

# **Veränderliche Sterne in der Schule**

**Lichtkurven selbst gemacht**

oder

**Die Argelandersche  
Stufenschätzmethode**

**Über Stufen zum Himmel**

# Die „Macher“



Teilnehmer des Astronomiekurses  
„Lichtsignale aus dem All – Veränderliche Sterne“  
bei der Deutschen SchülerAkademie in Marburg 2005

# Die Argelandersche Stufenschätzmethode

Über Stufen zum Himmel



# Inhaltsübersicht

1. Vorbemerkungen
2. Einführung in die Argelandersche Stufenschätzmethode
3. Praxiseinstieg

# Unser Sternenhimmel

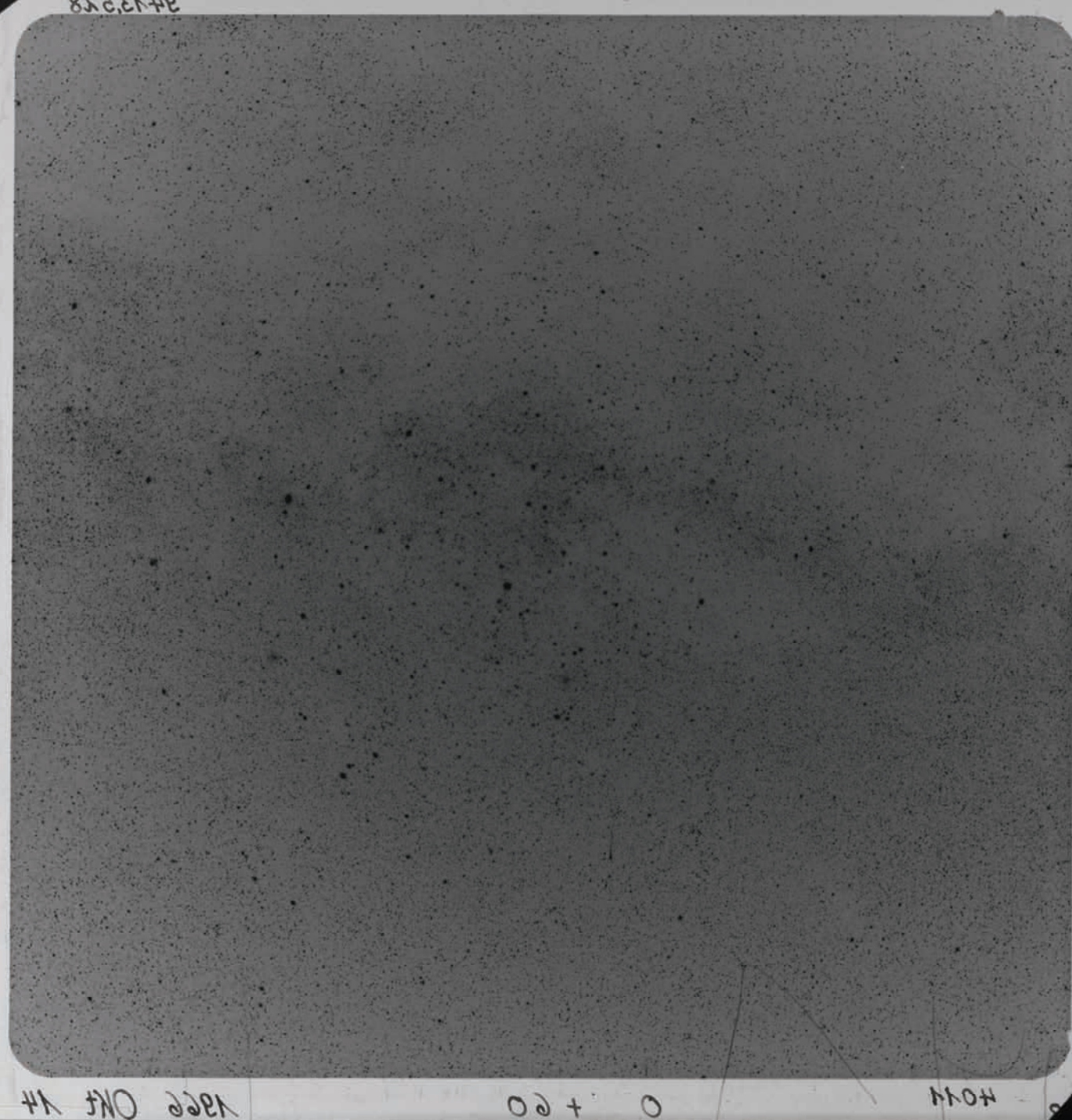
Sternwarte  
Sonneberg



ehemaliges Zentrum der  
Veränderlichenforschung

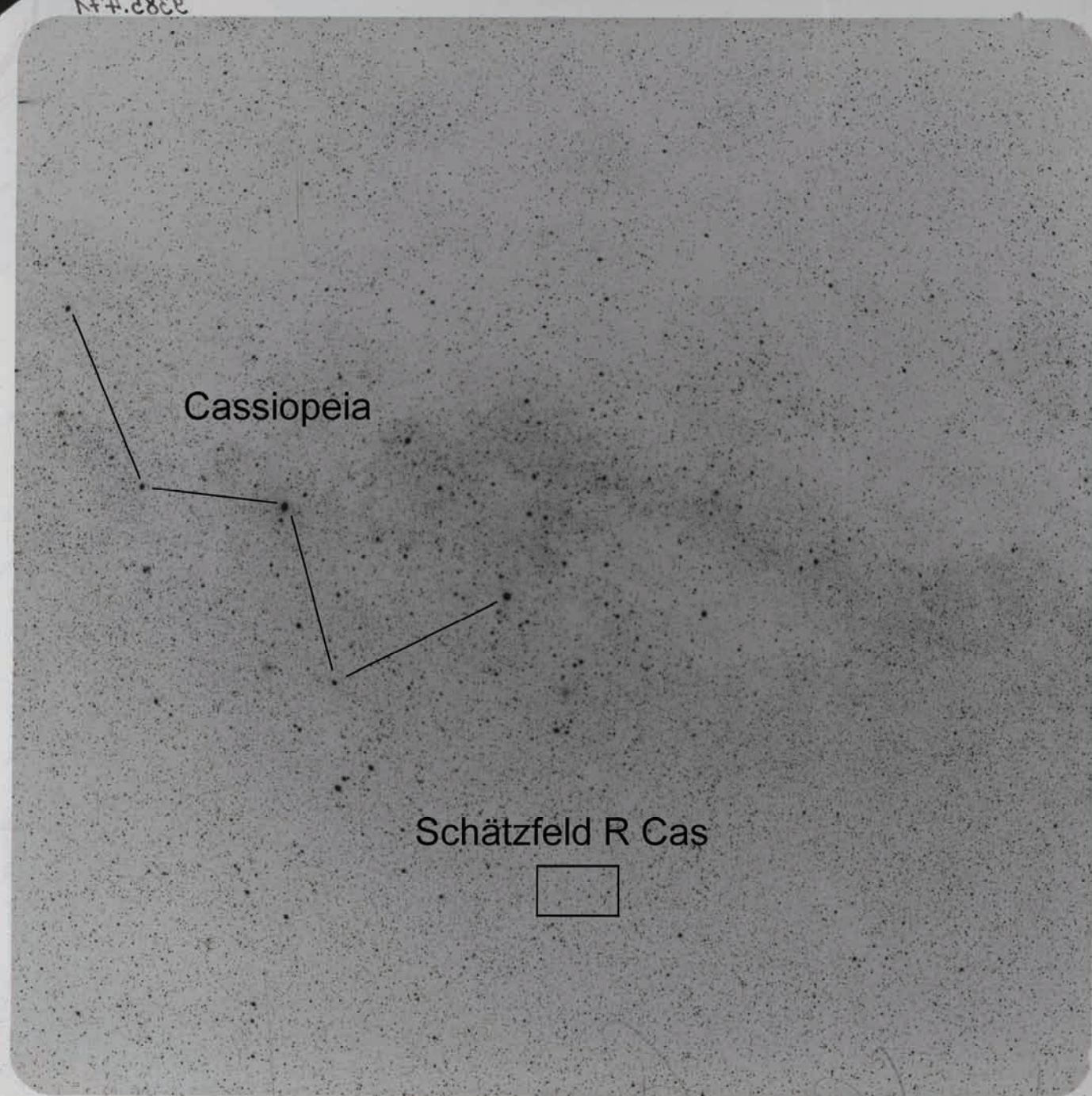
zweitgrößte  
Plattensammlung  
der Welt

„Tagebuch der Sterne“  
über 80 Jahre

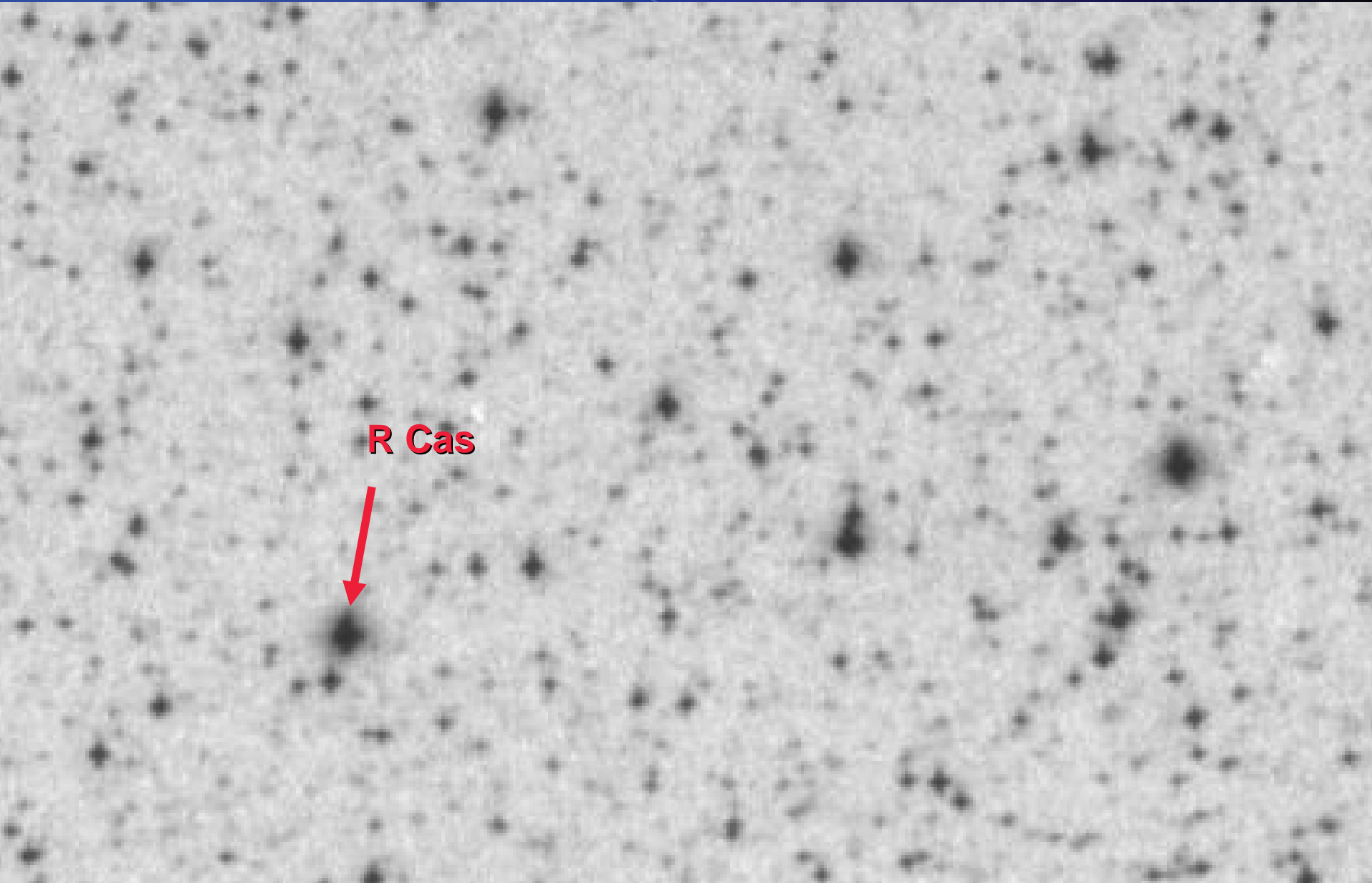


# Unser Sternenhimmel

Wir „beobachten“ den  
pulsierenden Stern  
R Cas



# Das Schätzfeld



**R Cas**

# Argelandersche Stufenschätzmethode

Helligkeitsvergleich zwischen Vergleichssterne (A, B, ...) und Veränderlichem (V)  
(für den Anfang in fünf Stufen)

