Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 43 (1985)
Heft: 206

Artikel: Repérage des coordonnées sur les photos
Autor: Behrend, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899175

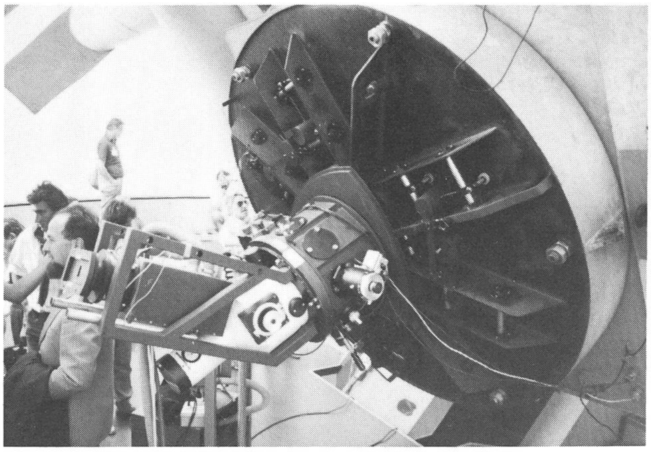


Abb. 6: Der Spektrograf am untern Ende des 1,5-m-Spiegelteleskopes der Sternwarte Loiano.

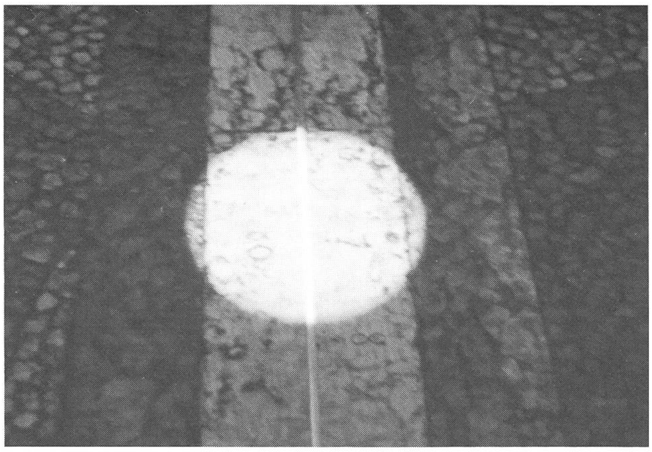


Abb. 7: Freitag, den 7. September um 13^h13 in der Kirche San Petronio in Bologna. Der von Cassini gebaute Meridian halbiert das Bild der Sonne.

Nachmittag ging's in die Apenninen, nach Loiano. Dort steht seit 1977 ein optisches Spiegelteleskop von 1,5 m Durchmesser und einer Brennweite von 12 m, also einem Öffnungsverhältnis von 1:8, System Ritchey-Crétien. Das brauchbare Gesichtsfeld misst 70 Bogenminuten im Durchmesser. Gearbeitet wird vorwiegend in Spektroskopie, aber auch Fotografie von Sterngebieten unter Ausnutzung des verhältnismässig grossen Gesichtsfeldes. Abb. 6 zeigt den Spektrografen am untern Ende des Teleskopes.

Wenn man eine Woche in einer fremden Stadt lebt, sieht und erlebt man einiges. Bologna bietet in dieser Hinsicht sehr viel. Innerhalb des rund zwei auf zwei km messenden historischen Stadtkernes findet man rund 35 km Arkaden! Die vielen alten Paläste, Kirchen und die beiden schiefen Türme, 97,6 und 50 m hoch, beeindrucken stark. Es war jeweils kein Zufall, wenn sich Teilnehmer des Kongresses etwas nach 13 Uhr in der Kirche San Petronio an der Piazza Maggiore trafen: Dort hat nämlich G. D. Cassini 1655 den berühmten Meridian eingebaut. Im Dach der Kirche wurde ein kleines Loch angebracht und in den Boden eine Meridianlinie eingelegt, die aus zwei Bronze- und einem Kupfer-Flachstab besteht. Entsprechend der geografischen Länge von Bologna und der um eine Stunde vorverschobenen Sommerzeit sollte die Meridianlinie um 13^h15 das rund 30 cm grosse Sonnenbild halbieren. Da dies am 7.9. aber um 13^h13 geschah, konnte daraus die Zeitgleichung von +2 Minuten abgeleitet werden. Abb. 7.

