens door de computer 19B uitgelezen.

Als de filmbelichting klaar is wordt overgegaan naar toestand 6. Het platform 5 wordt weer vergrendeld en de film in de cassette 8 wordt automatisch 1 foto verder getransporteerd. Op hetzelfde moment worden ook de wielsensoren 25 en 26 uitgelezen die tesamen met alle eerder genoemde fotogegevens op floppy-disk 27 in de geopende rit-file opgeslagen moeten worden. Alleen als de zojuist gemaakte foto de eerste van de rit was, worden de afstandtellers op nul gezet. De afstandtellers tellen dus na de eerste foto altijd door tijdens een rit, en worden gebruikt als indicator voor het moment waarop weer een opname moet worden gemaakt. Bijvoorbeeld na iedere 15 meter. Tevens dienen zij voor de berekening van de oriëntering(sverandering) van het opname voertuig 1.

Na toestand 6 is de film in cassette 8 getransporteerd en wordt gecontroleerd of de film soms vol is. Is dit het geval dan wordt dit direct aan de chauffeur gemeld via het beeldscherm 20. Ook is het misschien mogelijk dat het platform 5 tijdens het moment van opname bewogen heeft. Ook dit wordt gemeld aan de chauffeur via het beeldscherm 20. De chauffeur wordt nu de kans geboden de foto opnieuw te nemen, waarbij de foto hetzelfde nummer houdt. In beide gevallen wordt overgegaan naar rusttoestand 3, en gaat de groene signaallamp 21A weer aan.

1 8 0 0 8 8 7

De chauffeur kan nu in toestand 3 opnieuw besluiten een foto te nemen, maar zoals eerder vermeld, zal dit alleen lukken als alle fotocondities goed zijn. Foutcondities worden direct weergegeven op het scherm 20 en een pieptoontje attendeert de chauffeur op de foutboodschap. Er zijn diverse foutcondities mogelijk; de film is vol, de afgelegde weg is niet relevant, de auto staat niet stil, er is niet voldoende licht, de floppy-disk is vol, enz. De chauffeur kan er slechts één negeren, nl. die met betrekking tot de afgelegde weg. Deze melding kan worden overruled via een functietoets van de computer 19A.

De chauffeur kan in toestand 3 ook besluiten een rit af te sluiten. Hij drukt hiertoe op een functietoets van het toetsenbord van de computer 19A. De rode signaallamp 21B gaat branden en de chauffeur krijgt nu in toestand 7 de kans om over de verreden rit nog eventueel commentaar in te voeren. Dit commentaar kan bijvoorbeeld informatie over de weersomstandigheden zijn of route-afwijkingen. Maximaal 300 karakters zijn mogelijk. Na deze data-invoer wordt de rit-file afgesloten, wordt de fotonummering op nul gezet en gaat de groene lamp 21A branden.

In deze toestand is rijden weer toegestaan en kan de volgende opname worden gemaakt. Inclusief het rijden duurt één cyclus, dus voor één opname, ca. 20 à 30 seconden. Er kunnen enkele honderden opnamen na elkaar worden gemaakt, daarna moet de cassette worden verwisseld. Aldus worden foto's en fotodata geproduceerd, waarbij deze laatste bestaan uit: afgelegde weg, afwijking t.o.v. de verticaal, sluitertijd, oriëntatie van de auto, ritcode/fotonummer/tijd/datum.

De metingen

Nadat in een deel van een stad op de wijze zoals omschreven een aantal foto's is gemaakt, worden deze ontwikkeld enz. Daarna worden ze op maat gesneden en wordt de verdere voorbereiding voor de metingen afgerond. De opnamen zijn panoramisch, dat wil zeggen, zij omvatten de gehele horizon rondom (400 gon) en gaan in verticale zin vanuit het zenith tot 20 gon onder de horizon, zie Figuur 6A en 6B. In deze foto's komen horizontale richtingen (ϑ) overeen met die in het terrein, en kan uit de afstand van het fotomiddelpunt tot het bemeten punt (r) de hoogte boven de horizon in hoekmaat

8800007

worden afgeleid. Door steeds de foto's twee aan twee uit te meten via het zoeken van corresponderende punten kan men het principe van de geometrische meetopzet volgen, zoals hiervoor aangegeven.

5 Daartoe is een uitwerkingsinstrument 31 ontworpen en gebouwd, zoals aangegeven in Figuur 7. Er worden dus twee opnamen tegelijkertijd uitgemeten, waarbij het fotoformaat maximaal 100 x 100 mm mag bedragen. Naast de twee (verlichte) meettafels 41 welke kunnen roteren 42 en transleren 43, bevat het instrument een viertal CCD matrix camera's met speciale optiek, twee per meettafel 37 en 38, 2 monitoren 32 en 33, achtergrondgeheugen, 10 muis 35 en toetsenbord 34, waarbij dit alles is aangesloten op een krachtige PC/AT computer 36 werkend onder OS2. Eventueel in combinatie met een array processor, doch in ieder geval met een werkgeheugen van 16 MB. Tevens is een optische disk-unit voorzien om als achtergrondgeheugen te dienen. In de meetfase wordt gewerkt met beelden in 8-bits grijswaarden, en er 15 wordt in deze fase géén beeldbewerking toegepast. In een later stadium wordt dit nadrukkelijk wél voorzien.

Nadat de opnamen ter beschikking zijn gekomen, worden deze, per deelblok van ca. 40 à 50 opnamen bemeten. Hiervoor worden diapositieven gebruikt, 20 welke steeds op dezelfde wijze in het uitwerkingsinstrument 31 worden gelegd, twee per keer. Dus begonnen wordt de opnamen 1 en 2 te bemeten, daarna 2 en 3, daarna 3 en 4, enz., enz. Het meten geschiedt door middel van de meettafels 41, welke zodanig kunnen roteren 42 en transleren 43, dat 25 identieke punten welke op de twee foto's voorkomen en welke van belang zijn voor de meting, slechts op één manier, éénduidig dus, onder de CCD meetcamera's 37 kunnen worden geplaatst. In de CCD meetcamera's 37, één per meettafel, bevinden zich de instelmerken, de meetmerken. Per te bemeten foto wordt het betreffende beeld zichtbaar op een apart scherm 32, in 30 zwart/wit. Dit beeld bestrijkt een gebied op de foto van 5 x 5 mm. Eveneens zichtbaar is de afbeelding van het meetmerk 40, op een vaste plaats in het midden van het scherm. Het gaat er nu om het te bemeten punt onder het meetmerk te positioneren.

