

Automatische bepaling van geometrie- oplossingen van Argusbeelden

Validatie van Autogeom en toelichting op gebruik

**T. van Kessel,
S.G.J. Aarninkhof**

mei 2001

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Doelstelling	1
3 Handmatige oplossingen	2
4 Automatische oplossingen	3
4.1 Berekening met standaardinstellingen	3
4.2 Gevoeligheidsonderzoek	4
5 Validatie autogeom met Noordwijkbeelden	8
5.1 Inleiding	8
5.2 Doelstelling	8
5.3 Werkwijze	8
5.4 Resultaten	9
6 Conclusies en aanbevelingen	10

I Inleiding

In Van Kessel en Aarninkhof (2000) wordt de werking van **autogeom** beschreven. Dit is een softwareroutine geprogrammeerd in Matlab die functioneert binnen de Argus werkomgeving. De routine is ontwikkeld om het creëren van nieuwe geometrie-oplossingen minder arbeidsintensief te maken. Geometrie-oplossingen dienen ervoor om de Argus videobeelden te kunnen ontschranken, dat wil zeggen afbeelden op een plat vlak.

In het kader van de VOP-activiteiten in het jaar 2001 (zie Van Rijn en Dunsbergen, 2001) is de **autogeom**-routine gecalibreerd aan de hand van videobeelden van het station Jan van Speijk in de periode juni 2000 tot april 2001. Vervolgens is de **autogeom**-routine gevalideerd aan de hand van videobeelden van het station Noordwijk in de periode november 1995 tot september 1998. Dit verslag geeft een overzicht van de hieruit voortvloeiende bevindingen. De werkzaamheden zijn uitgevoerd in opdracht van RIKZ, binnen het kader van overeenkomst RKZ-998. De werkzaamheden maken deel uit van het onderzoeksprogramma KUST*2005, PROJEKT K2005*kustzone.

Het document is als volgt opgebouwd. Eerst wordt de doelstelling van het onderzoek nader gepreciseerd. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de handmatige oplossingen die in de periode juni 2000 tot april 2001 zijn gemaakt voor het camerastation Egmond Jan van Speijk. Deze oplossingen zijn enerzijds aangemaakt ter completering van het Argus geometrie-databestand en kunnen derhalve als een losstaande activiteit worden beschouwd. Anderzijds zijn deze oplossingen noodzakelijk ter vergelijking en validatie van de automatisch met **autogeom** aangemaakte oplossingen en zijn daarmee sterk verweven met de kernactiviteit van dit onderzoek. Deze vergelijking is onderdeel van §4.1 van dit rapport. Hieruit volgt dat om de toepasbaarheid van **autogeom** te verbeteren een aanpassing van het programma aanbevelenswaardig is. Deze aanpassing en de resultaten hiervan worden besproken in §4.2. Hierin komt ook gevoeligheidsonderzoek aan bod om de optimale parameterinstellingen te bepalen. Gebruik makend van deze parameterinstellingen is **autogeom** gevalideerd met behulp van videobeelden van de locatie Noordwijk. Het rapport wordt afgesloten met een aantal conclusies en aanbevelingen.

2 Doelstelling

De doelstelling van het onderhavige onderzoek om **autogeom** te valideren door de bepalen wat de nauwkeurigheid van de automatische oplossingen is in relatie tot de handmatige oplossingen. Op basis hiervan wordt bepaald hoe **autogeom** optimaal kan worden ingebed in de standaard Argus werkomgeving. De calibratie wordt uitgevoerd voor de periode juni 2000 - april 2001 voor het station Jan van Speijk, de validatie voor de periode november 1995 tot september 1998 voor het station Noordwijk.

3 Handmatige oplossingen

Bij het bepalen van de handmatige geometrie-oplossingen, is eerst gebruik gemaakt van **autogeom** om te bepalen op welke data significante beeldverschuivingen optreden. Op deze data zijn nieuwe oplossingen bepaald, later ook op andere data indien dit noodzakelijk werd geacht.

Een overzicht van de handmatige geometrie-oplossingen wordt gegeven in Tabel 1. De meeste hiervan zijn bepaald omdat dit nodig was gezien het voorkomen van beeldverschuivingen. De oplossingen van 28 juni, 21 juli, 25 augustus en 14 september zijn voornamelijk bepaald ten behoeve van het gevoeligheidsonderzoek van **autogeom**: op deze data is een onafhankelijke vergelijking gemaakt tussen handmatige en automatische oplossingen. Deze data zijn gekozen op basis van de eerste resultaten van **autogeom**. Hieruit bleek dat —bij de gekozen parameterinstellingen, zie §4.1— de kans groot is dat **autogeom** nieuwe oplossingen genereert in de periodes tussen 6 juni (handmatige oplossing aan het begin van de gekozen periode) en 28 juni, 28 juni en 21 juli, 21 juli en 11 augustus (handmatige oplossing na grote beeldverschuiving) en 11 augustus en 14 september.

no.	dag	maand	dag	tijd	jaar	cam.	no.	dag	maand	dag	tijd	jaar	cam.
1	Thu	Nov	04	14:21:14	1999	c1	37	Tue	Oct	03	10:20:30	2000	c1
2	Tue	Jun	06	08:00:08	2000	c4	38	Tue	Oct	03	11:20:32	2000	c2
3	Tue	Jun	06	09:00:10	2000	c5	39	Mon	Oct	09	11:00:08	2000	c4
4	Tue	Jun	06	08:10:46	2000	c3	40	Mon	Oct	09	11:00:11	2000	c5
5	Tue	Jun	06	09:21:15	2000	c1	41	Mon	Oct	09	11:10:22	2000	c3
6	Tue	Jun	06	09:21:18	2000	c2	42	Mon	Oct	09	11:20:29	2000	c1
7	Sat	Jun	10	11:21:19	2000	c2	43	Mon	Oct	09	11:20:32	2000	c2
8	Wed	Jun	28	06:00:07	2000	c4	44	Sat	Nov	18	11:00:07	2000	c4
9	Wed	Jun	28	07:00:10	2000	c5	45	Wed	Nov	15	10:20:29	2000	c1
10	Wed	Jun	28	05:10:46	2000	c3	46	Tue	Nov	14	13:20:32	2000	c2
11	Wed	Jun	28	06:21:16	2000	c1	47	Tue	Nov	14	13:00:08	2000	c4
12	Wed	Jun	28	05:21:20	2000	c2	48	Tue	Nov	14	13:10:22	2000	c3
13	Wed	Jul	19	06:00:08	2000	c4	49	Fri	Dec	01	11:00:07	2000	c4
14	Fri	Jul	21	04:00:10	2000	c5	50	Fri	Dec	01	11:00:10	2000	c5
15	Fri	Jul	21	15:10:45	2000	c3	51	Thu	Dec	14	11:20:29	2000	c1
16	Fri	Jul	21	15:21:16	2000	c1	52	Thu	Dec	21	10:00:10	2000	c5
17	Fri	Jul	21	14:21:19	2000	c2	53	Wed	Dec	20	11:20:32	2000	c2
18	Tue	Aug	01	06:21:16	2000	c1	54	Thu	Jan	11	11:20:29	2001	c1
19	Fri	Aug	11	10:00:07	2000	c4	55	Thu	Jan	11	11:20:32	2001	c2
20	Fri	Aug	11	11:00:10	2000	c5	56	Thu	Jan	11	11:00:07	2001	c4
21	Fri	Aug	11	10:10:22	2000	c3	57	Thu	Jan	11	11:00:10	2001	c5
22	Fri	Aug	11	11:20:29	2000	c1	58	Thu	Jan	11	11:10:22	2001	c3
23	Fri	Aug	11	11:20:32	2000	c2	59	Fri	Jan	26	11:20:31	2001	c2
24	Fri	Aug	25	06:00:08	2000	c4	60	Sun	Jan	28	13:20:29	2001	c1
25	Fri	Aug	25	08:00:10	2000	c5	61	Thu	Feb	01	15:00:10	2001	c5
26	Fri	Aug	25	07:10:22	2000	c3	62	Thu	Feb	01	11:00:07	2001	c4
27	Fri	Aug	25	06:20:29	2000	c1	63	Thu	Feb	01	15:20:29	2001	c1
28	Fri	Aug	25	08:20:32	2000	c2	64	Thu	Feb	01	11:20:32	2001	c2
29	Thu	Sep	14	08:00:08	2000	c4	65	Thu	Feb	01	11:10:21	2001	c3
30	Thu	Sep	14	10:00:11	2000	c5	66	Wed	Feb	07	11:00:10	2001	c5
31	Thu	Sep	14	08:10:22	2000	c3	67	Wed	Feb	21	14:00:11	2001	c5
32	Thu	Sep	14	10:20:29	2000	c1	68	Mon	Apr	02	17:00:11	2001	c5
33	Thu	Sep	14	08:20:32	2000	c2	69	Mon	Apr	02	10:00:07	2001	c4
34	Tue	Oct	03	11:00:07	2000	c4	70	Mon	Apr	02	14:10:22	2001	c3
35	Tue	Oct	03	11:00:10	2000	c5	71	Mon	Apr	02	17:20:29	2001	c1
36	Tue	Oct	03	11:10:22	2000	c3	72	Mon	Apr	02	15:20:32	2001	c2