Grosser Dank gebührt den Organisatoren dieser Tagung, die keine Mühe gescheut haben, und die auch einige kleinere Pannen mit südlichem Charme ausgebügelt haben. Zum Schluss hat immer alles geklappt!

Adresse des Autors:
Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, CH-6005 Luzern.

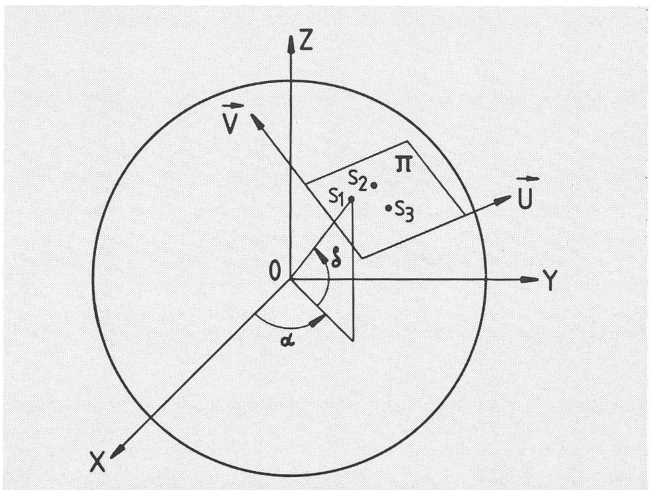
Repérage des coordonnées sur les photos

R. Behrend

Position du problème
Afin d'identifier un objet sur une photo, ou retrouver une petite planète, il serait pratique d'avoir un système de coordonnées sur cette photo. Étant confronté à ce problème, j'ai créé la méthode que voici:

Idées de base:
Si nous connaissons (voir dessin) la position de trois étoiles S_1, S_2, S_3 qui figurent sur la photo, nous pouvons y faire passer un plan π. A condition que le champ soit inférieur à 10°–15°, on néglige certaines corrections, et π devient le plan de la photo. Il reste maintenant à écrire les équations qui permettent de passer de la photo (υ;ν) au ciel (α;δ) et inversement...

Remarquons que par la suite, l'indice s représente la sphère et p le plan.



Adresse de l'auteur:
Observatoire de Miam-Globs, Raoul Behrend, Fiaz 45, CH-2304 La Chaux-de-Fonds.

Equations

Pour les 3 étoiles connues, nous avons

$$\vec{OS_i} = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\delta_i \cdot \cos\alpha_i \\ \cos\delta_i \cdot \sin\alpha_i \\ \sin\delta_i \end{pmatrix} \qquad (1)$$

i étant le numéro de l'étoile : $i = 1;\ 2;\ 3$

Le plan Π est donné par

Π : $ax + by + cz + d = 0$ Comme on a

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \left(\vec{OS_2} - \vec{OS_1}\right) \times \left(\vec{OS_3} - \vec{OS_1}\right) = \begin{pmatrix} (y_2-y_1)\cdot(z_3-z_1)-(y_3-y_1)\cdot(z_2-z_1) \\ -(x_2-x_1)\cdot(z_3-z_1)+(x_3-x_1)\cdot(z_2-z_1) \\ (x_2-x_1)\cdot(y_3-y_1)-(x_3-x_1)\cdot(y_2-y_1) \end{pmatrix} \qquad (2.1)$$

on peut calculer $d = -(ax_1 + by_1 + cz_1)$ (2.2)

Une étoile S se projetera sur Π selon

$\vec{OP} = \lambda\ \vec{OS}$ On en tire donc

$$\vec{OP} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \frac{-d}{a\cdot x_s + b\cdot y_s + c\cdot z_s} \cdot \begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix} \qquad (3)$$

Nous avons aussi $\vec{OP} = \vec{OS_1} + (U - U_1)\cdot\vec{U} + (V - V_1)\cdot\vec{V}$, où U et V sont les coordonnées de S sur la photo. On obtient

$$\vec{OP} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 + (U - U_1)\cdot U_x + (V - V_1)\cdot V_x \\ y_1 + (U - U_1)\cdot U_y + (V - V_1)\cdot V_y \\ z_1 + (U - U_1)\cdot U_z + (V - V_1)\cdot V_z \end{pmatrix} \qquad (4)$$

Pour résoudre (4), il manque les deux équations que voici :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{pmatrix} = 0 \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = 0$$

On se rappellera que $\begin{pmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} \neq 0$,

car $\vec{U}$ et $\vec{V}$ ne sont pas forcément perpendiculaires.