35 Per meettafel 41 is nog een tweede camera 38 beschikbaar voor de benodigde overzichtsbeelden. Deze beelden bestrijken een gebied van 50 x 50 mm op de foto. De operator zoekt eerst via deze overzichtsbeelden de identieke

5 punten op om vervolgens via overschakeling op de meetcamera's de eigenlijke meting uit te voeren. De lichtweg 44 vanaf de meettafel 41 wordt zowel door de meetcamera 37 als de overzichtscamera 38 gebruikt; scheiding vindt plaats via de halfdoorlatende spiegel 45, waarbij de overzichtscamera via spiegel 46 wordt bereikt. Op het meetscherm kunnen aldoende achtereenvolgens dus vier beelden aangeboden worden:

- overzichtsbeeld foto 1, keuze punt, schakelen;
- meetbeeld foto 1, positie definitief bepalen, schakelen;
- overzichtsbeeld foto 2, schakelen;
- meetbeeld foto 2, schakelen.

10

De schakelingen als het meetbeeld goed staat, betekenen vastlegging van de meting. Dat wil zeggen de tafelposities in (r) en (φ). Zodra er nog een puntcode aan wordt toegevoegd, via een menu, wordt de meting geplaatst in een record.

15

Het aangeven van identieke punten gebeurt via een cursor in het beeld. De cursor wordt geplaatst op het punt waar de tafel naar toe moet lopen, en dat dus onder het meetmerk 40 moet komen. Na overschakelen via het bekrachtigen van de muis 35, loopt de betreffende meettafel zeer snel naar de gewenste plaats. Dit wordt bereikt via transformatie van schermcoördinaten en vergelijking met de uitgelezen actuele tafelpositie, waarna de verschillen worden opgeheven.

20

25 Om in het begin goed en snel de identieke punten te kunnen vinden wordt op het tweede beeldscherm 33 in de meetfase het laatst opgenomen beeld weergegeven waarmee niet gemanipuleerd wordt. Zo kan men tijdens het manipuleren op foto 1, het beeld van foto 2 als referentie gebruiken en omgekeerd. Dit is nodig om het aanmeten van overeenkomstige punten in gecompliceerde beelden vlot te laten verlopen. Het tweede scherm dient dus o.a. om de operator te helpen bij het behouden van overzicht. Wanneer identieke punten worden gezocht (het merendeel van de acties) is steeds het voorlaatste overzichtsbeeld beschikbaar.

30

35 Verder is op het tweede scherm 33 het beeld aanwezig van foto 2 op het moment dat foto 1 wordt verwisseld (op de fotohouder) voor foto 3. Dit is nodig omdat in dat beeld de zgn. triangulatiepunten worden aangegeven. Deze pun-

ten, welke in minstens drie foto's te zien moeten zijn, worden in principe door een rekenprogramma geselecteerd, doch de operator moet wel verifiëren of zij ook inderdaad op opeenvolgende foto's voorkomen. Verder kunnen in dat overgangsbeeld nog andere relevante gegevens worden getoond.

5 Tenslotte heeft het tweede scherm 33 nog een derde functie ten behoeve van het meten. Aan de meting dient immers een code te worden toegevoegd, en dat gebeurt via dit scherm, in combinatie met de muis 35 en een cursor, en in een menuprogramma.

10 De meetprocedure begint in de praktijk met het starten van de apparatuur 30, bijvoorbeeld 's morgens. Daarna volgt een resetprocedure. Deze bestaat daaruit dat het inleggen van de foto's altijd op dezelfde wijze geschiedt. Op de foto's zijn zgn. randmerken zichtbaar welke steeds op overeenkomstige wijze in de fotohouders worden geplaatst. Deze fotohouders nemen op zich

15 bij het begin van een meting ook weer steeds een zelfde positie in op de meettafels 41. Wanneer e.e.a. aldus gepositioneerd is worden de elektronische tellers gereset in de nulpositie. Dit laatste behoeft uiteraard alleen bij het begin van de dagmeting te gebeuren, of zodra er bijvoorbeeld spanningsuitval is geweest.

20

Nadat de resetprocedure is voltooid, wordt er administratieve informatie ingevoerd, waaronder de gegevens van de floppy-disk in slot 47 in de computer 36, uit de opname-auto. Deze gegevens vormen het begin van de records met waarnemingen, records welke per deelblok worden geregistreerd.

25

Vervolgens kan er worden gemeten, waarbij er wordt getracht steeds in één doorgaande beweging te meten, zodat er zo weinig mogelijk tijd verloren gaat. De werkwijze daarbij is zoals hiervoor beschreven, zie ook Figuur 8.

30 Nadat aldus een fotopaar is bemeten, volgt er, na aanbrenge van calibratiecorrecties en omrekening naar ruimtelijke richtingen, een controle op grove fouten in de metingen, eventueel gevolgd door een opdracht tot hermeting van één of meer punten. Deze correcties, berekening en controle betekenen eerste berekeningen met het ruwe waarnemingsmateriaal. Zodra alles in orde

35 is wordt het betreffende record bijgeschreven in de file van het betreffende deelblok, worden tevens voorlopige coördinaten berekend, en mag foto 1 vervangen worden door foto 3 enz., enz.

Aldus kan een heel deelblok worden gemeten. Dit type meting kan zeer snel verlopen; om een punt vast te leggen is niet meer tijd nodig dan ca. 30 à 45 seconden. Nadat een deelblok is afgewerkt, wordt de betreffende file afgesloten met relevante administratieve informatie. Daarna kan een volgend
 5 deelblok worden uitgemeten. Aldus worden de foto's en de informatie van de floppy-disk uit de auto verwerkt tot per deelblok van 40 à 50 opnamen een file waarnemingen van twee sets ruimtelijke richtingen (Σ) en (φ) en de objectcode per punt, zie ook Figuur 9, aangevuld met een file voorlopige coördinaten en de eventuele scheefstand tijdens de opnamen. Dit alles komt beschikbaar via floppy slot 48 van de computer 36.

10

De berekeningen

Met de verzamelde waarnemingen wordt een reeks berekeningen uitgevoerd welke een zeer complex karakter heeft. De oorzaak ligt o.a. in het feit dat
 15 de waarnemingen niet alleen een grootte hebben, maar ook een zgn. standaardafwijking en, wellicht, onderlinge samenhang of correlatie, e.e.a. weergegeven via het zgn. kansmodel. Om het geheel overzichtelijk en praktisch uitvoerbaar te houden is het rekenproces gesplitst in een aantal fasen. Zie hiervoor Figuur 10.