Tabel 1: overzicht van handmatig bepaalde geometrie-oplossingen voor locatie Jan van Speijk

De periode juni 2000 tot april 2001 voor locatie Jan van Speijk is een in meerdere opzichten lastige periode:

1. o.a. door blikseminslag is zijn de beelden niet beschikbaar in de periode 15 t/m 22 oktober 2000. Hierdoor is ook de splitter defect geraakt en zijn de beelden van een enkele camera opgeslagen als die van alle camera's;
2. de belichting van de camera's heeft niet altijd optimaal gefunctioneerd waardoor beelden soms sterk overbelicht zijn;
3. met name voor camera c1 zijn er sterke veranderingen in de fysieke realiteit waar te nemen (sloop huis, herbestrating boulevard). Hierdoor zijn een aantal 'ground control points' onbruikbaar geworden. Het verdient de aanbeveling om nieuwe ground control points in te meten zodra de bouwactiviteiten op deze locatie zijn afgerond.

4 Automatische oplossingen

4.1 Berekening met standaardinstellingen

Als eerste actie is **autogeom** gedraaid voor de periode juni 200 tot april 2001, locatie Jan van Speijk. Een vergelijking is gemaakt met de handmatige oplossingen. Dit is gebeurd op de willekeurig gekozen data 25 augustus 2000 en 12 maart 2001.

De toegepaste (standaard)instellingen zijn:

userframe = 0; referentiekaders door de gebruiker gedefinieerd (1=ja)
nframe = 3; aantal referentiekaders
maxshift = 15; maximaal te detecteren beeldverschuiving (in pixels)
pmax = 0.9; beeldverschuiving waarbij een nieuwe geometrie-oplossing wordt bepaald
Covmin = 0.60; minimale covariantie waarbeneden een nieuwe oplossing wordt verworpen
nscale = 1; subpixel resolutie (advies:niet groter dan 5)

Deze instellingen betekenen in woorden het volgende. Uit een databestand wordt automatisch een drietal referentiekaders gekozen. Voor dag- en nachtbeelden zijn dit overigens verschillende kaders, rekening houdende met de op dat moment zichtbare specifieke beeldkenmerken. De zoekruimte voor beeldverschuivingen bedraagt 15 pixels. Dit wil zeggen dat een nog grotere beeldverschuiving niet door **autogeom** gedetecteerd kan worden. Indien de berekende verschuiving tenminste 0.9 pixel bedraagt, wordt in principe een nieuwe geometrie-oplossing berekend. Een aanvullende voorwaarde hiervoor is wel dat de covariantie tussen de referentie- en doelbeeldkaders in het optimum tenminste een waarde van 0.6 heeft. De subpixelresolutie is hierbij uitgeschakeld: beeldverschuivingen worden in stappen van gehele pixels gedetecteerd.

Uit deze berekeningen volgt dat **autogeom** in circa 50% van de gevallen met een voldoende betrouwbare oplossing komt. Een betrouwbare oplossing is een oplossing waarbij de uit de geometrie-oplossing berekende ligging van de 'ground control points' (gcp) goed

overeenkomt met de werkelijke ligging zoals visueel waargenomen. Dit criterium is gelijk voor handmatige en automatische geometrie-oplossingen. Een afwijking groter dan enkele pixels is significant en daarom onacceptabel (Van Enkevort, 2001). Door de meetkundige dienst van RWS wordt momenteel aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de nauwkeurigheid van geometrie-oplossingen (Hoogewoning, 2001).

In de afbeeldingen in Bijlage A wordt voor camera c3 een voorbeeld getoond van een succesvolle (op 25 augustus 2000) en een niet-succesvolle (op 12 maart 2001) automatische geometrie-bepaling. De op dat moment geldige handmatige oplossingen worden ook getoond. Doordat geen horizon-informatie wordt verwerkt, wordt dit deel van de afbeelding niet geoptimaliseerd en komt de horizon in een aantal gevallen te hoog, te laag of scheef te liggen. Dit is met name het geval op 12 maart 2001; op 25 augustus 2000 is de prestatie van **autogeom** aanzienlijk beter. De overige beelden (in totaal 2 dagen \times 2 tijdstippen (dag/nacht) \times 5 camera-posities = 20 beelden) worden niet getoond in Bijlage A. Ze laten een vergelijkbaar beeld zien.

Voor camera JVS c3 kan op basis van dagbeelden moeilijk een oplossing worden bepaald, aangezien de onderscheidbaarheid in kustlangse richting gering is. Er zijn nauwelijks vaste, duidelijk onderscheidbare beeldelementen. Dit betekent dat de azimuth slecht bepaald kan worden.

Op basis van voornoemde resultaten is besloten om **autogeom** aan te passen. Het is nu ook mogelijk om gebruik te maken van alle handmatige oplossingen die in een bepaalde periode beschikbaar zijn in plaats van slechts de eerste oplossing. Hierdoor wordt voorkomen dat **autogeom** onderweg ‘de draad kwijtraakt’. De routine wordt in dit geval gebruikt om kleinere verschuivingen te detecteren tussen grotere handmatig bepaalde sprongen (die overigens uitstekend door **autogeom** kunnen worden gesignaleerd). De aangepaste **autogeom**-routine noemen we in het vervolg ‘update’.

4.2 Gevoeligheidsonderzoek

Na de berekeningen met de standaard-instellingen is een gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd naar de optimale parameter-instellingen. Dit onderzoek is tegelijkertijd aangegrepen om de effectiviteit van de **autogeom**-aanpassing te bepalen, waarbij indien beschikbaar handmatige oplossingen worden gebruikt voor het verversen van het referentiebeeld.

De gevarieerde parameters zijn: **GMThr** (zowel dag- als nachtbeelden), **pmax**, **Covmin**, **nscale**, **stdmax** en **fixFOV**. De betekenis van de parameters **pmax**, **Covmin** en **nscale** is in §4.1 besproken. De parameter **stdmax** is van belang voor het criterium dat bepaalt of de berekende pixelverschuiving wel voldoende consistent is. Indien de standaarddeviatie van de verschuiving van de verschillende beeldkaders groter is dan **stdmax**, wordt de verschuiving als onbetrouwbaar aangemerkt en wordt geen nieuwe geometrie-oplossing bepaald. De parameter **fixFOV** geeft aan of het blikveld, de ‘field of view’ al dan niet constant wordt verondersteld tijdens het bepalen van een nieuwe geometrie-oplossing. Gezien de eigenschappen van de toegepaste optiek is de aanname van een constant blikveld gerechtvaardigd, toch is deze in een enkele berekening toch toegestaan om te variëren.

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van alle berekeningen. In totaal zijn er 34 berekeningen uitgevoerd. In elke berekening worden alle vijf cameraposities geanalyseerd. De gekozen periode loopt van 6 juni 2000 tot 1 oktober 2000. De locatie is Jan van Speijk.