Nous pouvons maintenant écrire

$\vec{U} = \begin{pmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{pmatrix}$ et $\vec{V} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}$ de la manière suivante :

$$\left.\begin{aligned} U_x &= \frac{(V_3 - V_1)\cdot(x_2 - x_1)-(V_2 - V_1)\cdot(x_3 - x_1)}{(U_2 - U_1)\cdot(V_3 - V_1)-(U_3 - U_1)\cdot(V_2 - V_1)} \\ U_y &= \frac{(V_3 - V_1)\cdot(y_2 - y_1)-(V_2 - V_1)\cdot(y_3 - y_1)}{(U_2 - U_1)\cdot(V_3 - V_1)-(U_3 - U_1)\cdot(V_2 - V_1)} \\ U_z &= \frac{a\cdot U_x + b\cdot U_y}{-c} \end{aligned}\right\} \qquad (5.1)$$

$$\left.\begin{aligned} V_x &= \frac{(x_3 - x_1)-(U_3 - U_1)\cdot U_x}{V_3 - V_1} \\ V_y &= \frac{(y_3 - y_1)-(U_3 - U_1)\cdot U_y}{V_3 - V_1} \\ V_z &= \frac{a\cdot V_x + b\cdot V_y}{-c} \end{aligned}\right\} \qquad (5.2)$$

- Les repères étant maintenant connus, on passe de ciel à photo comme suit :

on calcule $\begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix}$ par (1), puis $\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix}$ par (3)

On obtient U et V par (4) renversée :

$$\left.\begin{aligned} U &= U_1 + \frac{V_y\cdot(x_p - x_1) - V_x\cdot(y_p - y_1)}{U_x\cdot V_y - U_y\cdot V_x} \\ V &= V_1 + \frac{U_x\cdot(y_p - y_1) - U_y\cdot(x_p - x_1)}{U_x\cdot V_y - U_y\cdot V_x} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

- Pour passer de photo à ciel, les formules sont plus simples: on calcule

$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix}$ par (4) et on a

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1}\cdot \frac{y_p}{x_p} \\ \delta &= \tan^{-1}\cdot \frac{z_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Le cadrant de α restant à déterminer

Exemple d'application:

Sur le photo de M 13 prise à l'Oberservatoire de Miam - Globs, nous connaissons 3 étoiles: (équinoxe 1950.0)

- SAO 65466 $\alpha = 16^h\ 37^m\ 47{,}9^s$ $\delta = 36^o\ 35'\ 18''$
  $U_1 = 227{,}9$ (mm) $V_1 = 128{,}2$ (mm)
- SAO 65481 $\alpha = 16^h\ 39^m\ 16{,}7^s$ $\delta = 36^o\ 17'\ 46''$
  $U_2 = 172{,}3$ (mm) $V_2 = 34{,}5$ (mm)
- SAO 65508 $\alpha = 16^h\ 41^m\ 17{,}1^s$ $\delta = 36^o\ 36'\ 08''$
  $U_3 = 50{,}7$ (mm) $V_3 = 85{,}0$ (mm)

De (1), on tire :

$$\vec{OS_1} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}2819 \\ -0{,}7518 \\ 0{,}5961 \end{pmatrix};\ \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}2780 \\ -0{,}7565 \\ 0{,}5920 \end{pmatrix};\ \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}2703 \\ -0{,}7559 \\ 0{,}5963 \end{pmatrix}$$

De (2.1) et (2.2), $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1{,}758 \\ -4{,}800 \\ 3{,}803 \end{pmatrix} \cdot 10^{-5}$; $d = -6{,}372 \cdot 10^{-5}$

De (5.1) et (5.2), $\begin{pmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6{,}439 \\ 1{,}268 \\ -1{,}376 \end{pmatrix} \cdot 10^{-5}$; $\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}252 \\ 4{,}208 \\ 5{,}196 \end{pmatrix} \cdot 10^{-5}$

- Où se trouve SAO 65511 ($\alpha = 16^h\ 41^m\ 52{,}6^s$ $\delta = 36^o\ 28'\ 21''$) ?