20

Zoals hiervoor al aangegeven vindt een deel van het rekenproces plaats tijdens het meetproces. Het maakt daar eigenlijk deel van uit. Andere metingen en berekeningen vinden zelfs al vóór het meetproces plaats en wel die
 25 metingen en berekeningen die onderdeel zijn van de calibratie van respectievelijk de camera en de meettafels. Voor deze beide processen is software vervaardigd die ten nauwste verbonden is met het huidige meetsysteem 31, en daar dus onderdeel van uit maakt.

De resultaten van de meettafelcalibraties worden per foto aangebracht, indien nodig. Dit geschiedt in de vorm van correcties op de waargenomen
 30 waarden (r) en (φ). Daarmee worden die waarnemingen gecorrigeerd voor instrumentele fouten. Vervolgens worden die gecorrigeerde waarnemingen (r') en (φ') getransformeerd naar het camera-assenstelsel, dat gedefinieerd is volgens een aantal zgn. randmerken en/of reseaukruisen. Tevens worden
 35 nog correcties uitgevoerd voor lensvertekening. De hiervoor benodigde gegevens zijn verzameld via de camera-calibratieprocedure. Daarna vindt omrekening plaats van de aldus gecorrigeerde waarnemingen naar ruimtelijke

890.957

richtingen, per waargenomen punt dus twee waarden (Σ) en (ξ), plus objectcode, enz. Dit alles per foto, als onderdeel van het meetproces, evenals het hierna plaats vindende controleproces op grove fouten.

5 Dit laatste proces is in feite een on-line vereffeningsproces met behulp van de zojuist berekende ruimtelijke richtingen. Dit resulteert in correcties op die richtingen en in de berekening van benaderde coördinaten, na invoering van een schaal. Daarmee zijn dan benaderde coördinaten bekend van de triangulatiepunten en van de opstelplaatsen (centrum van de camera) van
10 waaraf de foto's werden genomen, naast de ruimtelijke richtingen van alle waargenomen punten, dus ook van de zgn. detailpunten. Vervolgens vindt er een vereffening plaats over het gehele deelblok, waarbij de coördinaten van de triangulatie-punten en de opstelplaatsen als onbekenden worden opgelost. Nadat alle richtingen zijn gecorrigeerd kunnen ook de coördinaten van de detailpunten worden bepaald. Met dit proces is dan, na aansluiting van het ge-
15 heel op een nationaal coördinatenstelsel, als het ware een "puntenwolk" in dat stelsel verkregen, met per punt een puntcode daaraan toegevoegd.

Exploitatie

20 De hiervoor bedoelde puntenwolk wordt via een editproces omgezet naar een aantal digitale produkten. Bijvoorbeeld op een tape als drager een zgn. plot-file in een zeker formaat waarmee van een bepaald gebied een zeer gedetailleerde kaart kan worden geploteerd met behulp van een computergestuurde plotter. Een dergelijk bestand wordt dan verkocht tegen een afgesproken prijs
25 per punt op de kaart.

Andere produkten zijn ook denkbaar, nl. die waarbij het driedimensionale karakter wordt benut via bijvoorbeeld driedimensionale kartografische presentaties. Ook dynamische simulaties behoren tot de mogelijkheden, evenals ondersteuning van bedrijven welke luchtfotogrammetrische produkten vervaardigen.
30

De uitvinding betreft een systeem, dat qua toepassing internationaal is, en ook als zodanig kan worden verkocht.

35 Dus naast exploitatie van de uitvinding via eerder genoemde producten, kan ook het systeem zelf worden aangeboden. Hierbij zijn ook varianten mogelijk via huur of leasing. Dit alles bijv. per land of per groep landen.

Conclusies.

1. Werkwijze ten behoeve van de landmeetkunde voor het
bepalen van de coördinaten van detailpunten in het veld,
5 waarbij vanuit meerdere opstelpunten een fotografische
opname wordt gemaakt van de (gehele) horizon of electronisch
wordt gescand, waarbij elk opvolgende opstelpunt zodanig
wordt gekozen, dat elk te bepalen detailpunt op meer dan één
opname voorkomt, zodat een serie van opnamen wordt verkre-
10 gen en dat op elke serie van opnamen meer dan één opname
voorkomt, zodat een serie van opnamen wordt verkregen en dat
op elke serie van opnamen meer dan één detailpunt voorkomt,
waarvan de coördinaten bekend zijn en vervolgens de afstand
en de hoek van de detailpunten op elk gemaakte opname met
15 behulp van meetmiddelen worden bepaald ten opzichte van het
opstelpunt van een gemaakte opname, met het kenmerk,
dat elk diapositief op dezelfde wijze in een uitwerkingsin-
strument worden geplaatst
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk,
20 dat steeds twee aan twee opvolgende opnamens worden ge-
plaatst in het uitwerkingsinstrument welke bestaat uit twee
identieke meettafels.
3. Werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, met
25 het kenmerk, dat elk detailpunt op drie of meer opnamen
voorkomt, waardoor de coördinaten van het detailpunt
driedimensionaal kunnen worden bepaald.
4. Uitwerkingsinstrument toegepast bij een van de werkwijzen
30 volgens een van de voorgaande conclusies, met het
kenmerk, dat elke meettafel voorzien is van twee camera's,
waarbij via een halfdoorlaatbare spiegel, een camera een
overzichtsoopname weergeeft van een deel van de opname en de
35 andere camera een detail van hetzelfde overzichtsgedeelte
weergeeft.

5. Opnameinrichting voor het opnemen van fotografische opnamen volgens een van de voorgaande werkwijzen met het kenmerk, dat de camera is geplaatst op een stabilisatieplatform boen het dak van een voertuig.

5
6. Opnameinrichting volgens conclusie 5 met het kenmerk, dat de opnamen worden gemaakt met behulp van een fisheye type camers, waardoor opnamen worden gemaakt die horizontaal 400 gon (= 360 graden) en vertikaal 120 gon (108 graden).

10

7. Opnameninrichting volgens een van de conclusies 5 of 6, met het kenmerk, dat de opnameinrichting is geplaatst op een stabilisatieplatform, waarvan bij elke ghemaakte opnamen de eventuele afwijking van de juiste stand worden gemeten en vastgelegd.