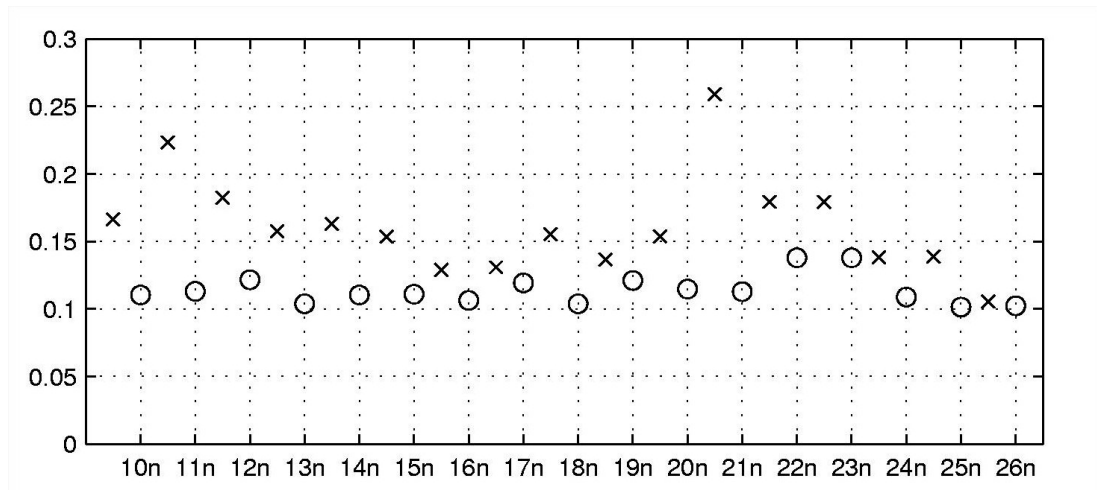
runID	GMThr	pmax	Covmin	nscale	stdmax	fixFOV	runID	GMThr	pmax	Covmin	nscale	stdmax	fixFOV
Run10n	00	0.9	0.6	2	2	1	Run10d	11	0.9	0.6	2	2	1
Run11n	00	0.9	0.6	2	2	0	Run11d	11	0.9	0.6	2	2	0
Run12n	00	0.4	0.6	2	2	1	Run12d	11	0.4	0.6	2	2	1
Run13n	00	1.4	0.6	2	2	1	Run13d	11	1.4	0.6	2	2	1
Run14n	00	0.9	0.5	2	2	1	Run14d	11	0.9	0.5	2	2	1
Run15n	00	0.9	0.7	2	2	1	Run15d	11	0.9	0.7	2	2	1
Run16n	00	0.9	0.8	2	2	1	Run16d	11	0.9	0.8	2	2	1
Run17n	00	0.9	0.6	1	2	1	Run17d	11	0.9	0.6	1	2	1
Run18n	00	0.9	0.6	4	2	1	Run18d	11	0.9	0.6	4	2	1
Run19n	00	0.9	0.6	2	1.0	1	Run19d	11	0.9	0.6	2	1.0	1
Run20n	00	0.9	0.6	2	1.5	1	Run20d	11	0.9	0.6	2	1.5	1
Run21n	00	0.9	0.6	2	3.0	1	Run21d	11	0.9	0.6	2	3.0	1
Run22n	00	0.4	0.5	1	3	1	Run22d	11	0.4	0.5	1	3	1
Run23n	00	0.25	0.5	1	3	1	Run23d	11	0.25	0.5	1	3	1
Run24n	00	0.4	0.8	1	3	1	Run24d	11	0.4	0.8	1	3	1
Run25n	00	0.4	0.8	4	3	1	Run25d	11	0.4	0.8	4	3	1
Run26n	00	0.4	0.9	4	3	1	Run26d	11	0.4	0.9	4	3	1

Tabel 2: overzicht van uitgevoerde gevoeligheidsberekeningen

De kwaliteit van een nieuwe automatische oplossing met behulp van **autogeom** is bepaald door een vergelijking te maken met de handmatige oplossing geldig op hetzelfde tijdstip. Dit is enerzijds visueel gebeurd, anderzijds numeriek door de standaarddeviatie te bepalen van het verschil tussen de automatische en handmatige oplossingen voor de parameters *tilt*, *roll*, *azimuth* en *field of view*. Een geringe standaarddeviatie is een indicatie voor een goede oplossing.

Resultaten worden getoond in Figuur 1. Hierin staat voor alle uitgevoerde berekeningen de standaarddeviatie uitgezet van de voornoemde parameters. Per berekening zijn deze gebaseerd op het gemiddelde over vijf cameraposities en vier aselect gekozen dagen (28 juni, 21 juli, 29 augustus en 14 september). Bij de interpretatie van Figuur 1 moet rekening worden gehouden met de nauwkeurigheid van de Argustechniek, die circa 0.1° bedraagt. Een fout van deze orde van grootte is derhalve niet significant.

Uit Figuur 1 blijkt dat de automatische oplossingen gebaseerd op nachtbeelden in alle gevallen beter zijn (=sterker gelijkend op de handmatige oplossingen) dan de oplossingen gebaseerd op dagbeelden. De gevoeligheid voor de parameterinstellingen is gering; voor oplossingen op basis van nachtbeelden geldt dit sterker dan die op basis van dagbeelden. Daarom verdient het de aanbeveling om, indien voldoende verlichtingspunten in beeld aanwezig zijn (tenminste 3), **autogeom** op basis van nachtbeelden toe te passen. De gekozen parameter-instellingen zijn, mits binnen redelijke grenzen, van secundair belang. Daarom wordt het weinig zinvol geacht om voor nachtbeelden andere standaard-instellingen te hanteren dan voor dagbeelden.



Figuur 1: resultaten gevoeligheidsonderzoek; x = dagbeelden; o = nachtbeelden; x-as = runid; y-as = standaarddeviatie van het verschil tussen de automatische en handmatige oplossingen voor de parameters tilt, roll, azimuth en field of view.

Uit Figuur 1 blijkt dat voor de dagbeelden runs 16, 17 en 26 goed presteren, terwijl runs 11 en 21 het slecht doen. Derhalve is het niet aan te raden om variaties in het blikveld toe te staan, noch nieuwe geometrie-oplossingen te maken bij een grote afwijking in de mate van verschuiving tussen de verschillende beeldelementen bij een gelijkblijvende, soepele instelling voor de minimale covariantie (0.6). Run 26, waarbij de *Covmin* is opgevoerd tot 0.9 bij een geringere minimale pixelverschuiving en een hogere subpixelresolutie, presteert met name voor de dagbeelden relatief goed. Runs 13n, 16n, 18n, 19n en 13d zijn buiten beschouwing gelaten, omdat hiervoor in minder dan 75% van de gevallen een vergelijking tussen automatisch en handmatig bepaalde oplossingen mogelijk was bij gebrek aan voldoende automatische oplossingen. Dit wordt door de parameter-instellingen veroorzaakt.

De aanpassing van *autogeom*, waarbij in de nieuwe versie het referentiebeeld ververst wordt indien een handmatige oplossing aanwezig is, zorgt ervoor dat geen enkele automatische oplossing ver verwijderd is van de correcte oplossing. Op dit punt is de aanpassing succesvol te noemen.

In de Figuren 2 en 3 worden de met *autogeom* bepaalde oplossingen getoond voor alle vijf camerapositions van Jan van Speijk voor de data 28 juni en 14 september 2001. Hieruit blijkt dat alle oplossingen voldoende nauwkeurig zijn, *i.e.* de afwijking tussen de berekende en visueel waargenomen posities van de gcp's is voldoende klein (zie ook §4.1). Figuur 4 toont (alleen voor camera c2) de dan geldige handmatige oplossing. De automatisch bepaalde oplossing verdient de voorkeur boven de handmatig bepaalde, aangezien de GCP's beter worden weergegeven. Dit illustreert de meerwaarde van *autogeom* naast de handmatig bepaalde oplossingen. Op zichzelf is een automatisch bepaalde oplossing niet nauwkeuriger dan een handmatig bepaalde oplossing, maar omdat de eerstgenoemde oplossingen gewoonlijk met een hogere frequentie worden bepaald, is de op een bepaald tijdstip geldige oplossing gemiddeld recenter en, indien tussen de beelddatum waarop de handmatige oplossing is gebaseerd en het beschouwde tijdstip een beeldverschuiving is opgetreden, ook nauwkeuriger.



Figuur 2: automatisch bepaalde geometrie-oplossingen voor 28 juni 2000. Camera's c1 t/m c5, Jan van Speijk. Run 16d



Figuur 3: automatisch bepaalde geometrie-oplossingen voor 14 september 2000. Camera's c1 t/m c5, Jan van Speijk. Run 16d



Figuur 4: handmatig bepaalde geometrie-oplossing voor 14 september 2000 (gebaseerd op een beeld van 11 augustus 2000). Camera c2, Jan van Speijk.

5 Validatie autogeom met Noordwijkbeelden

5.1 Inleiding

Ter validatie is het programma **autogeom** gebruikt om van het Argusstation Noordwijk de geometrie-oplossingen te bepalen in de periode 1 november 1995 tot 15 september 1998 voor de camera's c1 en c2, de enige twee die in deze periode operationeel waren. Het betreft hier nog zwart-witbeelden. Na de genoemde periode is het station opgewaardeerd, waarbij het tweetal zwart-witcamera's is vervangen door een vijftal kleurencamera's. Overigens maakt de correlatietechniek van **autogeom** alleen gebruik van de grijswaarden van pixels, zodat de nauwkeurigheid voor kleuren- en zwart-witbeelden identiek is.

5.2 Doelstelling

Dit onderdeel heeft een dubbele doelstelling:

1. het genereren van een optimale set geometrie-oplossingen voor het Argusstation Noordwijk in de periode 1 november 1995 tot 15 september 1998.
2. het evalueren van het nut en de betrouwbaarheid van het programma **autogeom**.