Der hellere Stern steht auf der linken Seite:

**A 0 V** A und V sind **gleich** hell

**A 1 V** A erscheint nach sorgfältiger Betrachtung  
ein **klein wenig** heller als V

**A 2 V** A erscheint stets **etwas** heller als V

**A 3 V** A erscheint **klar** heller als V

**A 4 V** A erscheint **auffallend** heller als V

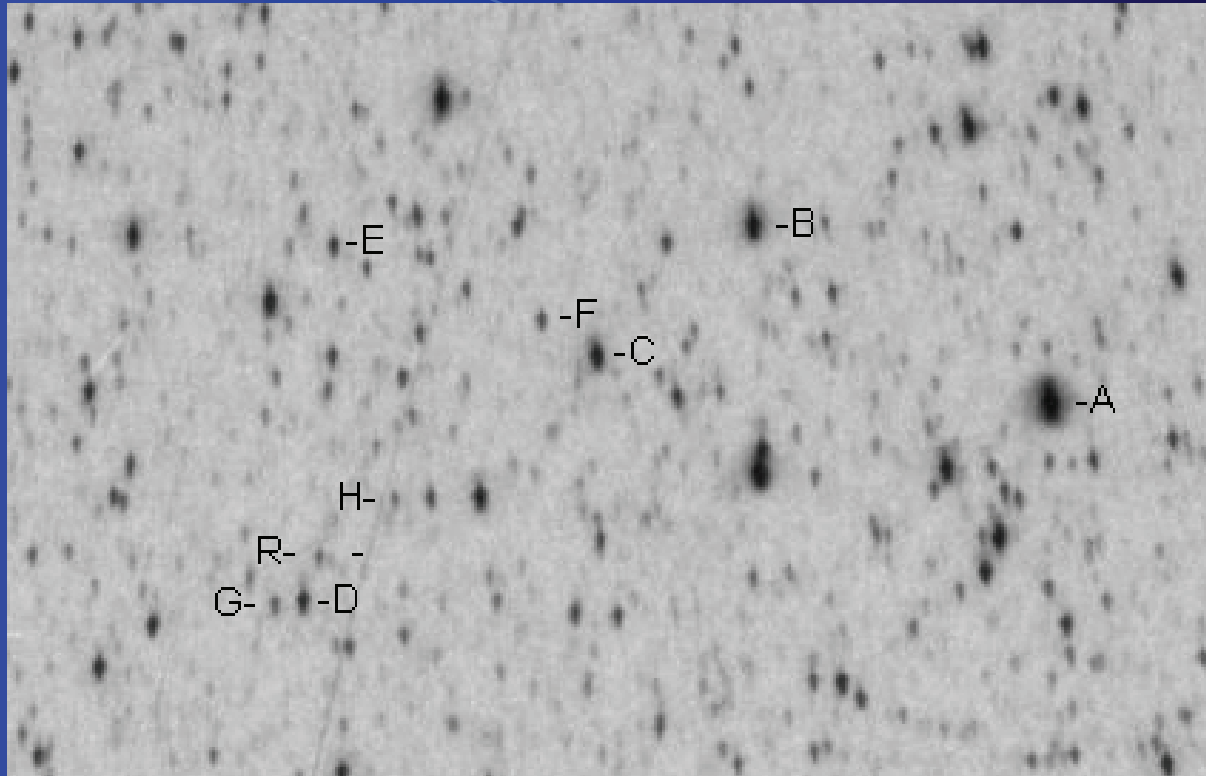
→ Alle Schätzungen nach dem Schema:

**A a V b B**





# Beispiel 1: **G 1 V 2 H**



R Cas

20.1.1966

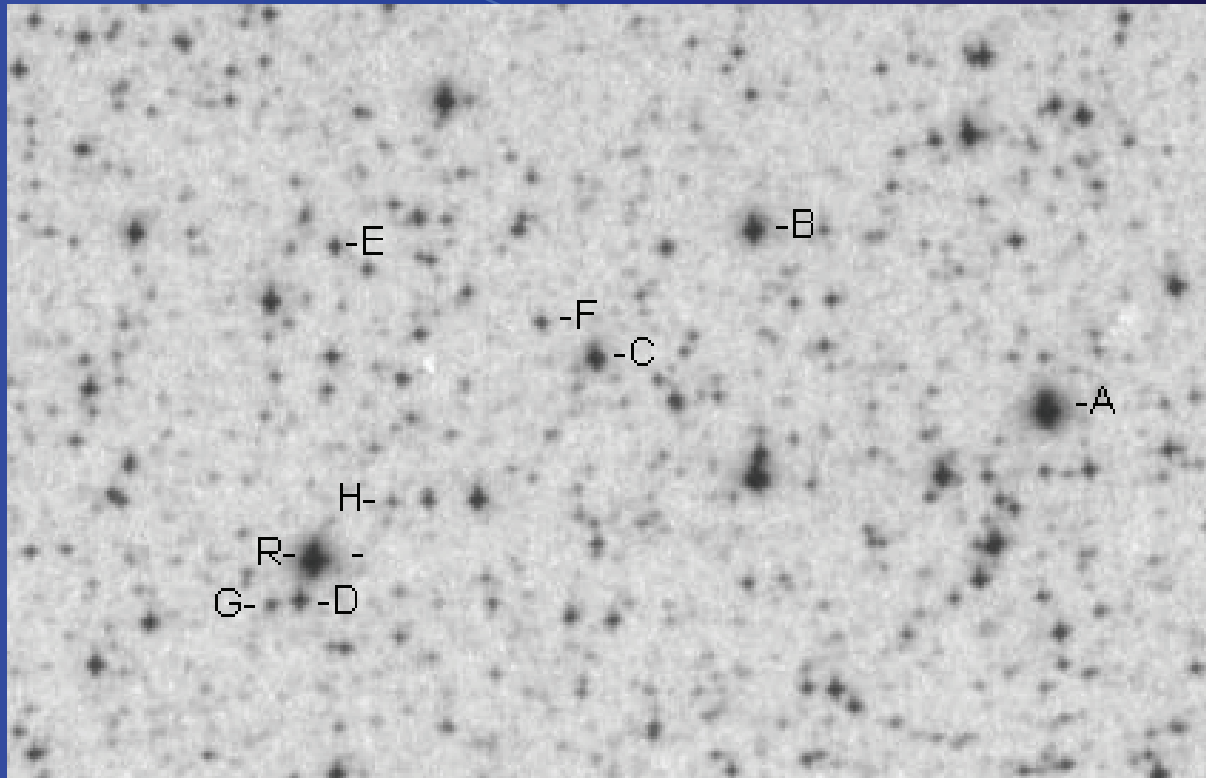
JD=2439146,331

# R Cas – Ergebnisse der Stufenschätzung nach Argelander

Platte Nr.	JD	BD	Schätzung (A a V b B) oder (B b V c C) oder (C c V d D) oder (D d V e E) oder (E e V f F) oder (F f V g G) oder (G g V h H)	a+b	b+c	c+d	d+e	e+f	f+g	g+h	Korrig. Stufenwert	Endgült. Stufenwert
	2439...											
	146,331	20. 01. 1966	G 1 V 2 H									

Aufzeichnung der  
Schätzergebnisse  
Beispiel 1

# Beispiel 2: **A 1 V 4 B**



R Cas

21.8.1966

JD=2439359,499

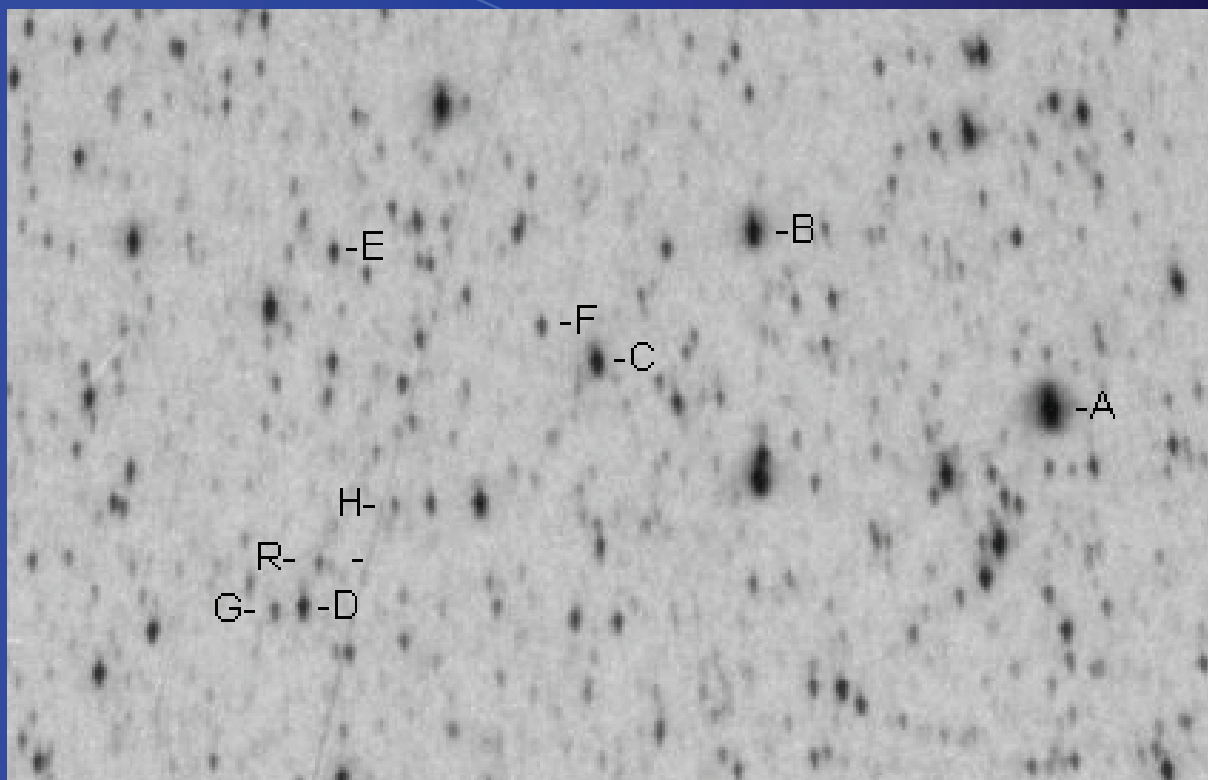
# R Cas – Ergebnisse der Stufenschätzung nach Argelander

Platte Nr.	JD	BD	Schätzung (A a V b B) oder (B b V c C) oder (C c V d D) oder (D d V e E) oder (E e V f F) oder (F f V g G) oder (G g V h H)	a+b	b+c	c+d	d+e	e+f	f+g	g+h	Korrig. Stufenwert	Endgült. Stufenwert
	2439...											
	146,331	20. 01. 1966	G 1 V 2 H									
	200,299											
	242,576											
	263,543											
	270,539											
	286,496											
	299,512											
	317,449											
	330,513											
	350,550											
	359,449	21. 08. 1966	A 1 V 4 B									
	379,477											