15

8. Opnameinrichting volgens een van de conclusies 5, 6 of 7, met het kenmerk, dat bij elke opname met behulp van meetinstrumenten de afwijking van de vertikaal van het stabilisatieplatform, de sluitertijd van de camera, de orientatie van het voertuig,, de afgelegde weg en ander gegevens zoals datum, tijd, ritcode, nummer van de opname.

20

25

30

35

8900887

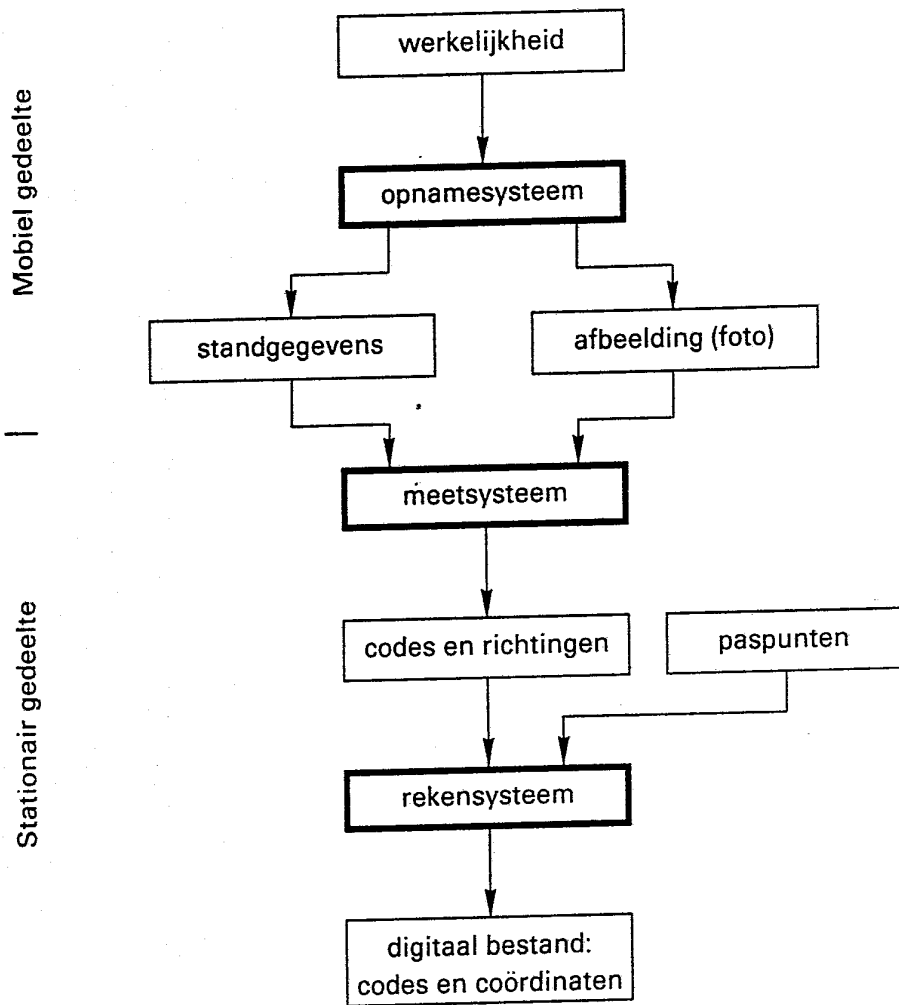
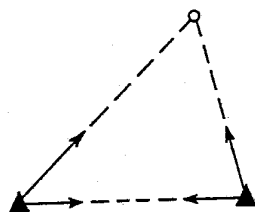


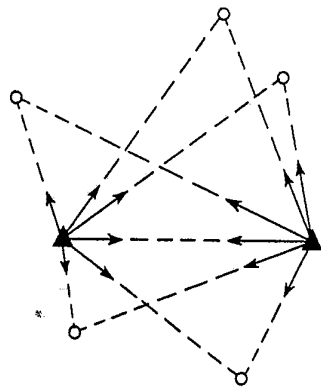
Fig. 1



▲ basispunt, vóóraf in coördinaten bekend
o te bepalen punt

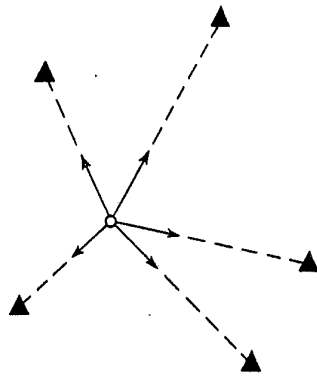
Fig. 2A

89008677



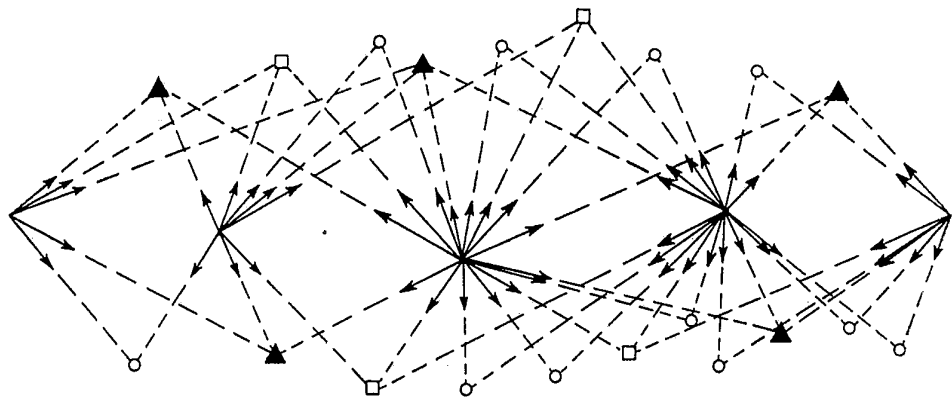
▲ basispunt, vóóraf in coördinaten bekend
○ te bepalen punt

Fig. 2B



▲ basispunt, vóóraf in coördinaten bekend
○ te bepalen punt

Fig. 2C



▲ basispunt, vóóraf in coördinaten bekend
□ triangulatiepunt (evt. detailpunt), via hetwelk coördinaat-overdracht plaatsvindt van opname tot opname
○ detailpunt in coördinaten te bepalen
✕ standplaats opname-instrument, hoeft vóóraf niet bekend te zijn en wordt alleen tijdens het rekenproces bepaald

Fig. 2D

8900867.