5.3 Werkwijze

De instellingen van het programma **autogeom** zijn ongewijzigd ten opzichte van de vorige toepassing (§4): voor de 'original' routine zijn de standaardinstellingen overgenomen (§4.1), terwijl voor de 'update' routine de instellingen behorende bij run 17 zijn gebruikt (Tabel 2). Run 17 geeft namelijk zowel voor de dag- als nachtbeelden bevredigende resultaten. In Tabel 3 zijn de parameterinstellingen samengevat. Voor een uitleg van de parameters wordt verwezen naar de **autogeom**-gebruikershandleiding (Van Kessel en Aarninkhof, 2000). Zowel dag- als nachtbeelden zijn gebruikt (respectievelijk GMThr 10 en 22) voor de camera's c1 en c2 in de periode 1 november 1995 tot 15 september 1998 voor de locatie Noordwijk. Het verschil tussen de 'original' en 'update' versie van **autogeom** bestaat uit het al dan niet gebruik maken van al bestaande handmatige oplossingen. In de versie 'original' wordt alleen voor het allereerste beeld gebruik gemaakt van een handmatige oplossing (die dus wel moet bestaan!). In de versie 'update' wordt, lopende door de beeldreeks, de dan geldige automatisch bepaalde geometrie-oplossing vervangen door een handmatige indien deze beschikbaar is.

parameter	original	update
siteID	nordzee1	idem
camID	c1/c2	idem
startdate	19951101	idem
enddate	19980915	idem
imgdate	19951101	idem
GMThr	10/22	idem
maxshift	15	8
pmax	0.9	idem
Covmin	0.60	0.7
nscale	1	2
stdmax	2	idem

Tabel 3: Instellingen van autogeom; 'original' = zonder gebruik te maken van al bestaande geometrie-oplossingen; 'update' = gebruik makend van al bestaande geometrie-oplossingen.

5.4 Resultaten

De resultaten verkregen met autogeom worden getoond in Fig. B.1–B.8 (Bijlage B). Tabel 4 toont schematisch de inhoud van deze figuren.

Fig. no.	camera	GMThr	update
1	c1	22	nee
2	c1	22	ja
3	c1	10	nee
4	c1	10	ja
5	c2	22	nee
6	c2	22	ja
7	c2	10	nee
8	c2	10	ja

Tabel 4: Inhoud van de Figuren B.1–B.8.

Uit deze figuren blijkt het volgende. De automatische oplossingen lopen langzaam weg van de handmatige oplossingen indien er geen 'update' plaatsvindt. Voor de dagbeelden geldt dit in sterkere mate dan voor de nachtbeelden. De automatische geometrie-oplossingen op basis van de nachtbeelden raken pas na circa 600 dagen het spoor bijster, wanneer een grote beeldverschuiving optreedt. Mogelijk wordt deze wel gedetecteerd indien de parameter maxshift groter wordt gekozen.

De 'roll' van de nachtbeelden wijkt bij de nachtbeelden sneller af van de handmatige oplossingen dan bij de dagbeelden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat bij nachtomstandigheden de 'autocontrolpoints' in een enkele hoek van het beeld zijn geconcentreerd, namelijk daar waar verlichting aanwezig is. 'Tilt' en 'roll' zijn dan moeilijk te onderscheiden. Het verdient dan ook de voorkeur om de autocontrolpoints gelijkmatig verdeeld over het beeldvlak te kiezen, maar door het gebrek aan verlichting is dit voor de nachtbeelden helaas niet mogelijk.

Met ‘update’ blijft de automatisch oplossing netjes in lijn met de handmatige en bewijst het zijn nut door de gaten tussen de handmatige oplossingen op te vullen. Deze gaten moeten bij dagbeelden niet groter zijn dan orde 100 dagen, omdat anders het risico van weglopen optreedt. Voor nachtbeelden kunnen ook grotere gaten succesvol worden overbrugd, afhankelijk van de instellingen van autogeom en de grootte van de beeldverschuivingen. Over het algemeen zal het raadzaam zijn om over tenminste enkele handmatige oplossingen per jaar te beschikken. Dit aantal is mede afhankelijk van de beeldkwaliteit.

6 Conclusies en aanbevelingen

Uit het voorafgaande blijkt dat **autogeom** nuttig is bij het bepalen van nieuwe geometrie-oplossingen over een lange periode. Dagen waarop significantie beeldverschuivingen optreden kunnen effectief worden gedetecteerd. Echter, de rol van de gebruiker is hiermee niet uitgespeeld, daar de door **autogeom** bepaalde oplossingen in circa 50% van de gevallen onvoldoende nauwkeurig zijn. Indien in de beschouwde periode al wel geometrie-oplossingen aanwezig zijn die **autogeom** kan gebruiken om het referentiebeeld te verversen, neemt de slaagkans voor een succesvolle oplossing toe. Desalniettemin levert **autogeom** onvoldoende betrouwbare resultaten om zonder analyse en goedkeuring van de gebruiker geometrie-oplossingen op te slaan in het Argus gegevensbestand met geometrie-oplossingen.

Wel kan het gebruik van **autogeom** het aantal noodzakelijke handmatige oplossingen sterk reduceren. De automatisch bepaalde oplossingen lopen langzaam weg van de handmatige oplossingen. De tijdschaal van dit proces bedraagt enkele maanden tot enkele jaren, afhankelijk van de beeldkwaliteit, in instellingen van **autogeom**, de grootte van de beeldverschuivingen etcetera. Dit verschijnsel is de ondervangen door de automatische oplossing te vervangen door een handmatige indien deze aanwezig is. Enkele strategisch gekozen handmatige oplossingen per jaar zullen hiervoor meestal voldoende zijn. Hiermee vervalt de noodzaak om voor ieder jaar vele tientallen handmatige oplossingen te maken.

Het minimum aantal noodzakelijke handmatige oplossingen varieert sterk per site en periode, afhankelijk van de onderhoudshistorie. Eén oplossing per jaar kan voldoende zijn, terwijl een oplossing per maand onvoldoende kan zijn. Door **autogeom** toe te passen ontstaat hierover inzicht. Succes of falen wordt in veel sterkere mate bepaald door de kwaliteit van de beelden en de mate van beeldverschuiving dan door de parameter-instellingen van **autogeom**, mits binnen redelijke grenzen.

De volgende procedure voorgesteld voor het gebruik van **autogeom**:

1. verkennende fase: pas **autogeom** toe voor de gewenste periode met een ruime instelling voor de maximale beeldverschuiving (b.v. `maxshift` = 15) en een geringe of geen subpixelresolutie (b.v. `nscale` = 1).
2. bepaal op basis van **autogeom** uitvoer de ligging van mogelijke discontinuïteiten, beoordeel de kwaliteit van de automatisch aangemaakte oplossingen en maak zo nodig een aantal handmatige oplossingen aan.

3. draai **autogeom** opnieuw, gebruik makend van inmiddels beschikbare oplossingen (handmatig dan wel automatisch verkregen, maar in ieder geval door de gebruiker geanalyseerd en voldoende bevonden). Verlaag hierbij de maximale beeldverschuiving (≤ 10) en verhoog eventueel de subpixelresolutie **nscale** tot 2 à 3.
4. bepaal de ligging van mogelijke discontinuïteiten, beoordeel de kwaliteit van de automatische oplossingen, maak zo nodig handmatige oplossingen aan (herhaling van stap 2 met nieuwe **autogeom** resultaten). De kwaliteit van de oplossingen wordt beoordeeld door de berekende ligging van de **gcp**'s te vergelijken met de visueel waargenomen ligging. Indien de afwijking kleiner is dan 1 tot 2 pixels, is de oplossing voldoende nauwkeurig.

In Tabel 5 wordt een suggestie gedaan voor de parameterinstellingen van **autogeom**. Dit zullen overigens niet onder alle condities de optimale instellingen zijn. Indien de rekentijd geen belemmering vormt, verdient het de aanbeveling om de parameter **maxshift** op een hoge(re) waarde te zetten. De benodigde rekentijd is evenredig met $(\text{maxshift} \times \text{nscale})^2$.

parameter	eerste fase	tweede fase
pmax	0.9	0.4
Covmin	0.6	0.8
nscale	1	2
stdmax	2	1.5
fixFOV	1	1
maxshift	15	5

Tabel 5: suggestie voor parameterinstellingen **autogeom**.

Nadat deze procedure is gevolgd, zal (mogelijk op een enkele uitzondering na) voor het merendeel van de dagen een goede geometrie-oplossing beschikbaar zijn. Het verdient de aanbeveling om met **autogeom** zoveel mogelijk van nachtbeelden uit te gaan, omdat deze betere resultaten geven dan dagbeelden. Alleen indien minder dan 3 lichtpunten in het beeld aanwezig zijn, hebben dagbeelden de voorkeur.