Aufzeichnung der  
Schätzergebnisse  
Beispiel 2

**Stifte wetzen,**

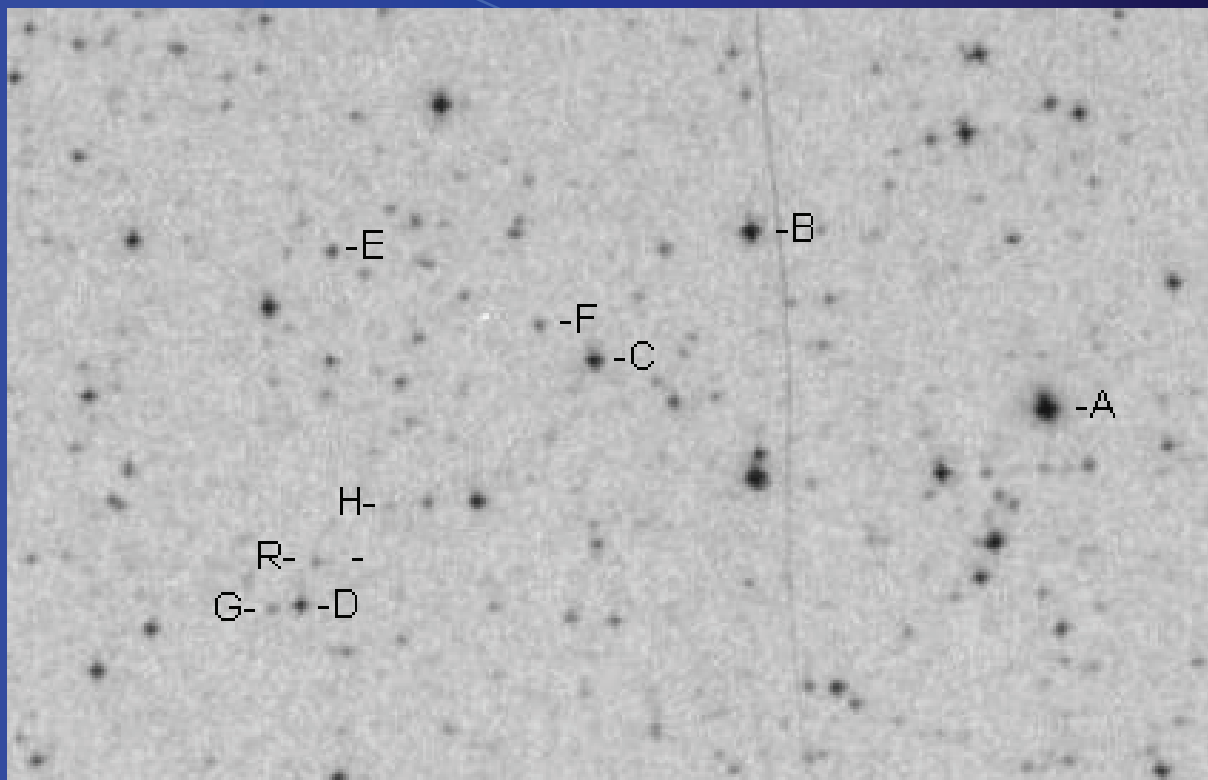
**Sterne schätzen!**



R Cas

20.1.1966

JD=2439146,331

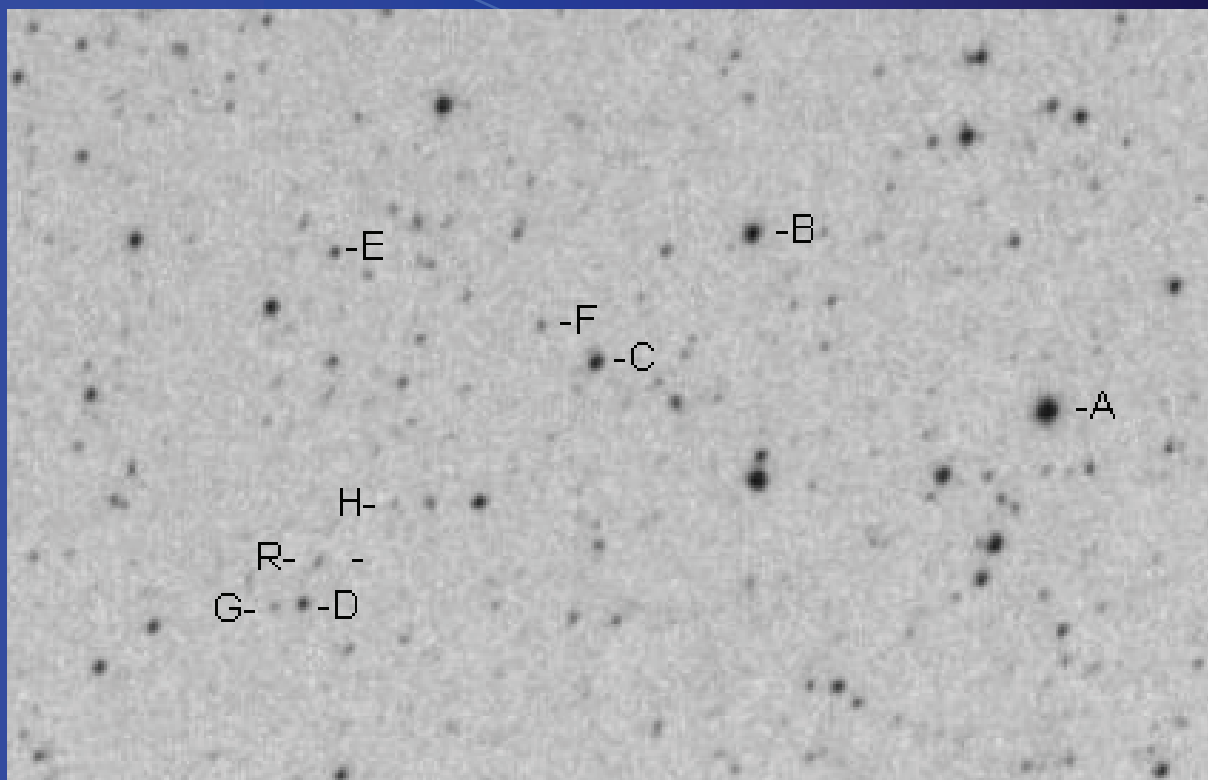


R Cas

15.3.1966

JD=2439200,299

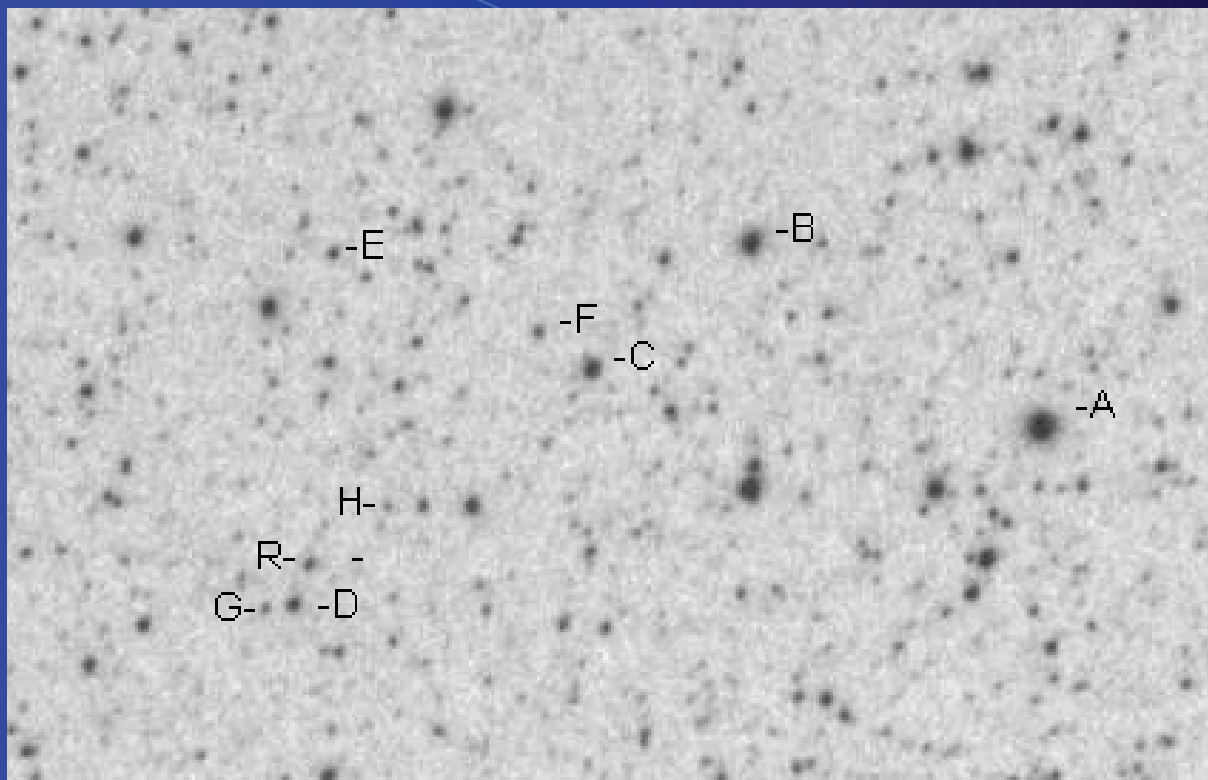




R Cas

26.4.1966

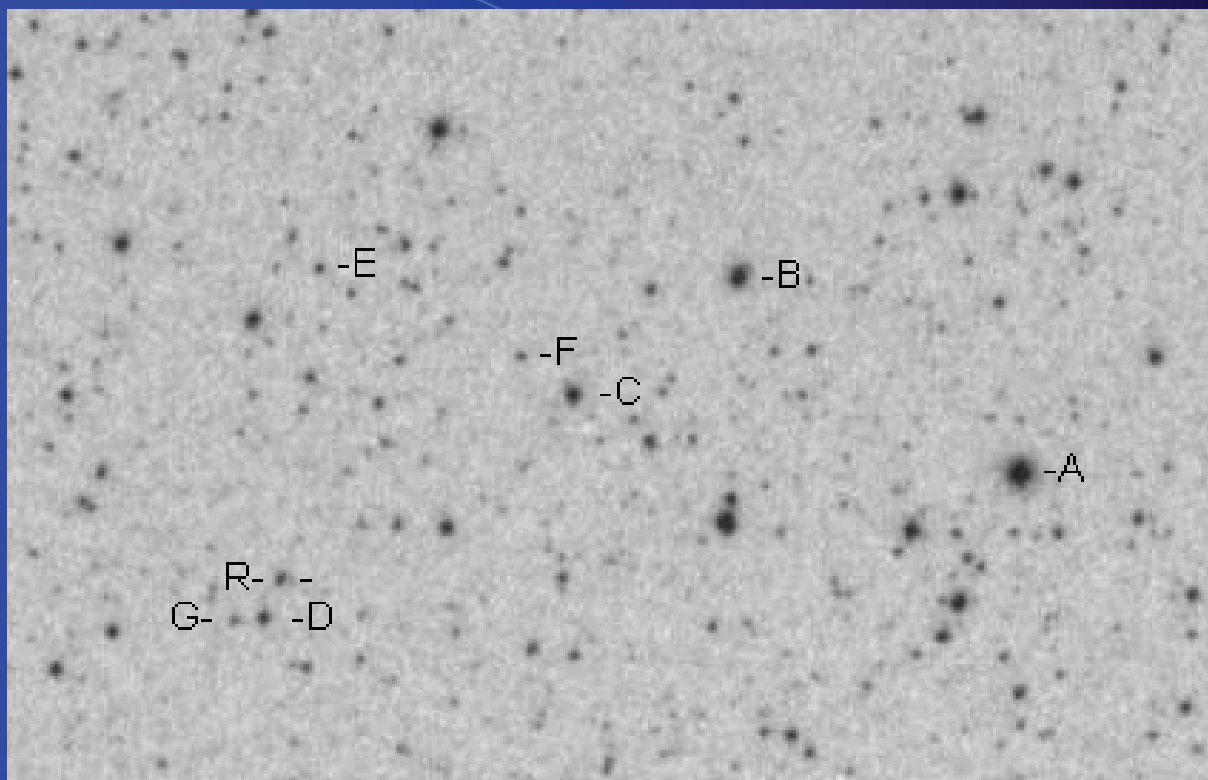
JD=2439242,576



R Cas

17.5.1966

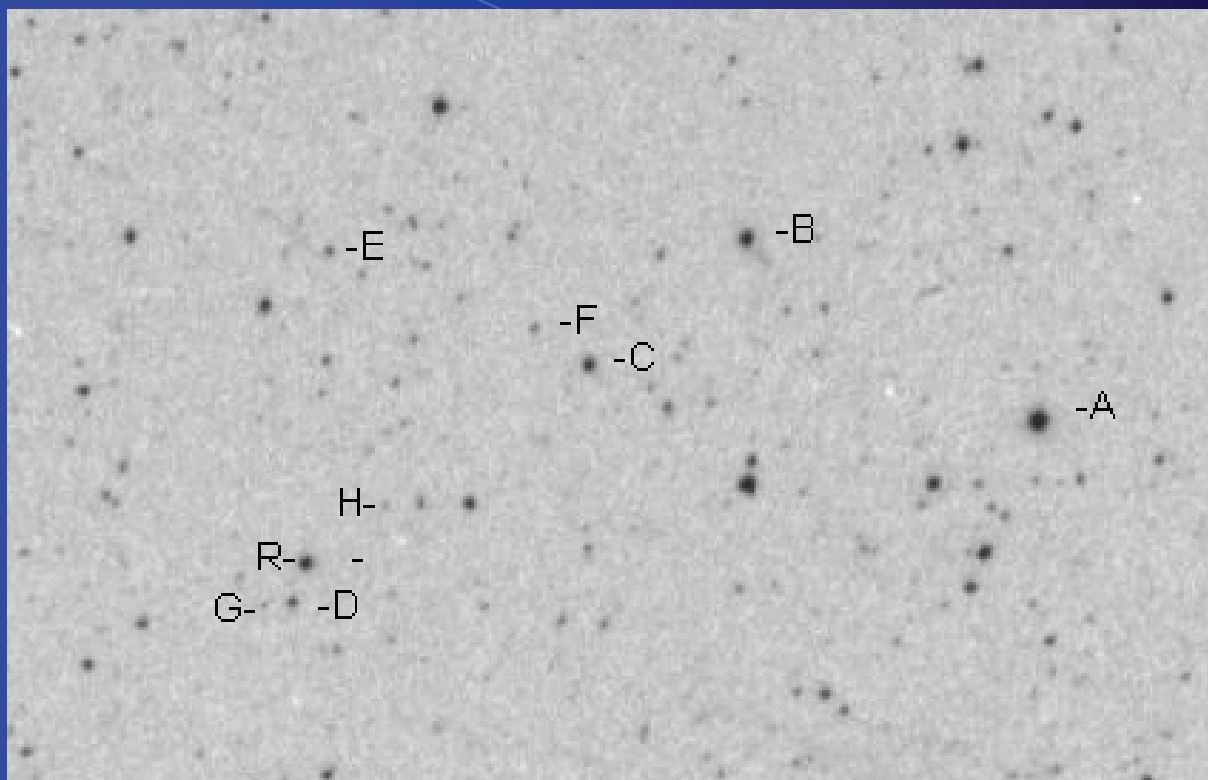
JD=2439263,543



R Cas

24.5.1966

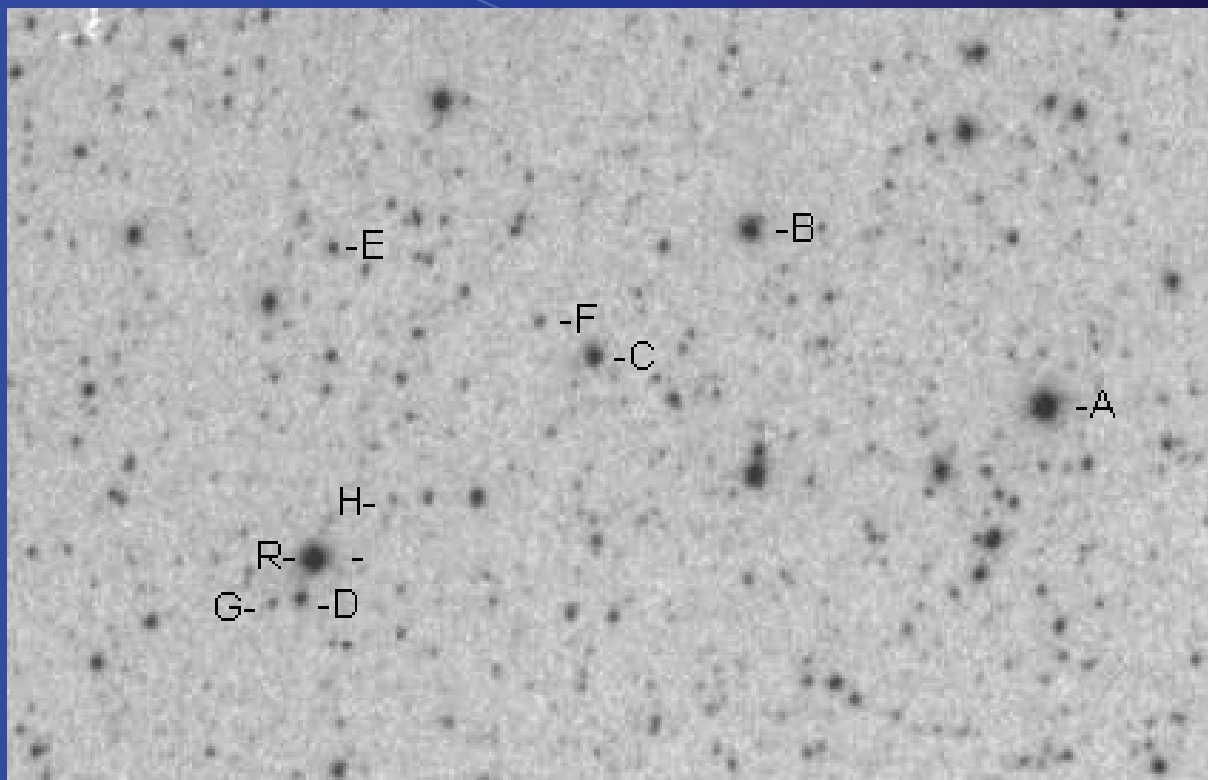
JD=2439270,539



R Cas

9.6.1966

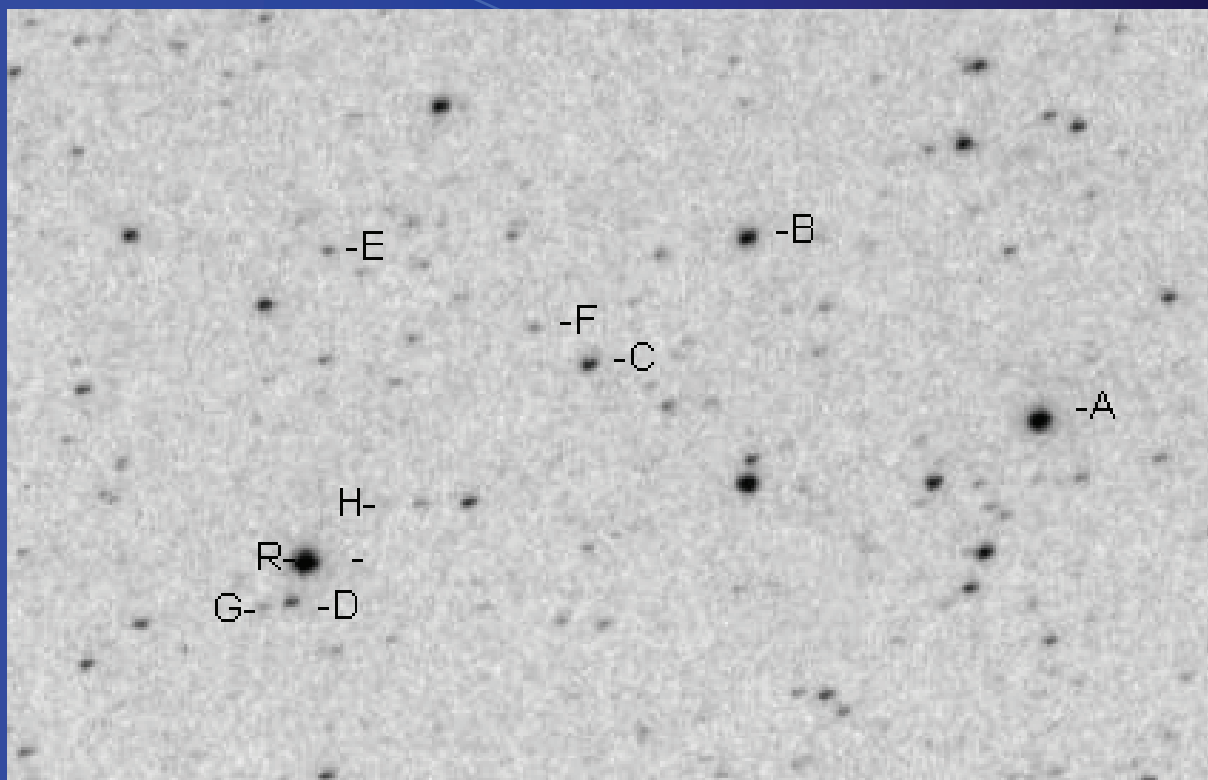
JD=2439286,496



R Cas

23.6.1966

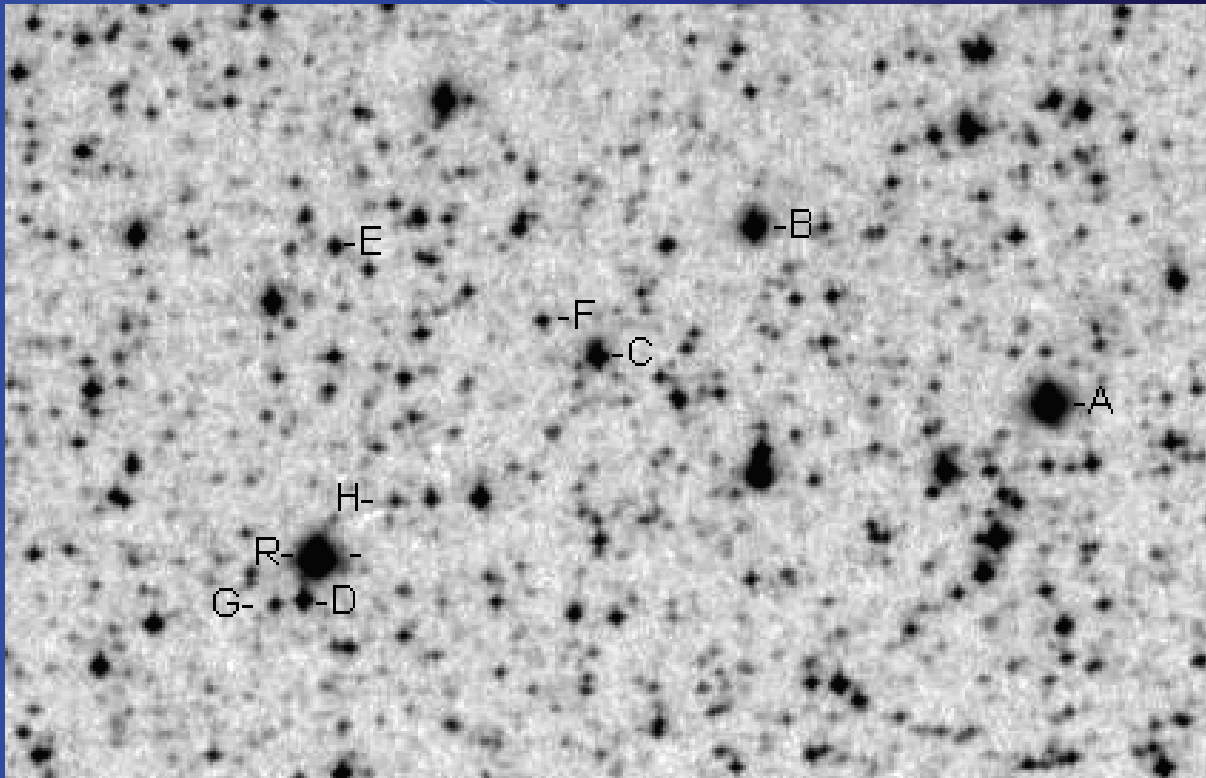
JD=2439299,512



R Cas

10.7.1966

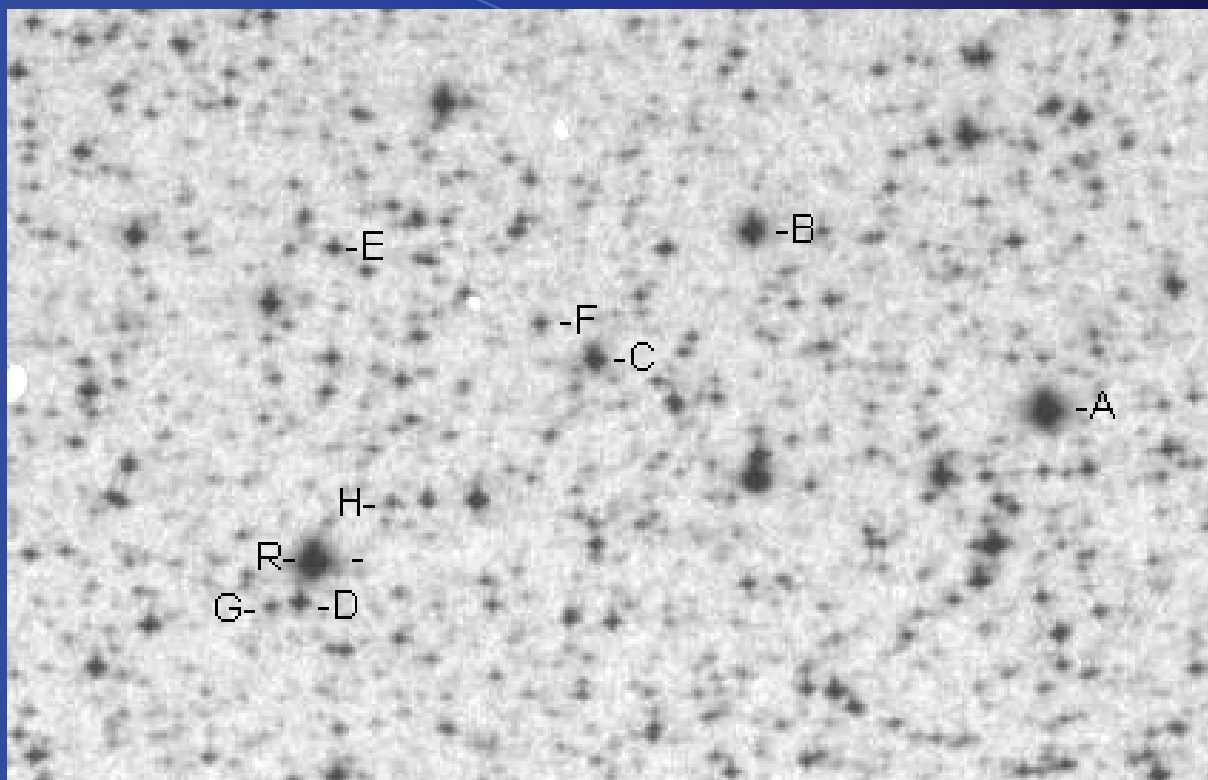
JD=2439317,449



R Cas

24.7.1966

JD=2439330,513

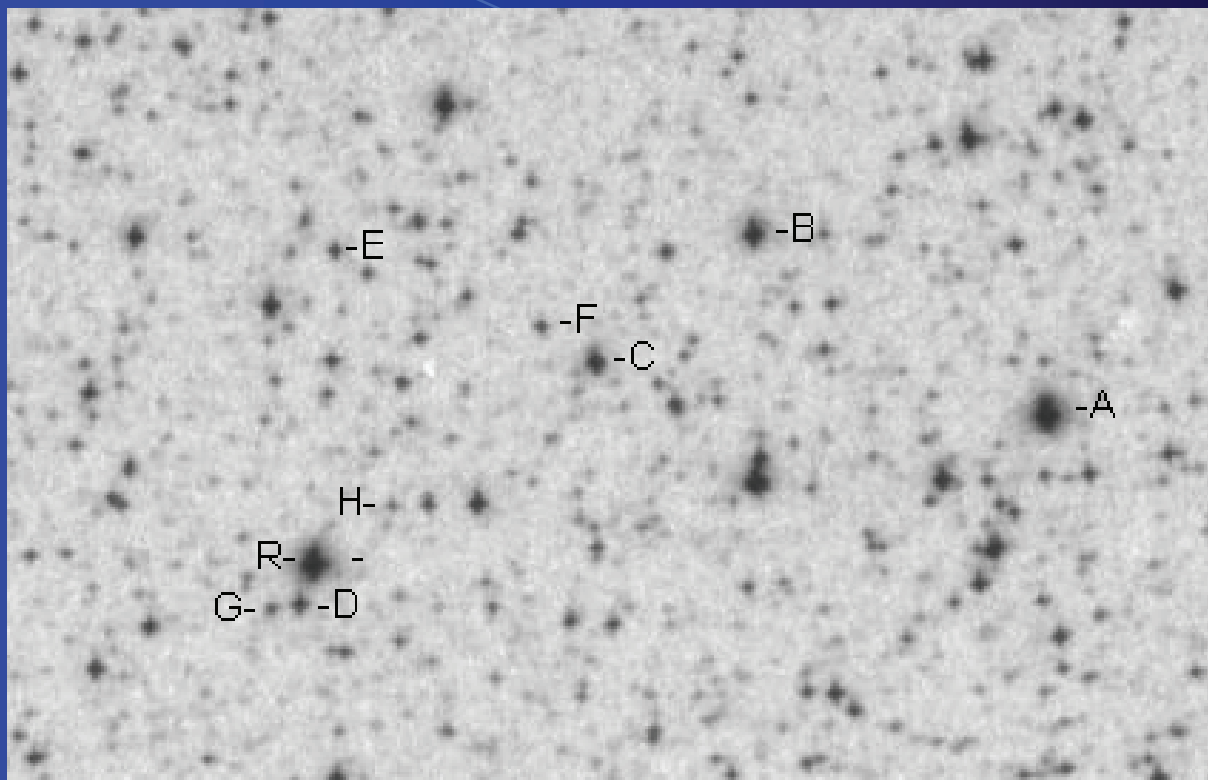


R Cas

12.8.1966

JD=2439350,550

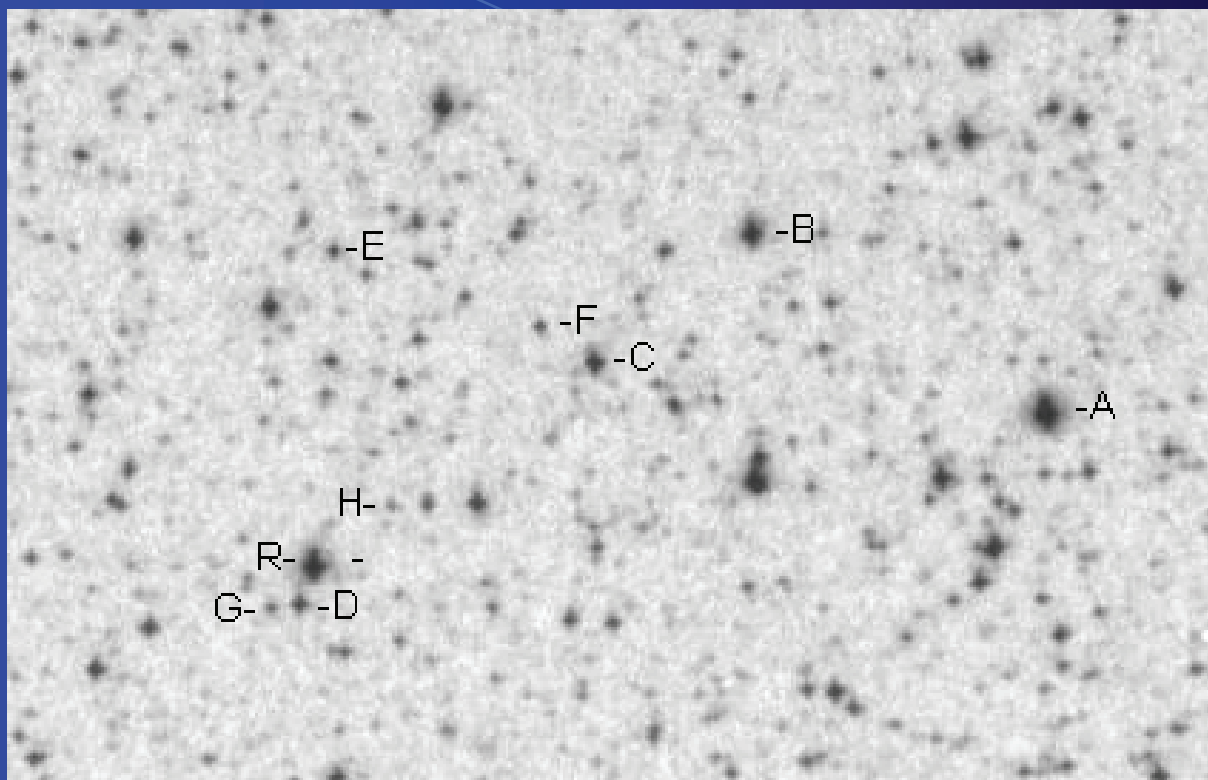




R Cas

21.8.1966

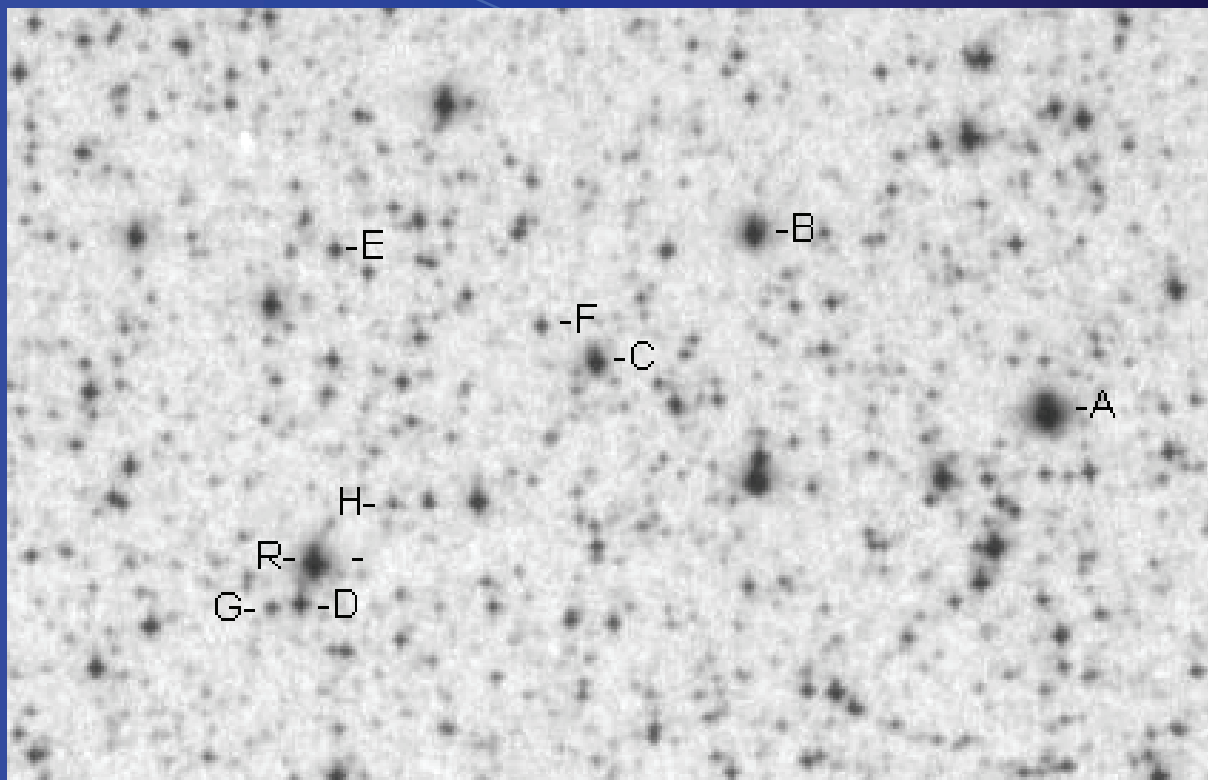
JD=2439359,499



R Cas

10.9.1966

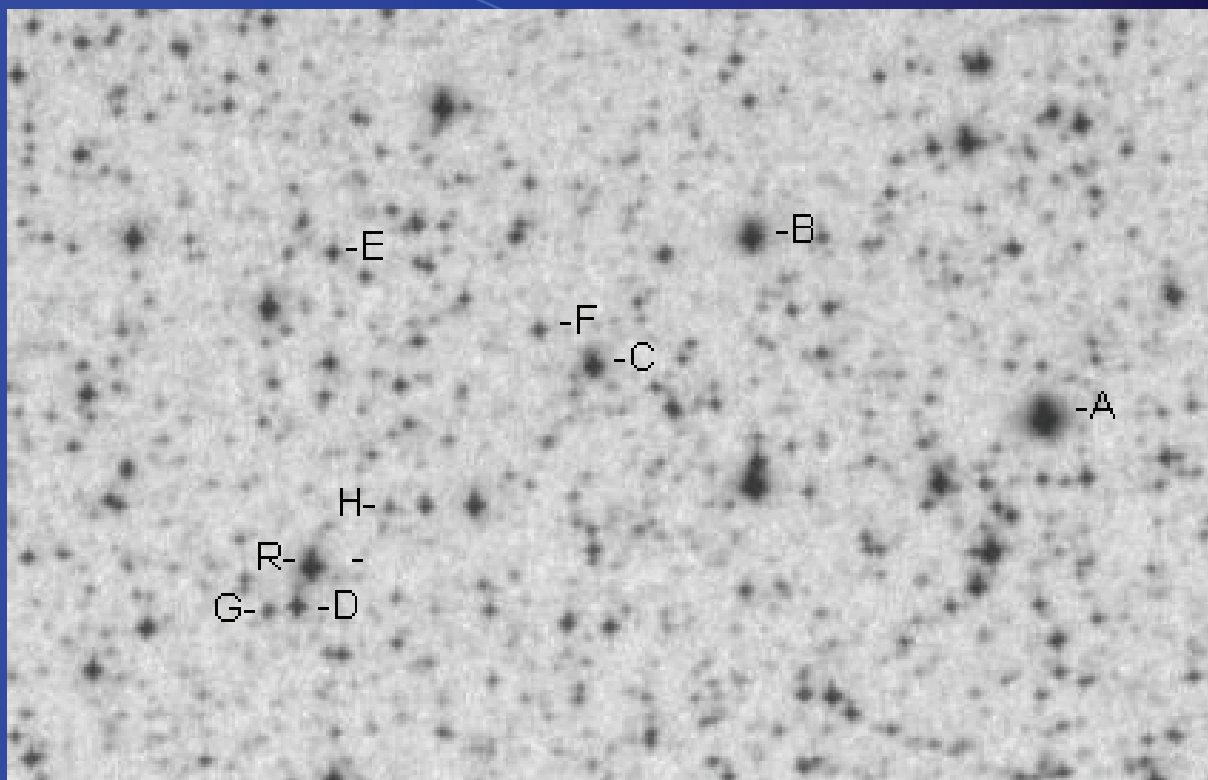
JD=2439379,477



R Cas

16.9.1966

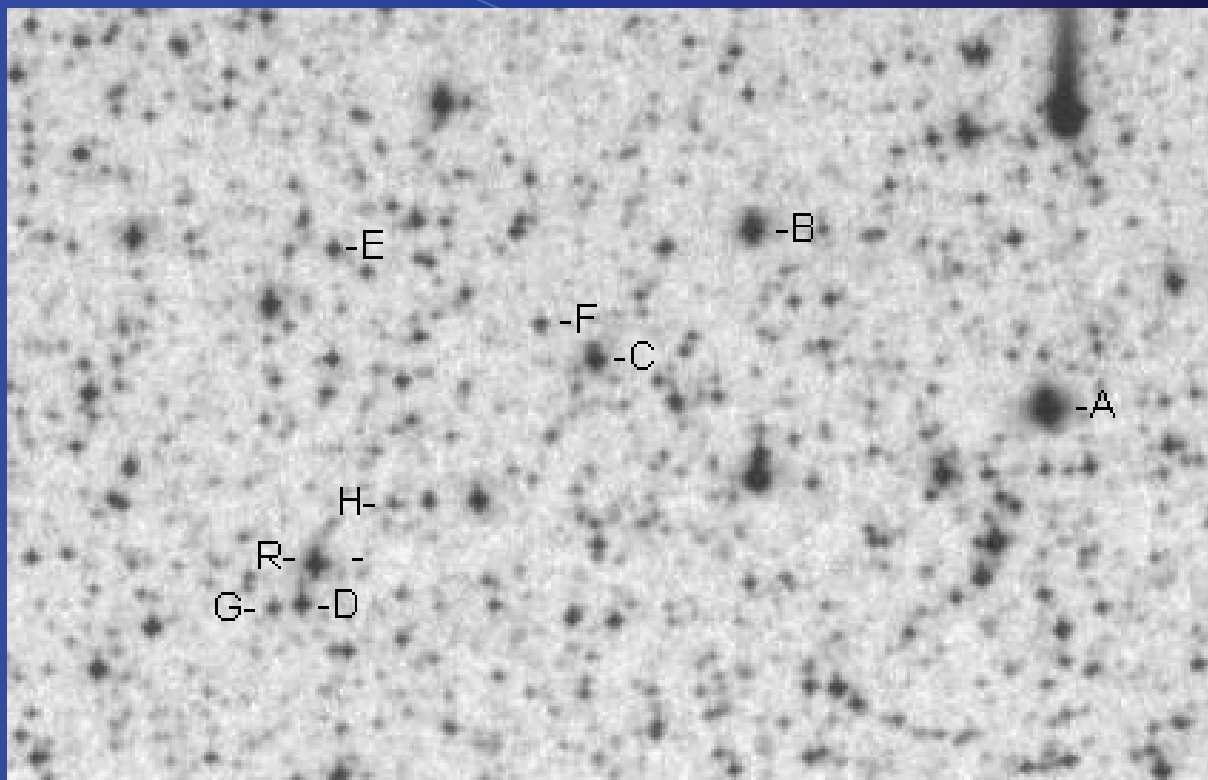
JD=2439385,471