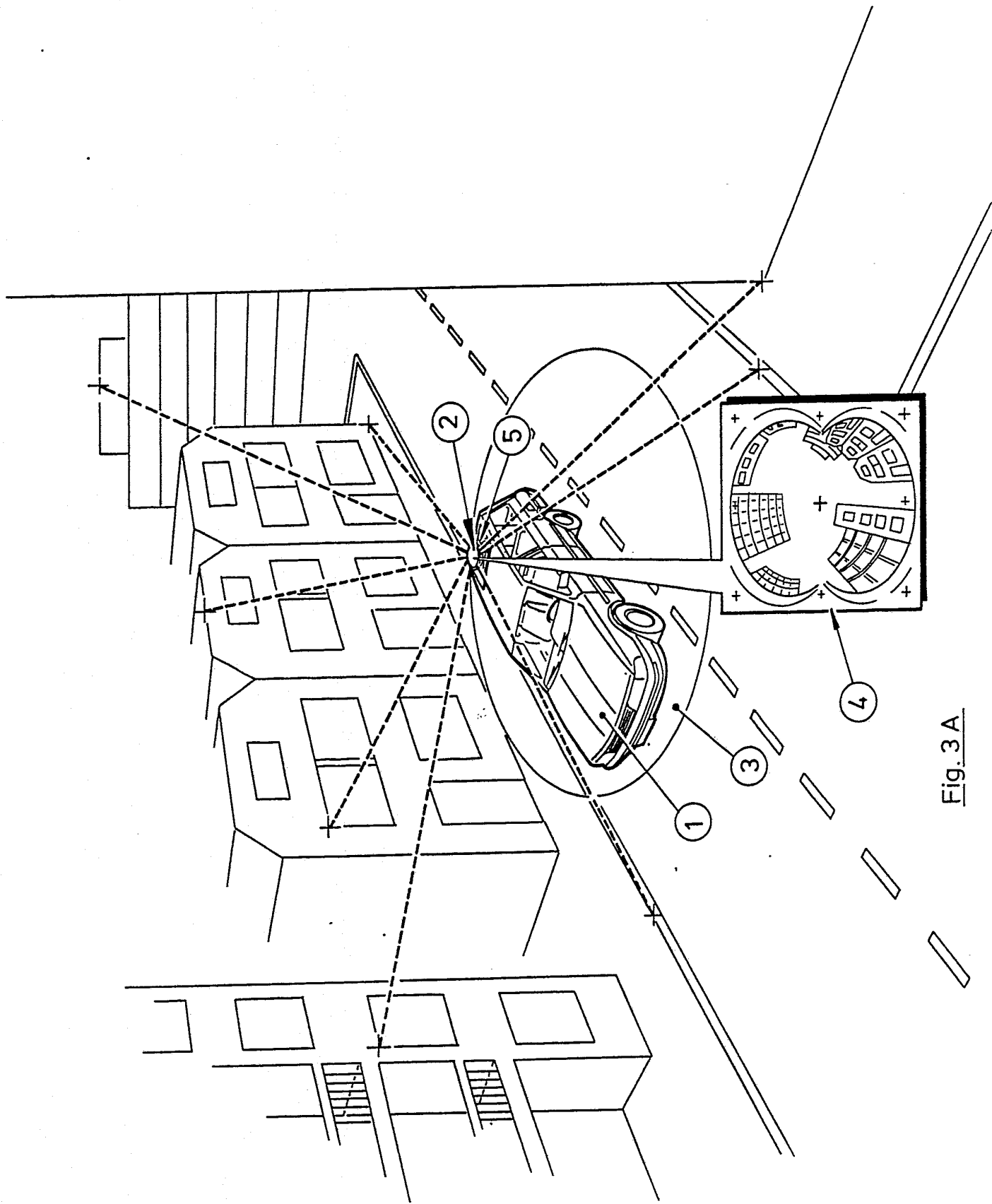


Fig. 3A

8900867.