Autogeom kan wel zonder menselijke tussenkomst worden gebruikt voor het dagelijks controleren en zo nodig opnieuw maken van geometrie-oplossingen voor de internetpagina's. Actie hiertoe zal worden ondernomen. Hierdoor zullen de ontschrante, samengevoegde beelden ('merged images') minder vaak een duidelijk waarneembare verspringing vertonen dan momenteel het geval is. Zodra de beelden gebruikt gaan worden voor wetenschappelijke analyse, moeten de geometrie-oplossingen op de bovenbeschreven wijze handmatig gecontroleerd dan wel opnieuw gemaakt worden.

Een nieuwe, verbeterde versie van **autogeom** is opgeleverd die gebruik maakt van alle reeds beschikbare geometrie-oplossingen. Het versienummer hiervan is 3.0. **autogeom** 2.0 maakt alleen voor het eerste referentiebeeld gebruik van een bestaande geometrie-oplossing.

Het verdient de aanbeveling om nieuwe 'ground control points' in te meten voor camera c1 Jan van Speijk zodra de infrastructurele veranderingen die rondom deze locatie hebben plaatsgevonden en nog moeten plaatsvinden, zijn voltooid.

Als vervolgtraject wordt voorgesteld om **autogeom** ook buiten WL te gaan gebruiken. De bruikbaarheid van **autogeom** in de Argus werkomgeving kan zo getoetst worden, ook door niet-ontwikkelaars. Opmerkingen van gebruikers kunnen tot een verdere verbetering van het programma leiden. Hierbij moet steeds de te verwachten tijd- en nauwkeurigheidswinst ten opzichte van de handmatige bepaling worden afgewogen tegen de investering die in **autogeom** moet worden gedaan om de gewenste verbetering te realiseren. Een volledige automatisering van de bepaling van geometrie-oplossingen zonder enige menselijke tussenkomst zou een groot budget vergen, waarbij het eindresultaat bovendien niet verzekerd is.

Het uitgevoerde werk geeft tevens een overzicht van de geometrie-oplossingen van bijna 3 jaar Noordwijkbeelden, namelijk in de periode 1 november 1995 tot 15 september 1998.

Referenties

- Enkevort, I. van (2001). Daily to yearly nearshore bar behaviour. Ph.D. thesis Utrecht University.
- Hoogewoning, S. (2001). Projectplan Nauwkeurighedsanalyse Argus. RIKZ projectnummer 19375, documentnummer MDGAP/19375 /01
- Kessel, T. van en S.G.J. Aarninkhof (2000). Automatische bepaling beeldverschuiving Argus. Gebruikershandleiding versie 2. WL | delft hydraulics, report no. Z2919.
- Rijn, L.C. van, Dunsbergen, D.W. (2001) Voortschrijdend Onderzoek Programma; Voorstel voor Generiek Kustonderzoek 2001. Definitief Plan. WL | delft hydraulics, report no. Z2959.

Bijlage A Figuren Egmond



Fig. A.1 automatische oplossing geldig op 25-08-2000 gebaseerd op nachtbeelden; Jan van Speijk, camera c3



Fig. A.2 handmatige oplossing geldig op 25-08-2000; Jan van Speijk, camera c3

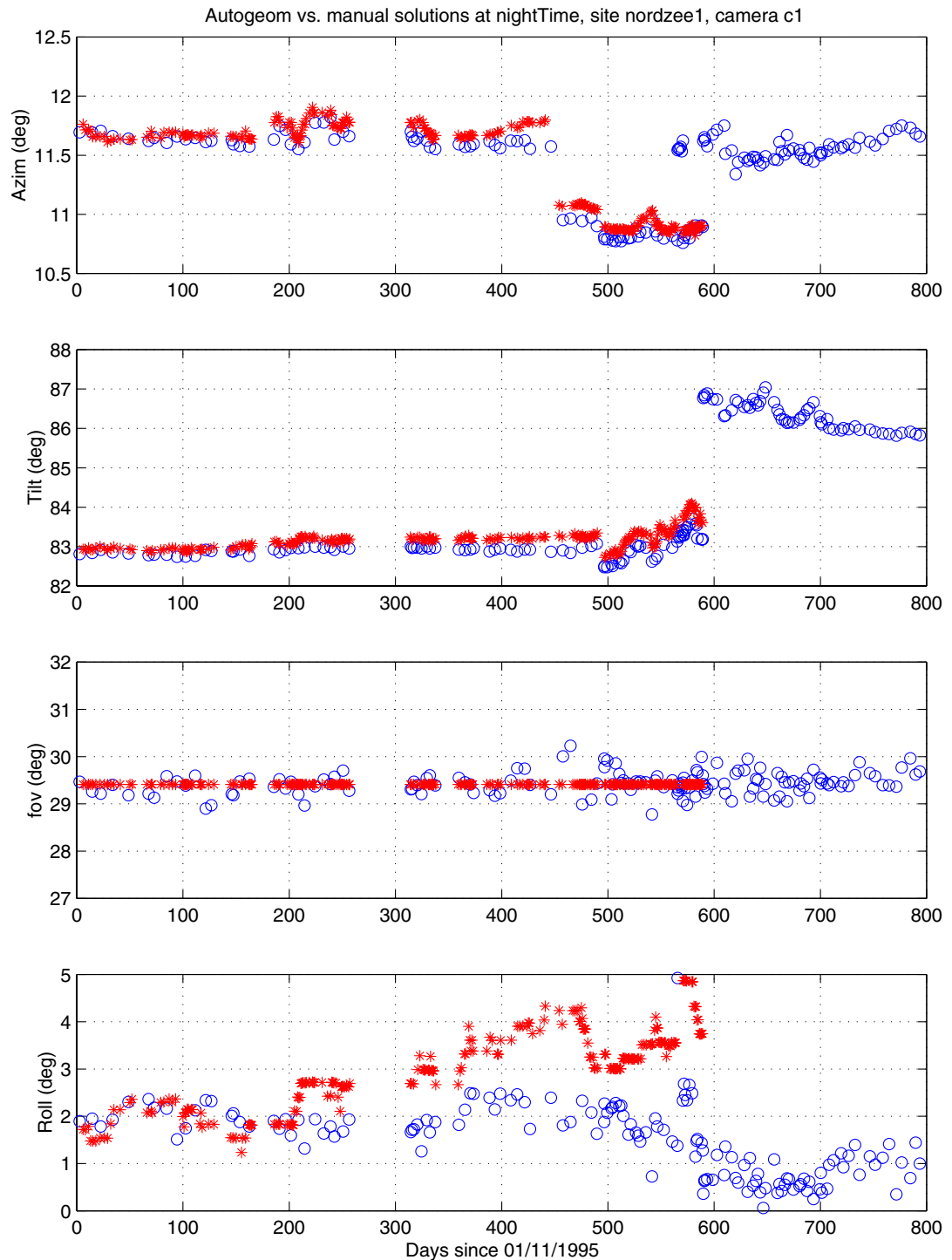


Fig. A.3 automatische oplossing geldig op 12-03-2001 gebaseerd op dagbeelden; Jan van Speijk, camera c3