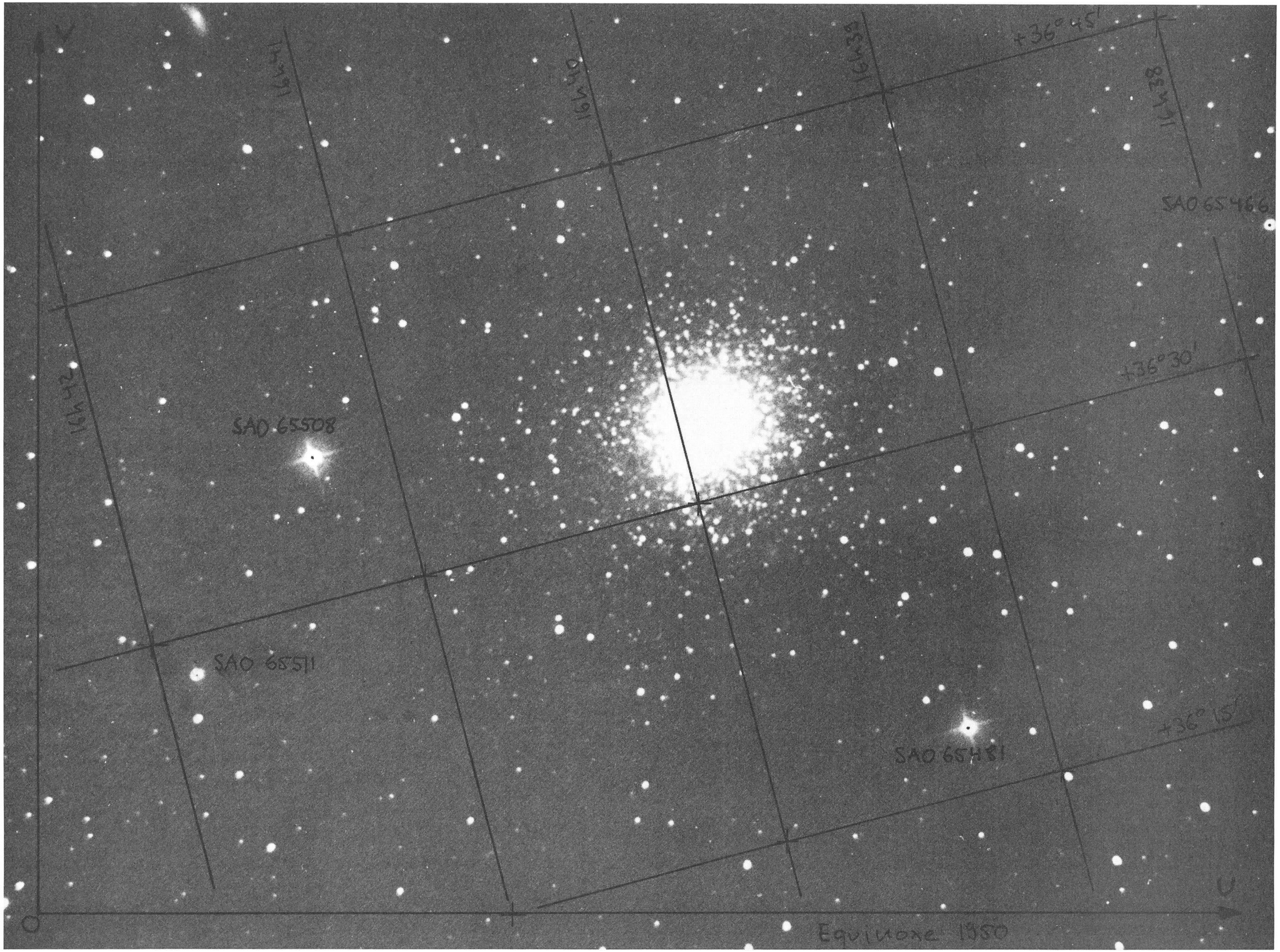
De (1) : $\begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}2688 \\ -0{,}7579 \\ 0{,}5944 \end{pmatrix}$ et de (3) : $\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}2688 \\ -0{,}7579 \\ 0{,}5945 \end{pmatrix}$

De (6) : $U = 29{,}0$ (mm) et $V = 44{,}5$ (mm)

- Quelle est la galaxie en $U = 29$ (mm) et $V = 167$ (mm) ?

De (4) : $\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0{,}2691 \\ -0{,}7527 \\ 0{,}6008 \end{pmatrix}$ Par (7), on a

$$\begin{cases} \alpha = 16^h\ 41^m\ 18^s \\ \delta = 36^o\ 55'\ 40'' \end{cases}$$ Il s'agit de NGC 6207



V
U
16h42
16h41
16h40
16h39
16h38
+36° 45'
+36° 30'
+36° 15'
SAO 65508
SAO 65511
SAO 65481
SAO 65466
Equinoxe 1950