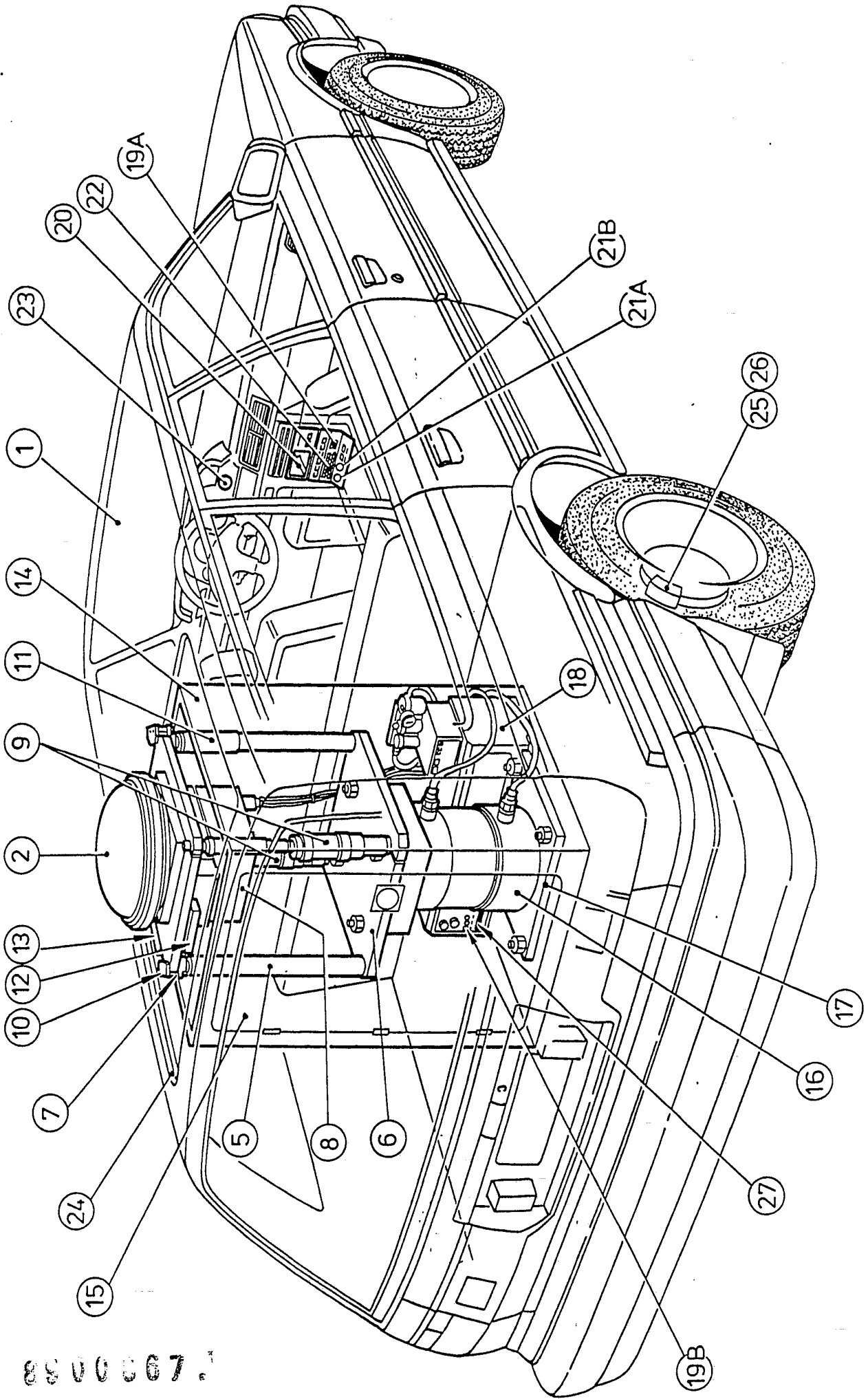


Fig. 3 B

88 00 007

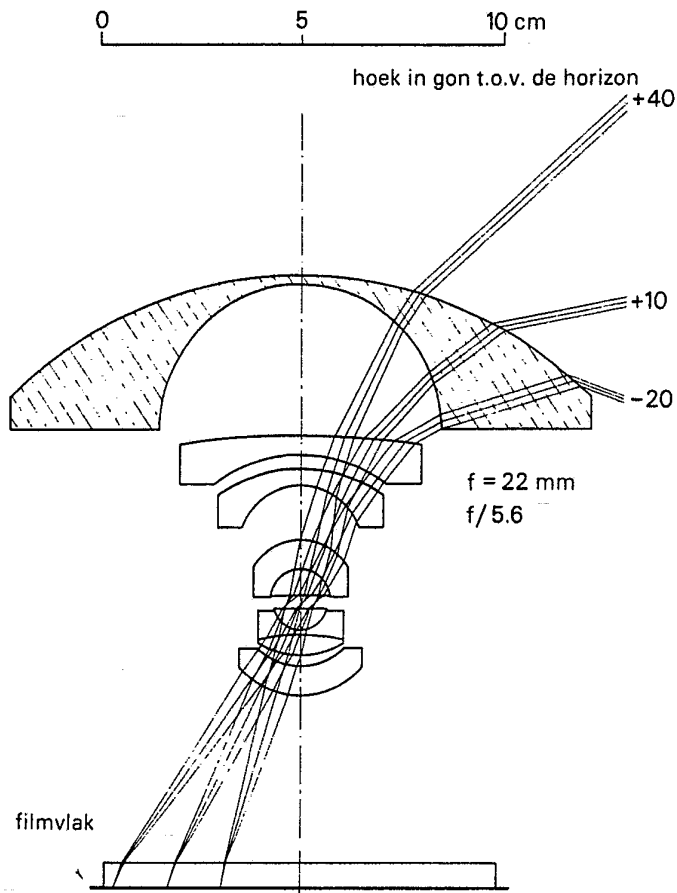


Fig. 4

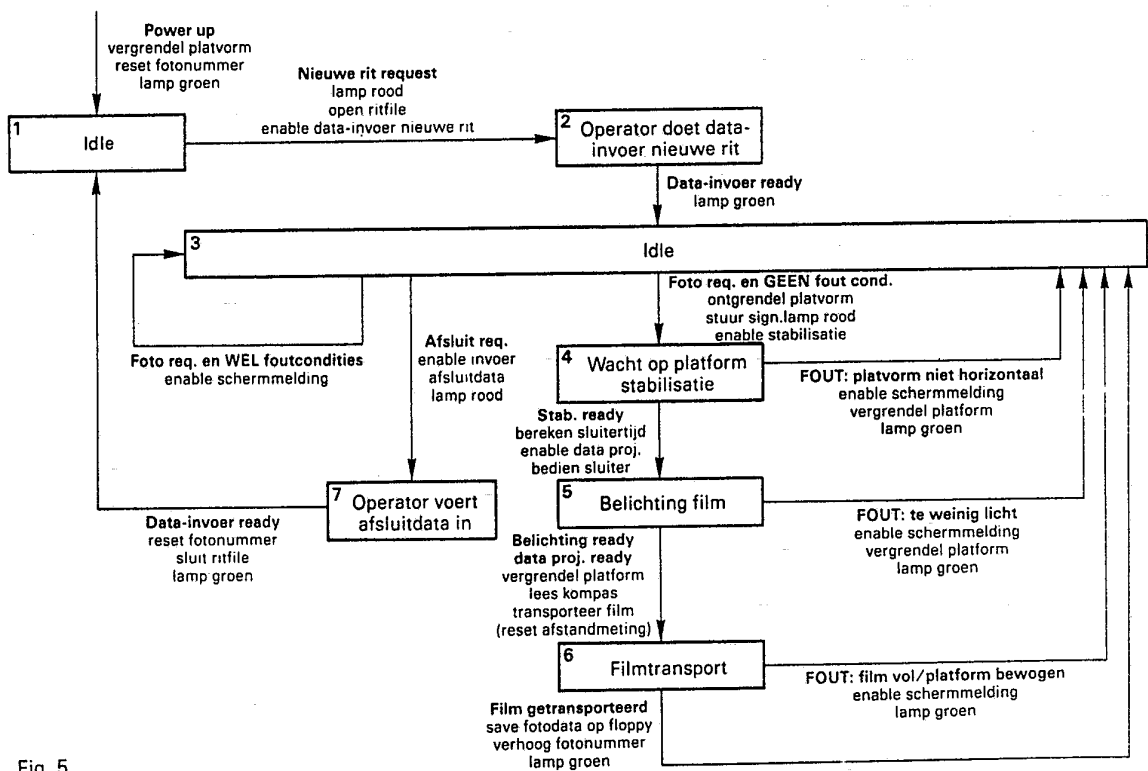


Fig. 5

8900067.1

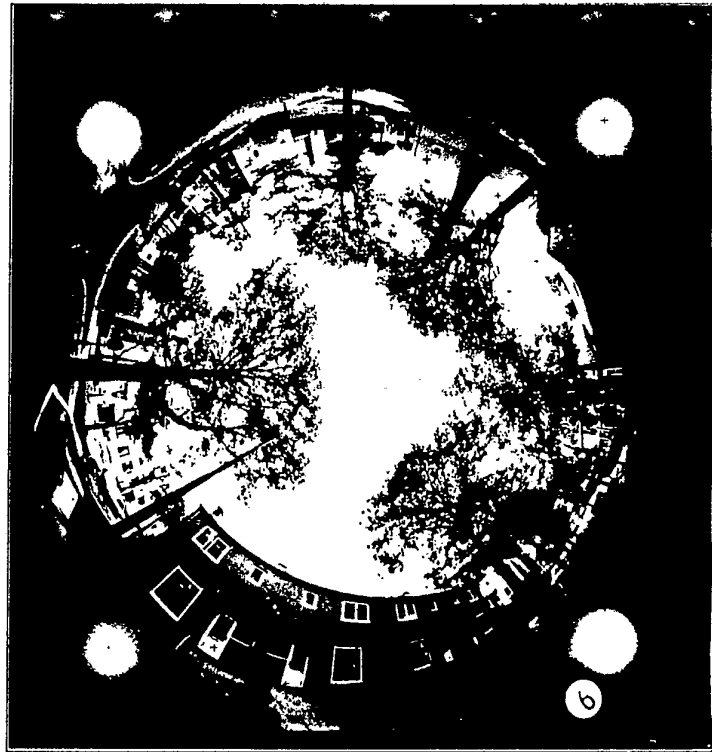