R Cas

7.10.1966

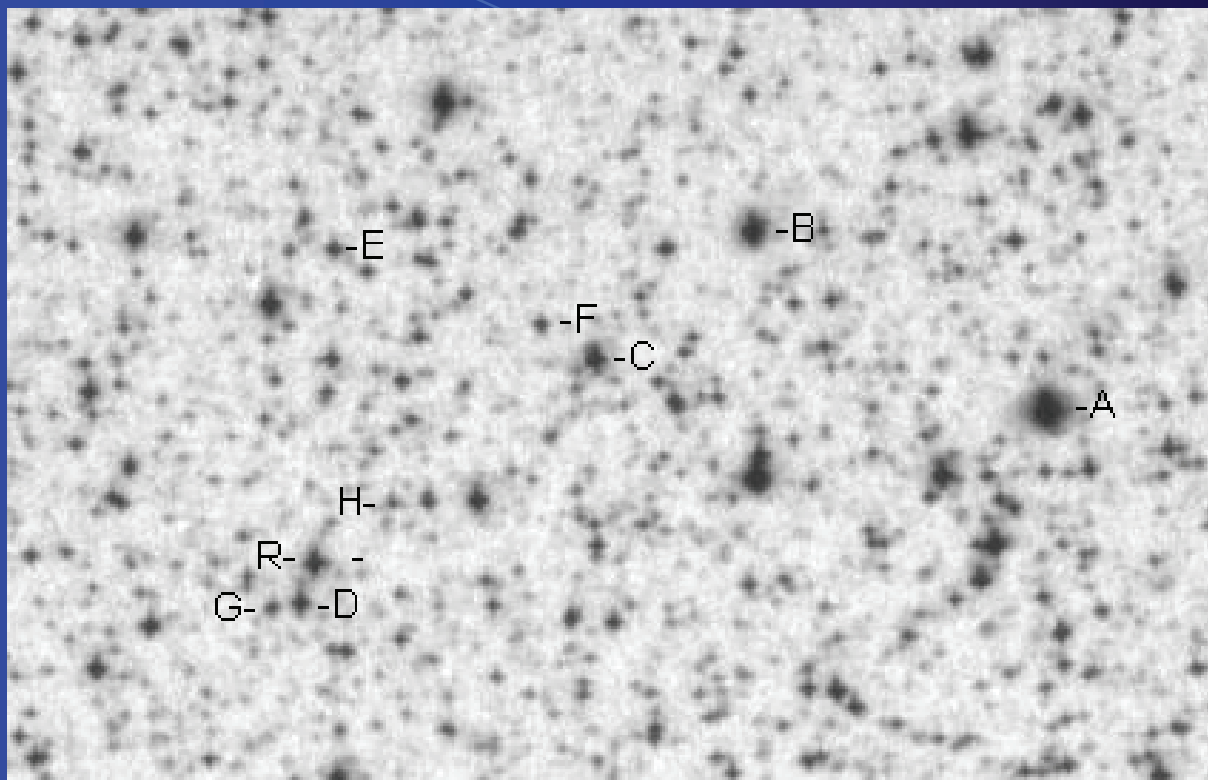
JD=2439406,346



R Cas

14.10.1966

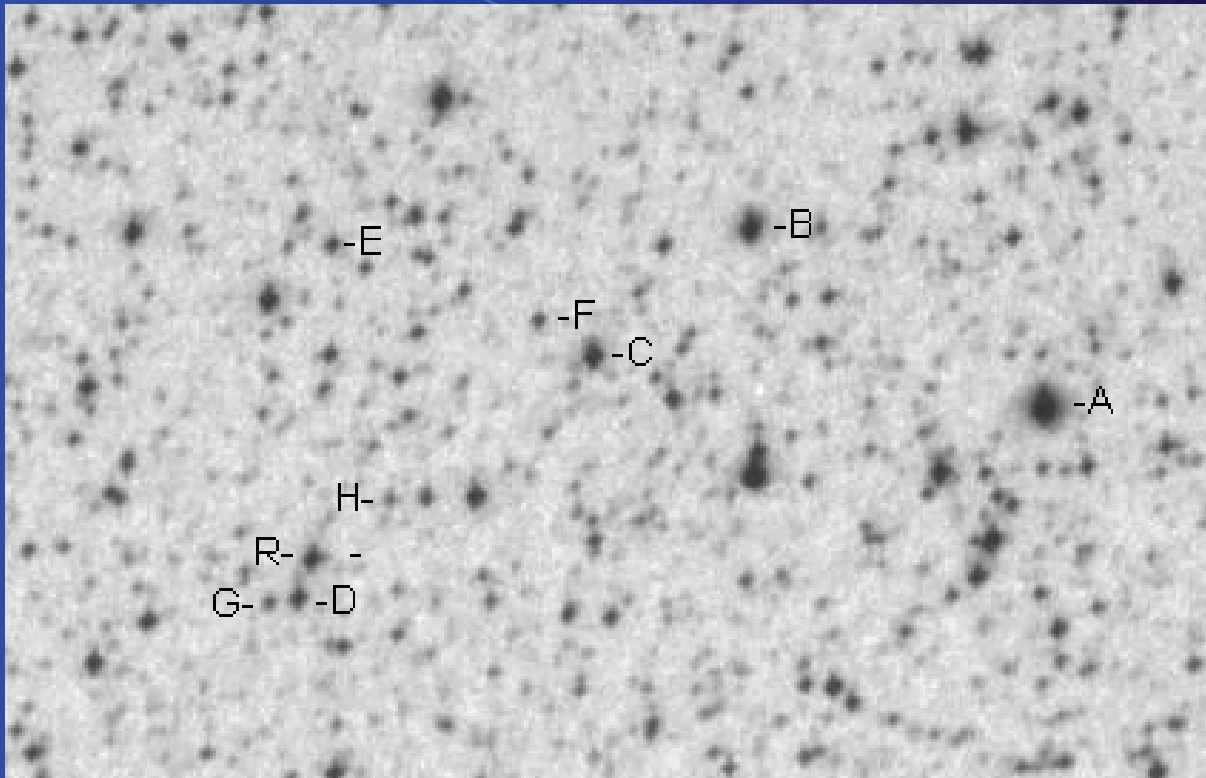
JD=2439413,528



R Cas

6.11.1966

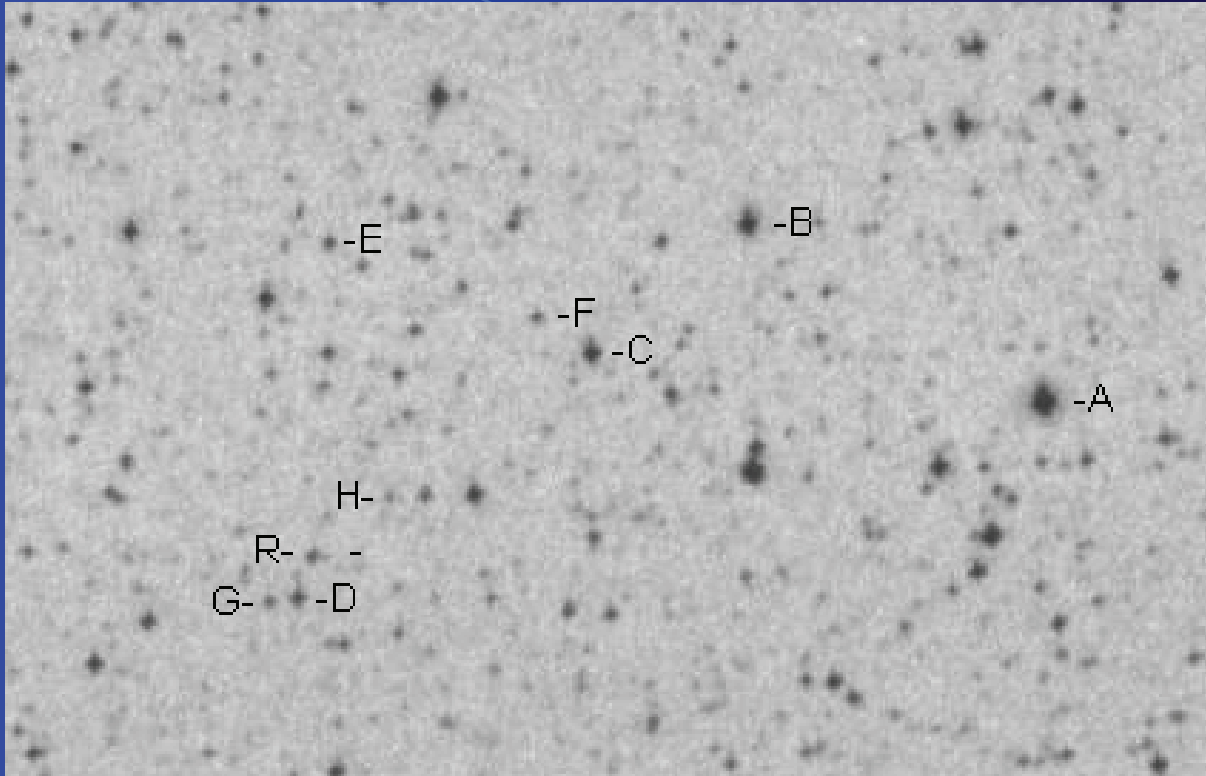
JD=2439436,336



R Cas

12.11.1966

JD=2439442,490

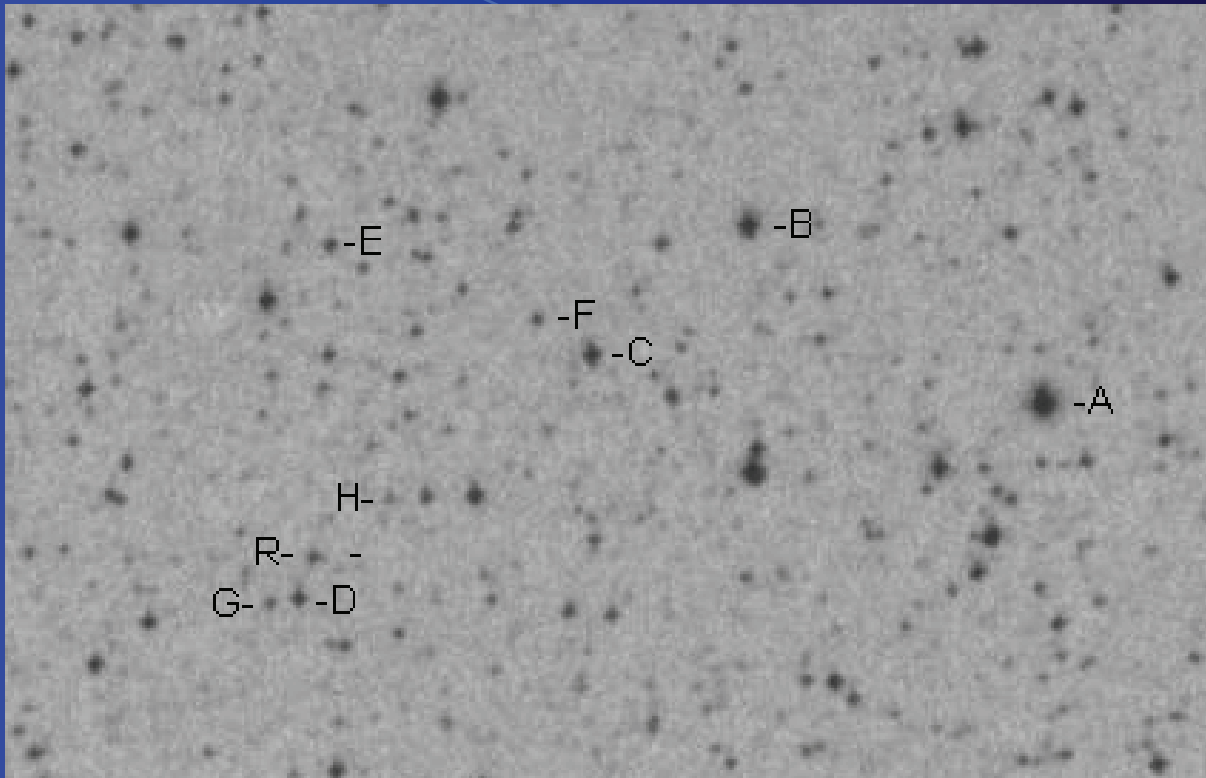


R Cas

9.1.1967

JD=2439500,344

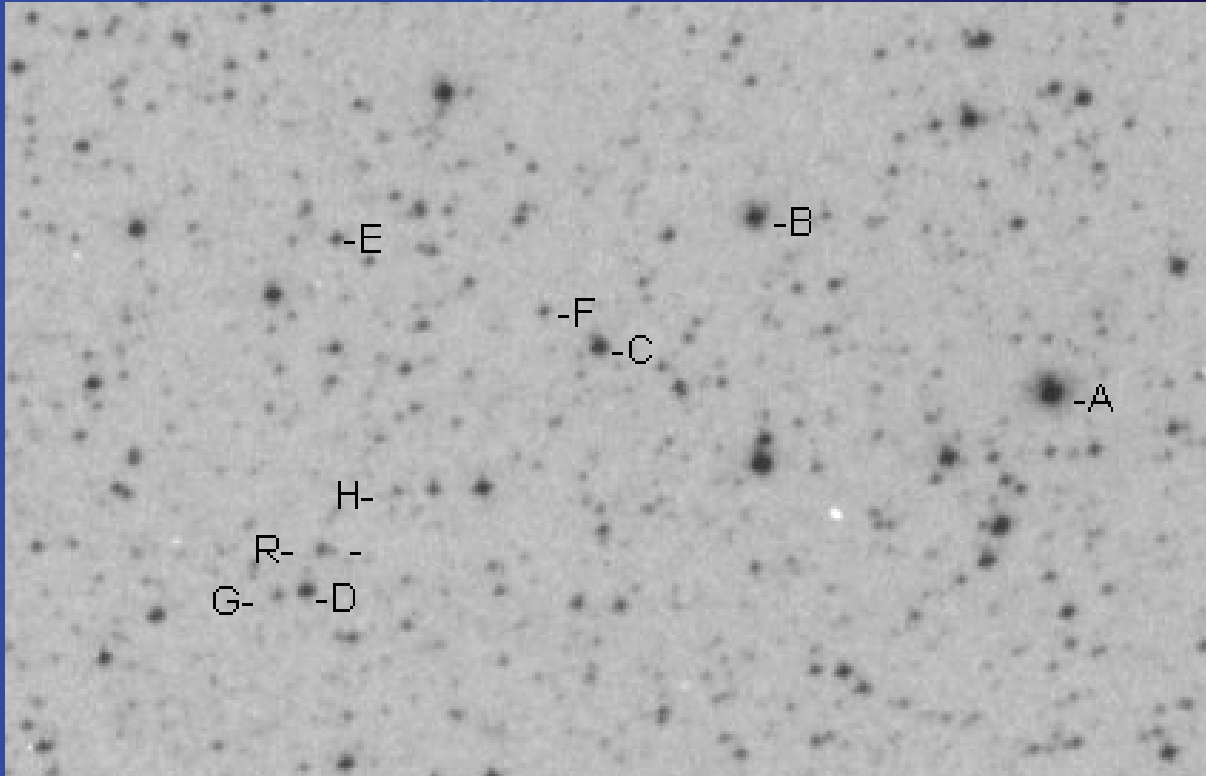




R Cas

17.1.1967

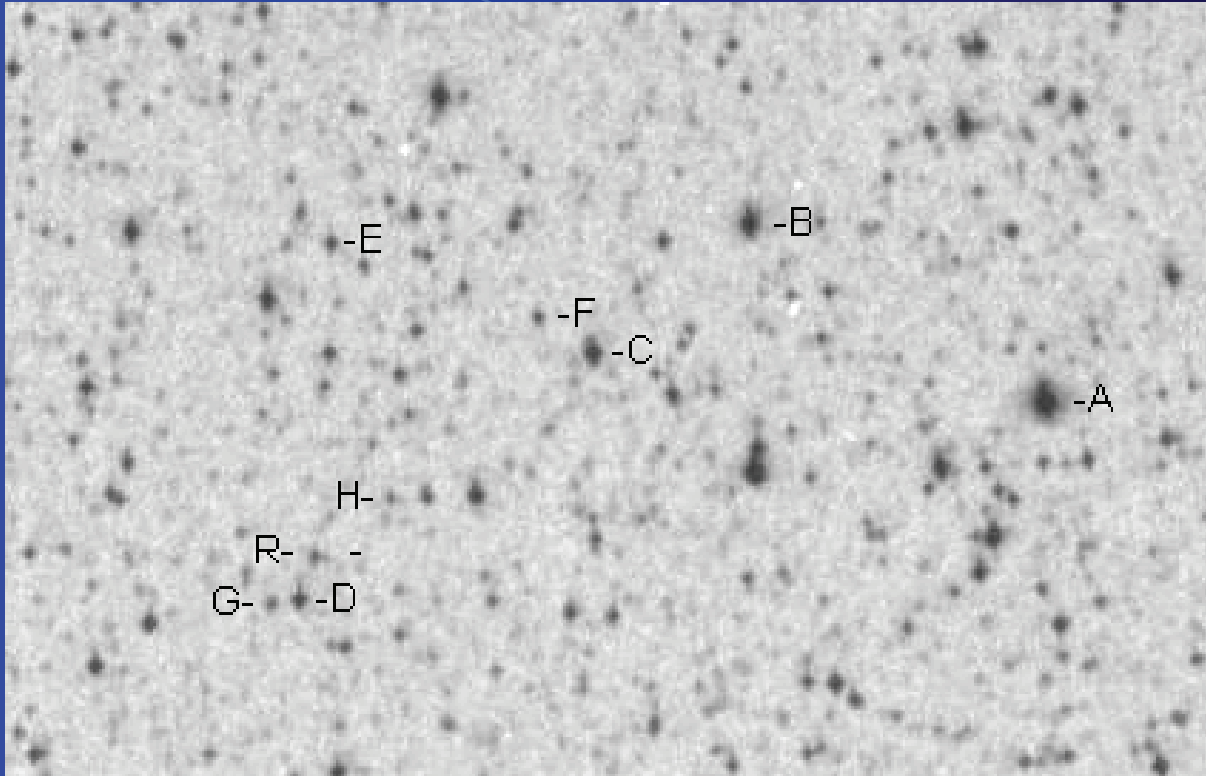
JD=2439508,447



R Cas

30.1.1967

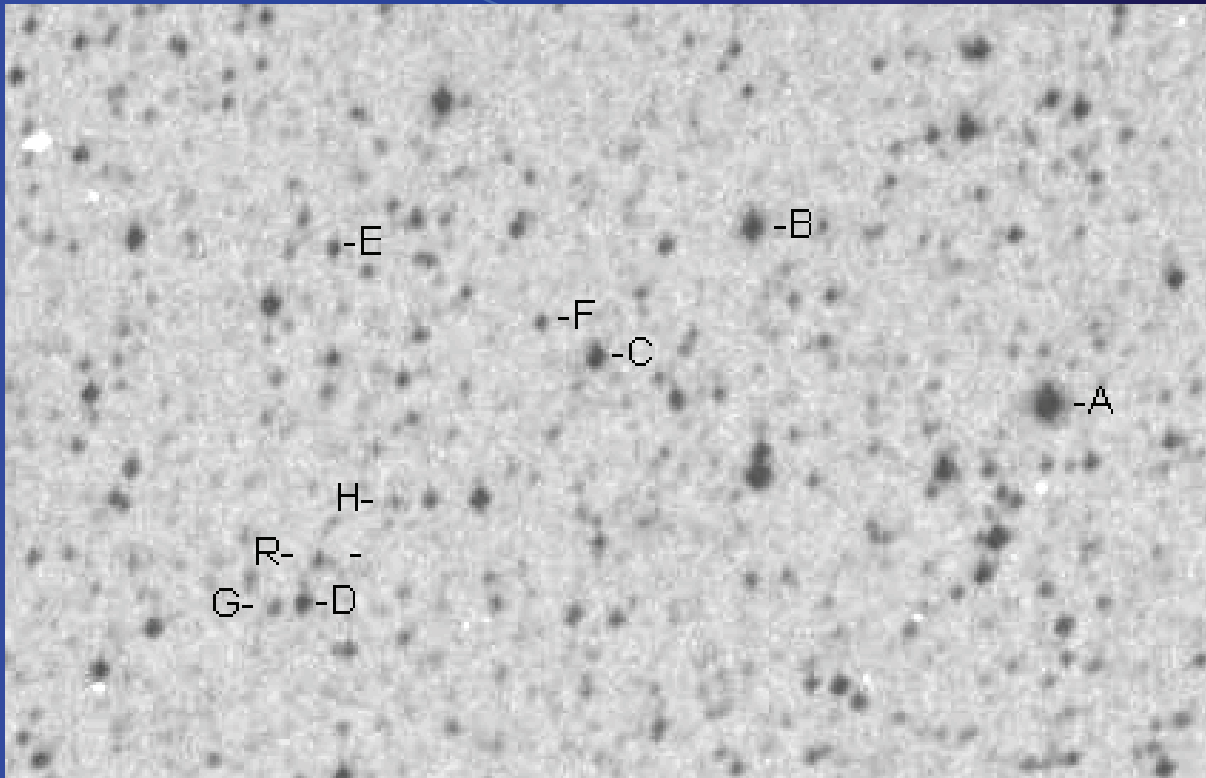
JD=2439521,267



R Cas

9.2.1967

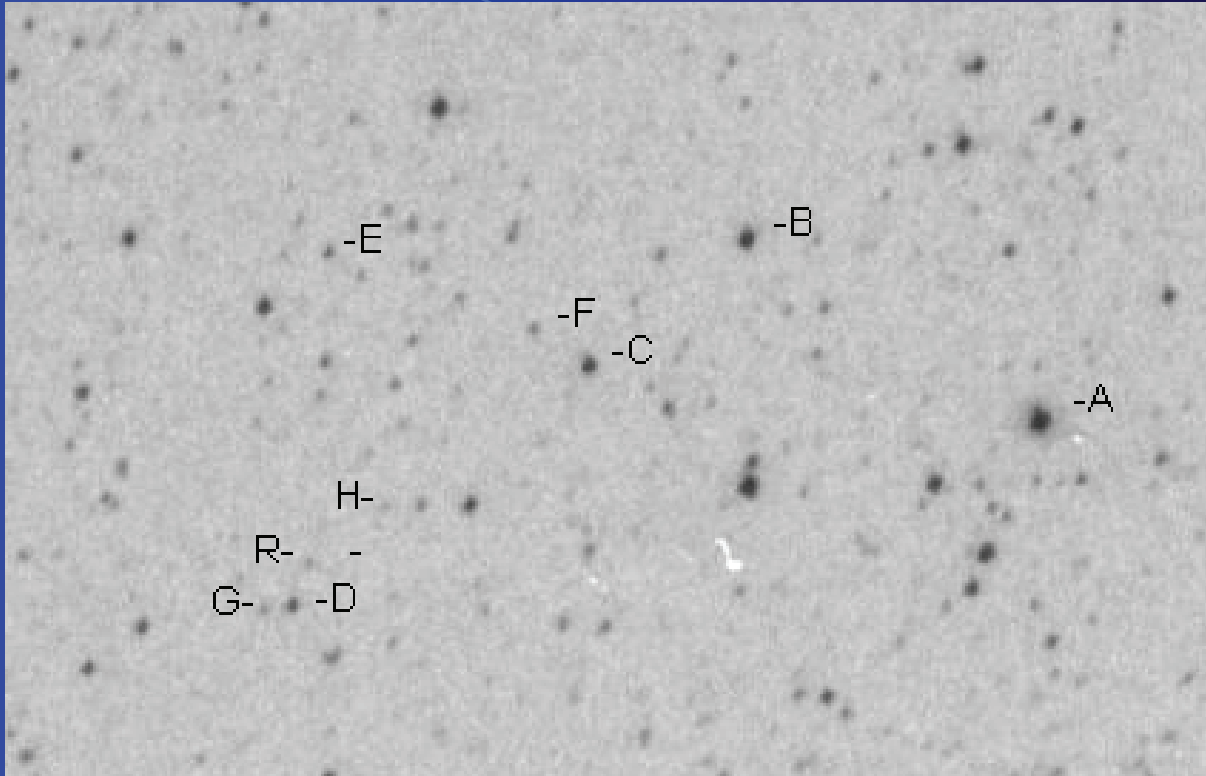
JD=2439531,309



R Cas

11.2.1967

JD=2439533,328



R Cas

13.4.1967

JD=2439593,591

# Auswertung

1. Schritt:  
Stufendifferenzen zwischen  
Vergleichssterne  
berechnen



# Auswertung

## 1. Schritt:

Stufendifferenzen zwischen Vergleichssterne berechnen

Beispiel: Abstand zwischen G und H:  $g+h$

Platte Nr.	JD	BD	Schätzung (A a V b B) oder (B b V c C) oder (C c V d D) oder (D d V e E) oder (E e V f F) oder (F f V g G) oder (G g V h H)	a+b	b+c	c+d	d+e	e+f	f+g	g+h	Korrig. Stufenwert	Endgült. Stufenwert
2439...												