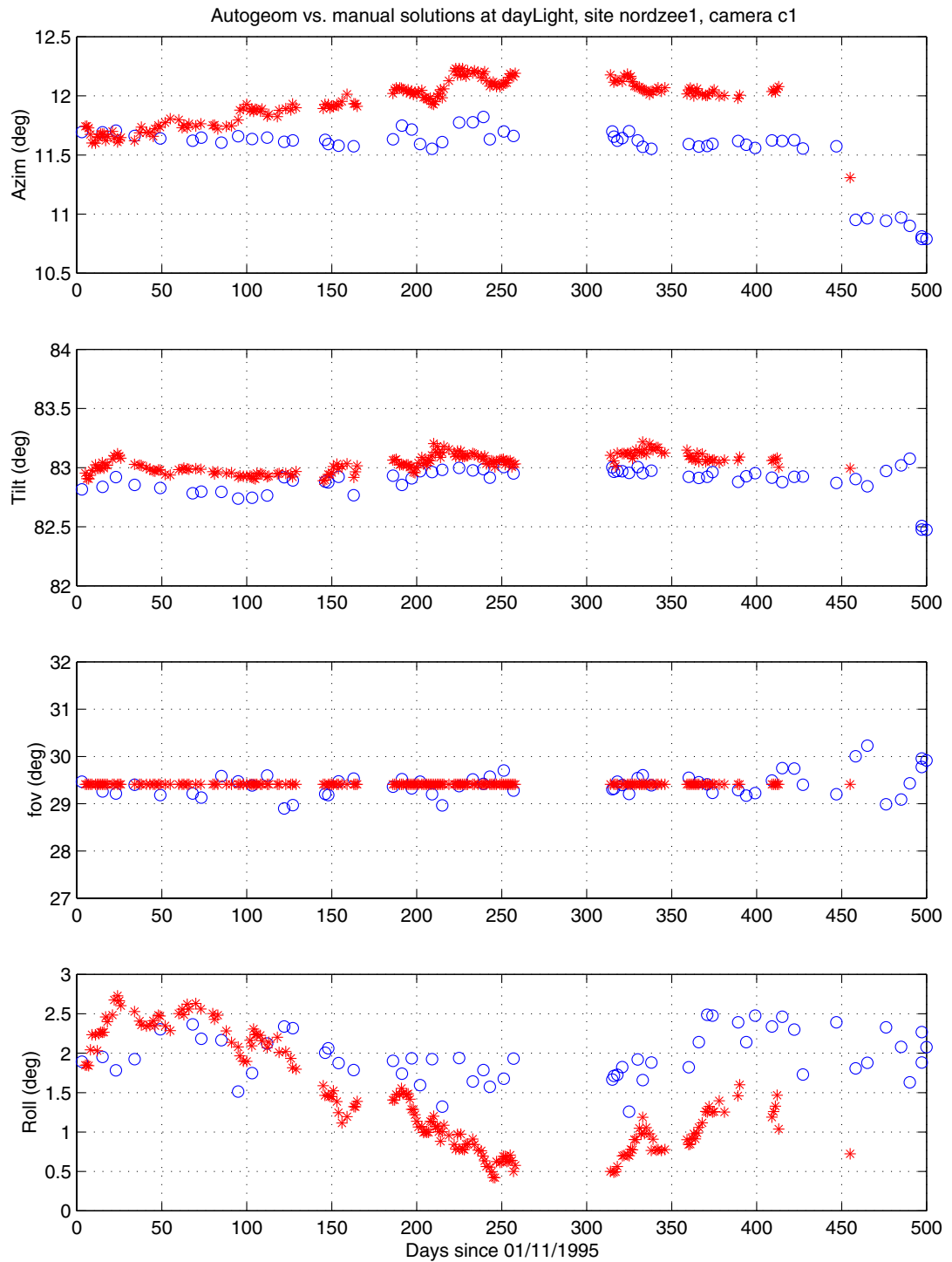


Fig. A.4 handmatige oplossing geldig op 12-03-2001 gebaseerd op dagbeelden; Jan van Speijk, camera c3

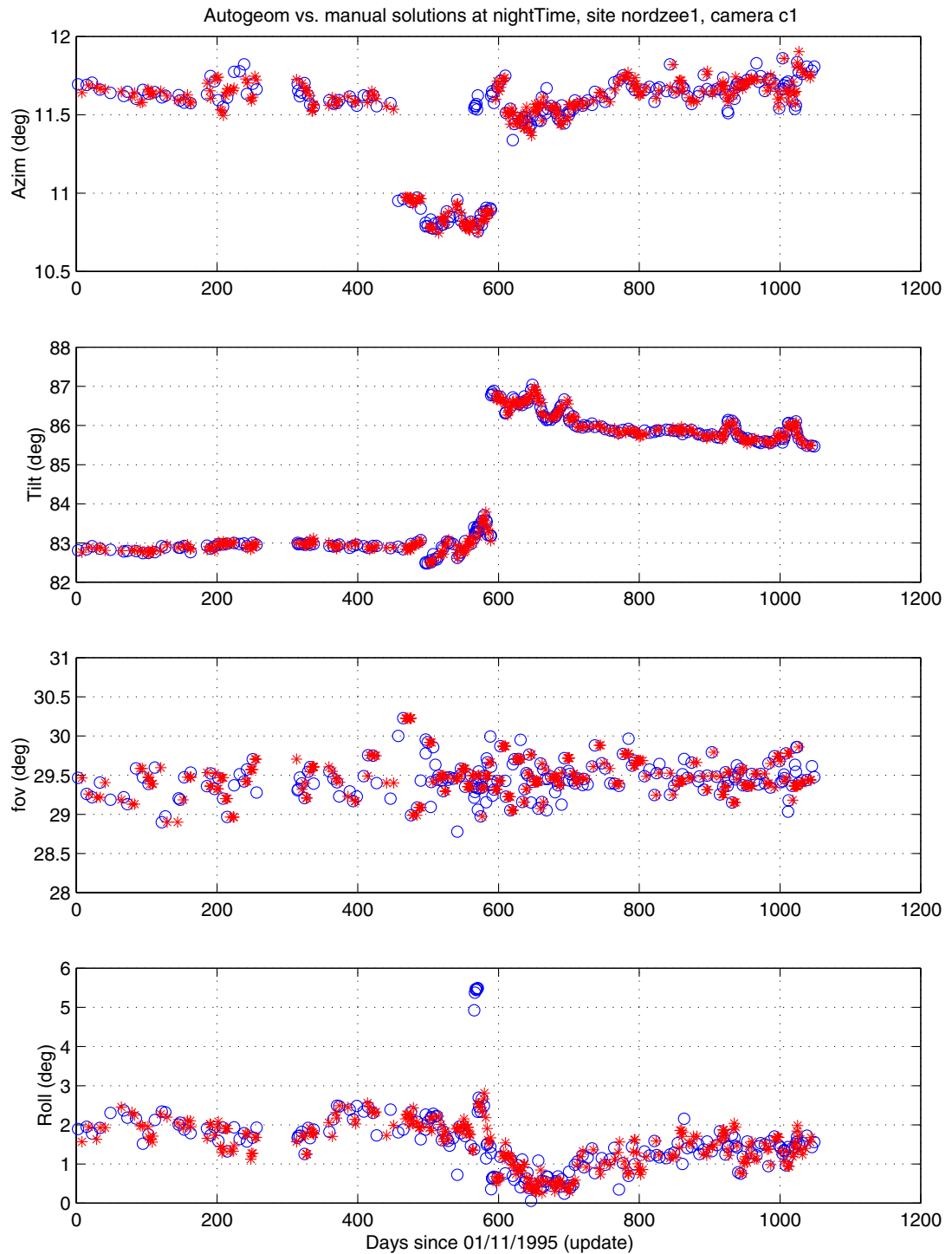
Bijlage B: Figuren Noordwijk



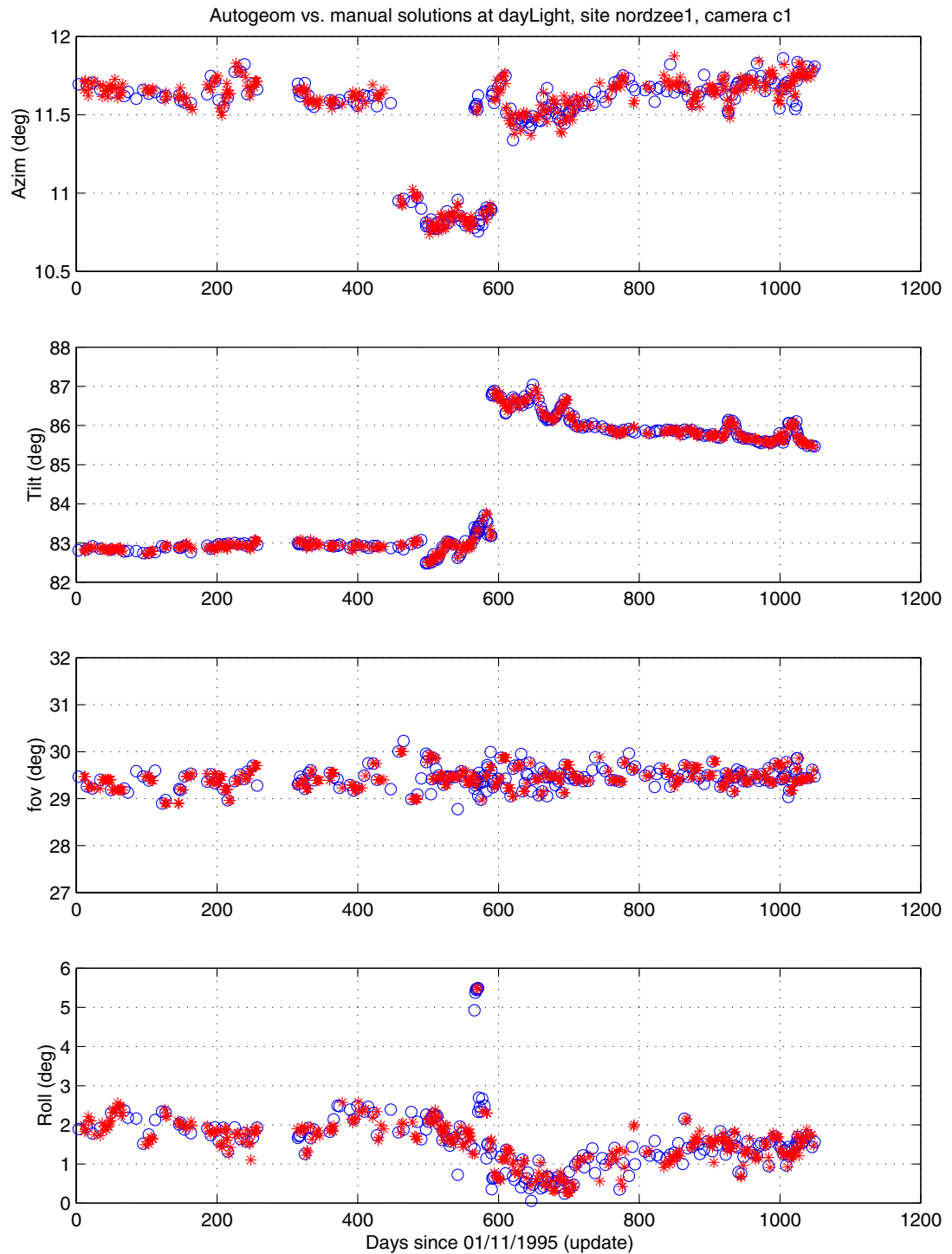
Figuur B.1: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c1, nachtbeelden, geen update