Fig. 6A

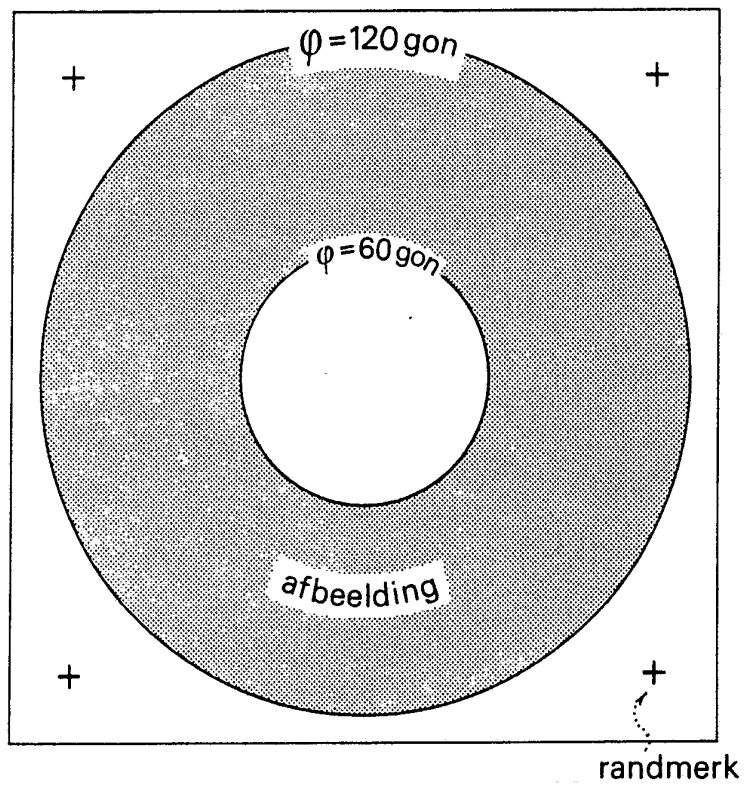


Fig. 6B

89000077

89 00007 . 4

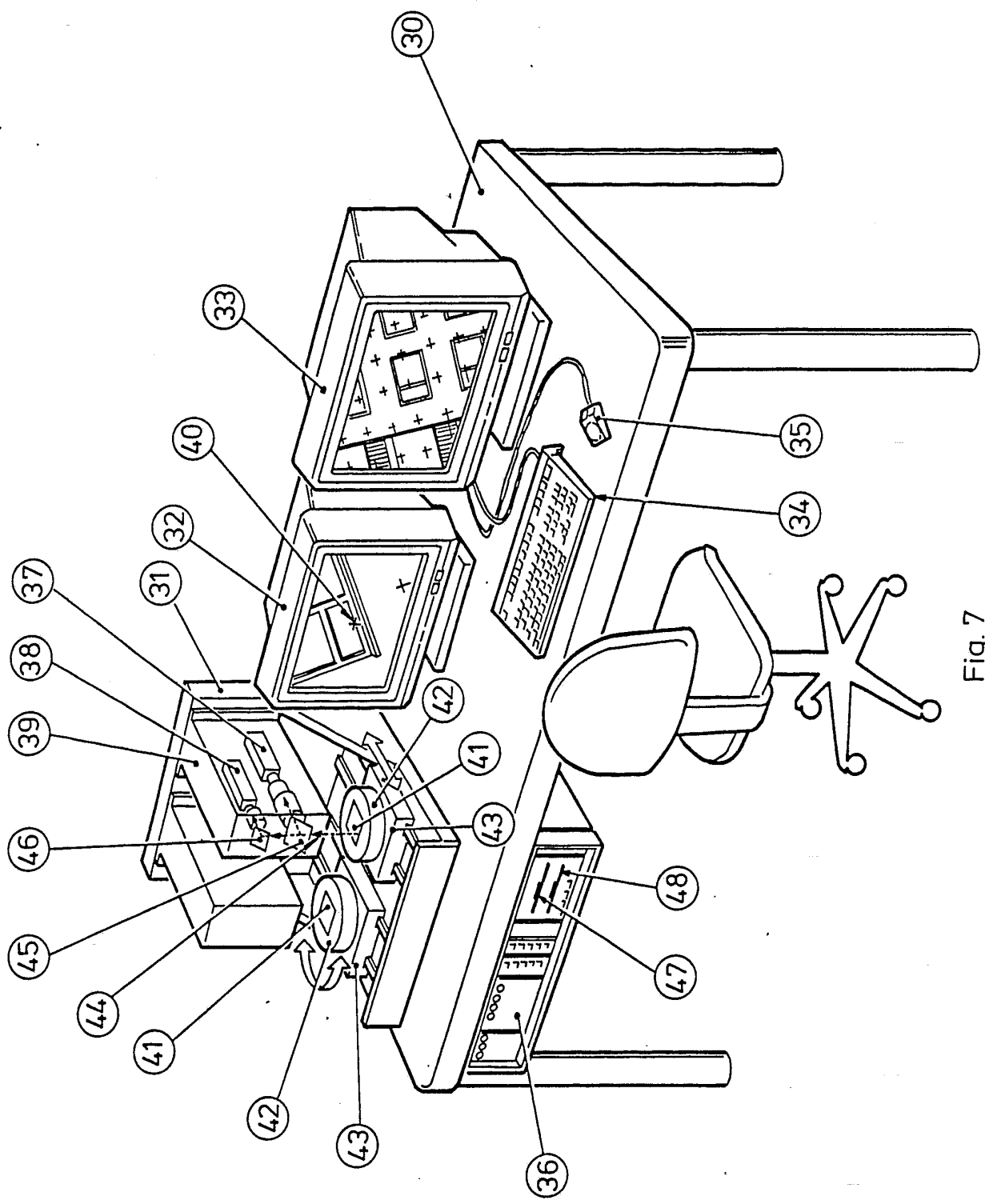


Fig. 7

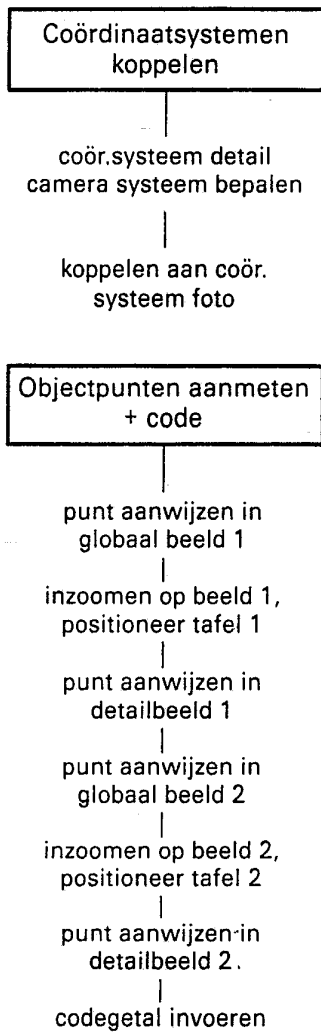


Fig. 8