	146,331	20. 01. 1966	G 1 V 2 H							3		
	200,299	15. 03. 1966	G 0 V 3 H							3		
	242,576											
	263,543											
	270,539											
	286,496											
	299,512											
	317,449											
	330,513											
	350,550											
	359,449	21. 08. 1966	A 1 V 4 B									
	379,477											
	385,471											
	406,346											
	413,336											
	436,336											
	442,490											
	500,344											
	508,447											
	521,267											
	531,309											
	533,328											
	593,591	13. 04. 1967	G 2 V 2 H							4		

# Auswertung

2. Schritt:  
Korrektur der Stufendifferenzen





# Auswertung

2. Schritt:  
Korrektur der  
Stufendifferenzen

Beispiel:

Mittelwert  
von Spalte g+h=3,33

Anteilmäßige Aufteilung des

Mittelwerts

$$3,33/3 \cdot 1 = 1,11$$

$$3,33/3 \cdot 0 = 0$$

$$3,33/4 \cdot 2 = 1,67$$

Platte Nr.	JD	BD	Schätzung (A a V b B) oder (B b V c C) oder (C c V d D) oder (D d V e E) oder (E e V f F) oder (F f V g G) oder (G g V h H)	a+b	b+c	c+d	d+e	e+f	f+g	g+h	Korrig. Stufenwert	Endgült. Stufenwert
2439...												
	146,331	20. 01. 1966	G 1 V 2 H							3	1,11	
	200,299	15. 03. 1966	G 0 V 3 H							3	0	