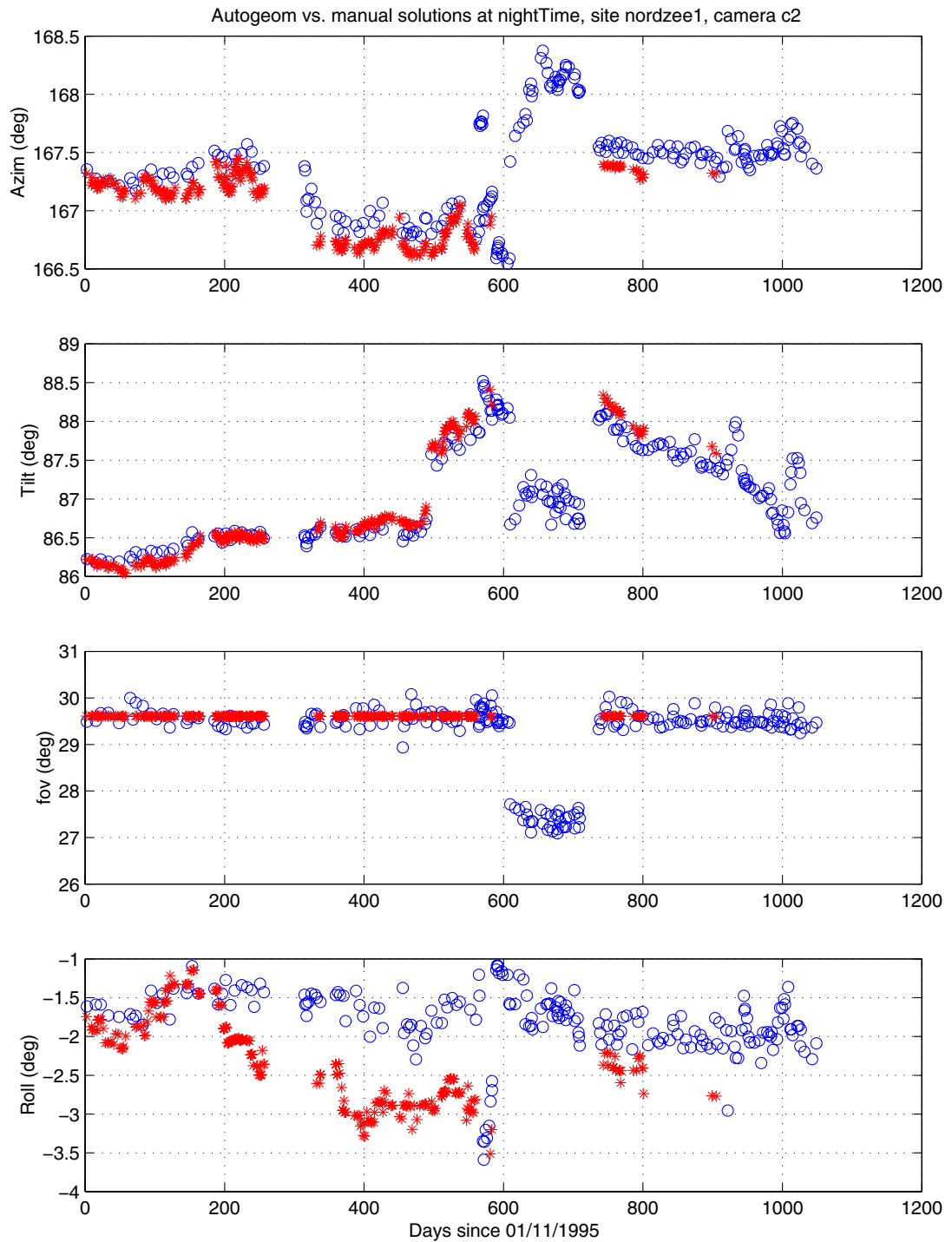
Figuur B.2: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c1, dagbeelden, geen update



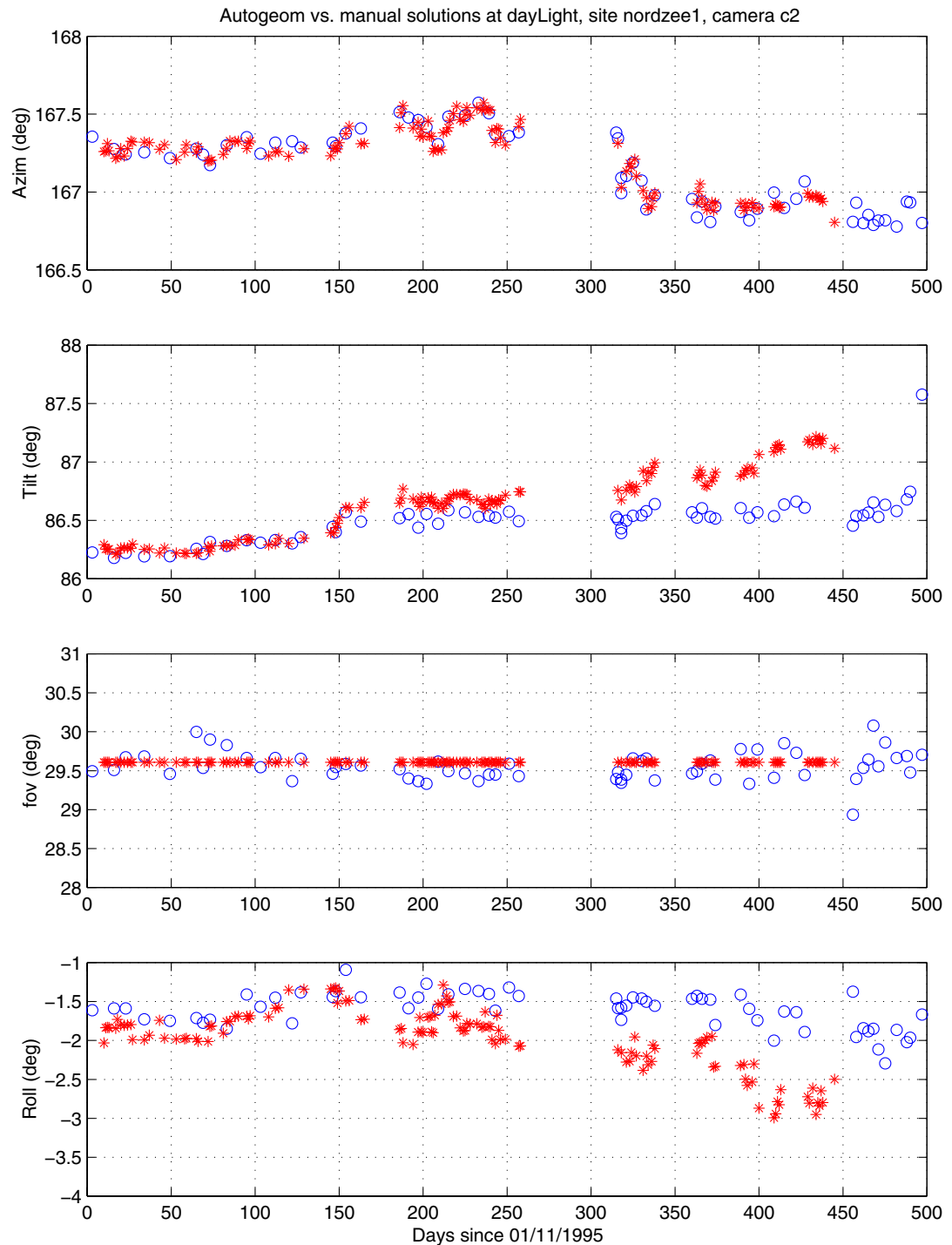
Figuur B.3: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c1, nachtbeelden, update