Recordnummer	Puntcode	Top. code	Idealisatiecode	Metingen					
				Fotonr. 1	r1	$\varphi 1$	Fotonr. 2	r2	$\varphi 2$

Fig. 9

8900507.

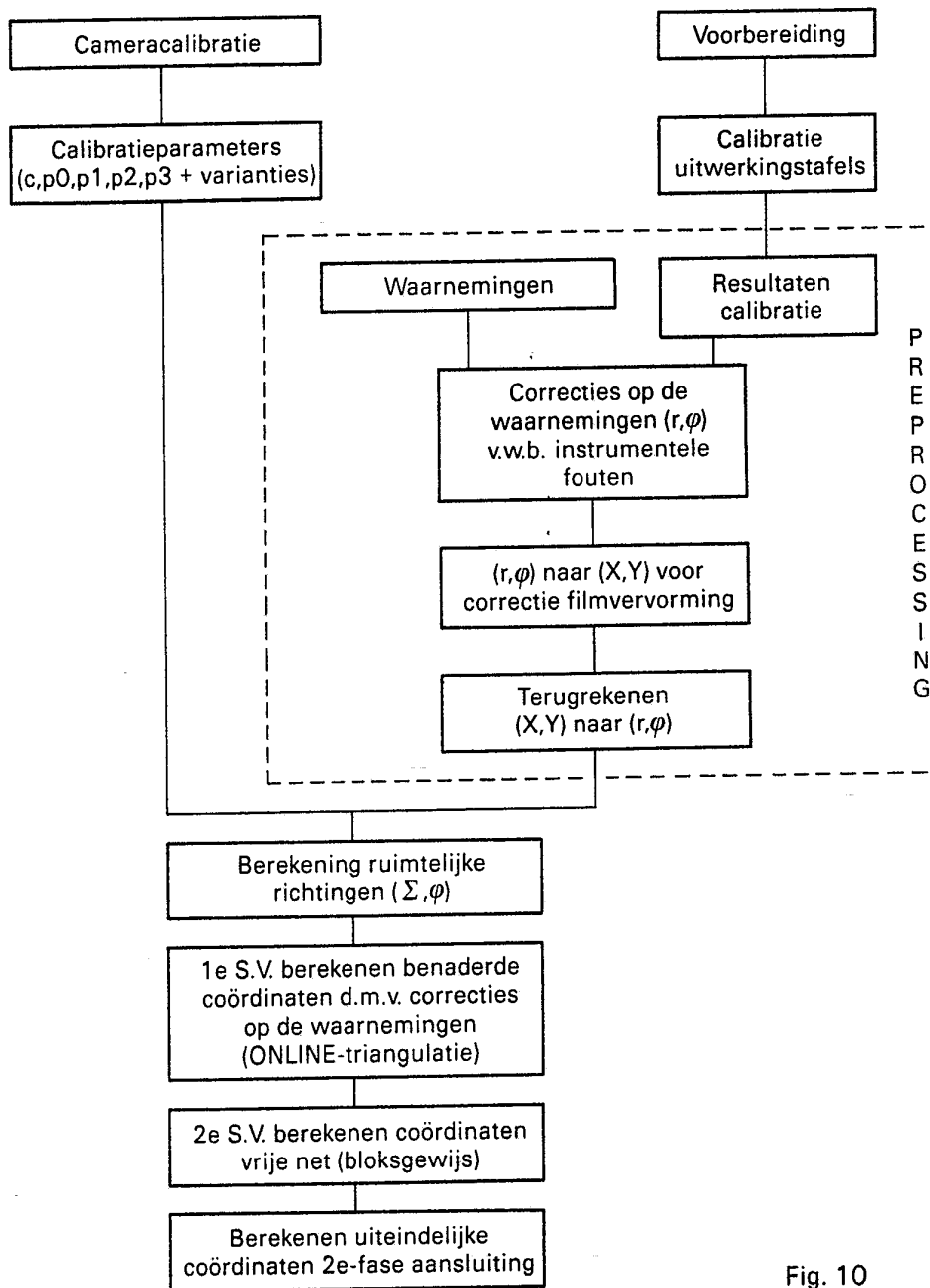


Fig. 10

89 00 867.4