	242,576											
	263,543											
	270,539											
	286,496											
	299,512											
	317,449											
	330,513											
	350,550											
	359,449	21. 08. 1966	A 1 V 4 B									
	379,477											
	385,471											
	406,346											
	413,336											
	436,336											
	442,490											
	500,344											
	508,447											
	521,267											
	531,309											
	533,328											
	593,591	13. 04. 1967	G 2 V 2 H							4	1,67	
			Mittelwert							3,33		

# Auswertung

3. Schritt:  
Bestimmung einer fortlaufenden  
Stufendifferenz



# Auswertung

## 3. Schritt:

Bestimmung einer fortlaufenden Stufendifferenz

beginnend mit dem hellsten Vergleichssterne (A: 0)

Beispiel:

V für den 07. 10. 1966  
Endgültiger Stufenwert:  
 $4,71 + 0,9 = 5,61$

Platte Nr.	JD	BD	Schätzung (A a V b B) oder (B b V c C) oder (C c V d D) oder (D d V e E) oder (E e V f F) oder (F f V g G) oder (G g V h H)	a+b	b+c	c+d	d+e	e+f	f+g	g+h	Korrig. Stufenwert	Endgült. Stufenwert
2439...												
	146,331	20. 01. 1966	G 1 V 2 H							3	1,11	
	200,299	15. 03. 1966	G 0 V 3 H							3	0	
	242,576											