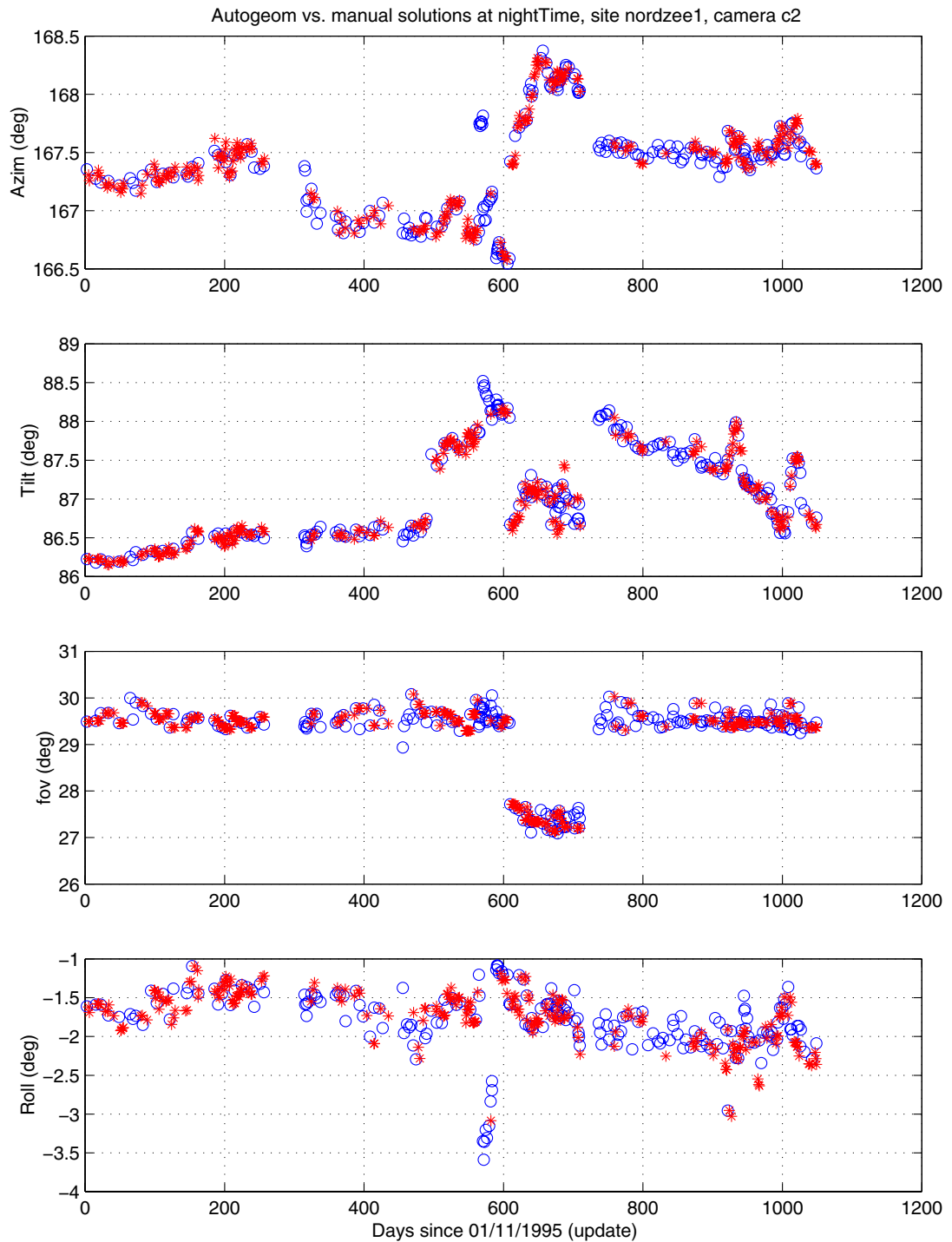
Figuur B.4: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c1, dagbeelden, update



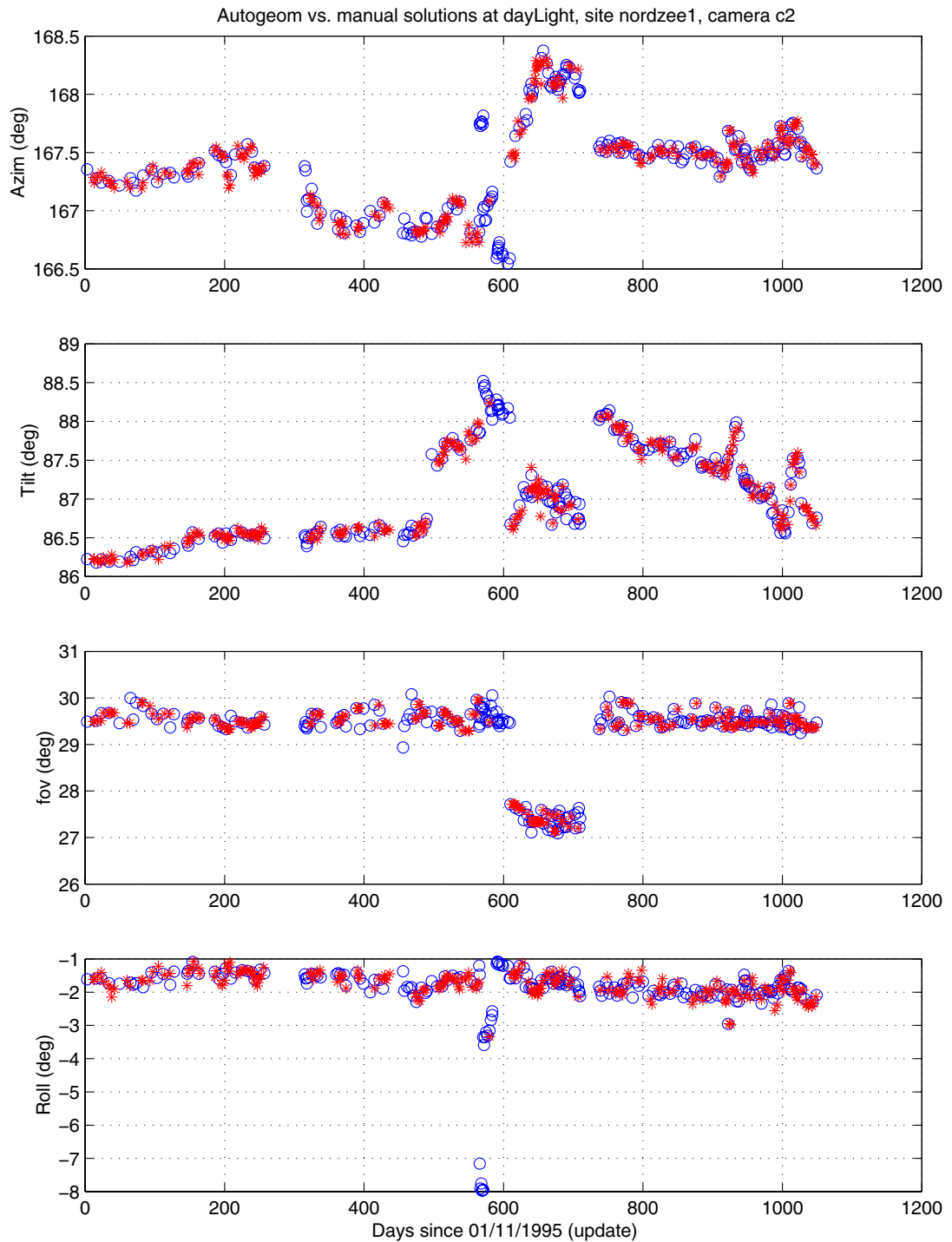
Figuur B.5: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c2, nachtbeelden, geen update



Figuur B.6: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c2, dagbeelden, geen update



Figuur B.7: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c2, nachtbeelden, update



Figuur B.8: Automatisch (*) en handmatig (o) bepaalde geometrie-oplossingen Noordwijk, camera c2, dagbeelden, update