	263,543											
	270,539											
	286,496	09. 06. 1966	B 1 V 1 C		2						1,33	(4,71+1,33) 6,04
	299,512	23. 06. 1966	A 2 V 3 B	5							1,9	1,9
	317,449	10. 07. 1966	A 0 V 4 B	4							0	0
	330,513	24. 07. 1966	A 0 V 4 H	4							0	0
	350,550	12. 08. 1966	A 1 V 4 B	5							0,94	0,94
	359,449	21. 08. 1966	A 1 V 4 B	5							0,94	0,94
	379,477	10. 09. 1966	A 2 V 2 B	4							2,36	2,36
	385,471	16. 09. 1966	A 4 V 2 B	6							3,8	3,8
	406,346	07. 10. 1966	B 1 V 2 C		3						0,9	(4,71+0,9) 5,61
	413,336											
	436,336											
	442,490											
	500,344											
	508,447											
	521,267											
	531,309											
	533,328											
	593,591	13. 04. 1967	G 2 V 2 H							4	1,67	
			Mittelwert	4,71						3,33		

# R Cas Ergebnisse der Stufenschätzung nach Argelder

## Ergebnis

Platte Nr.	JD	BD	Schätzung (A a V b B) oder (B b V c C) oder (C c V d D) oder (D d V e E) oder (E e V f F) oder (F f V g G) oder (G g V h H)	a+b	b+c	c+d	d+e	e+f	f+g	g+h	Korrig. Stufenwert	Endgült. Stufenwert
2439...												
	146,331	20. 01. 1966	G 1 V 2 H							3	1,11	20,7
	200,299	15. 03. 1966	G 0 V 3 H							3	0	19,6
	242,576	26. 04. 1966	F 2 V 1 G						3		2,0	18,6
	263,543	17. 05. 1966	E 1 V 0 F					1			2,25	16,6
	270,539	26. 04. 1966	D 2 V 2 E				4				2,0	12,4
	286,496	09. 06. 1966	B 1 V 1 C		2						1,33	6,04
	299,512	23. 06. 1966	A 2 V 3 B	5							1,9	1,9
	317,449	10. 07. 1966	A 0 V 4 B	4							0	0
	330,513	24. 07. 1966	A 0 V 4 H	4							0	0
	350,550	12. 08. 1966	A 1 V 4 B	5							0,94	0,94
	359,449	21. 08. 1966	A 1 V 4 B	5							0,94	0,94
	379,477	10. 09. 1966	A 2 V 2 B	4							2,36	2,36
	385,471	16. 09. 1966	A 4 V 2 B	6							3,8	3,8
	406,346	07. 10. 1966	B 1 V 2 C		3						0,9	5,61
	413,336	14. 10. 1966	B 2 V 1 C		3						1,8	6,5
	436,336	06. 11. 1966	C 1 V 2 D			3					1,0	8,4
	442,490	12. 11. 1966	C 2 V 1 D			3					2,0	9,4
	500,344	09. 01. 1967	E 0 V 3 F					3			0	14,4
	508,447	17. 01. 1967	E 0 V 3 F					3			0	14,4
	521,267	30. 01. 1967	E 1 V 1 F					2			1,13	15,5
	531,309	09. 02. 1967	F 1 V 2 G						3		1,6	17,6
	533,328	11. 02. 1967	F 2 V 1 G						3		2,0	18,6
	593,591	13. 04. 1967	G 2 V 2 H							4	1,67	21,3
			Mittelwert	4,71	2,66	3,0	4,0	2,25	3,0	3,33		
			A	B	C	D	E	F	G	H		
			0	4,71	7,4	10,4	14,4	16,6	19,6	22,9		

# Daten für Stufenkurve

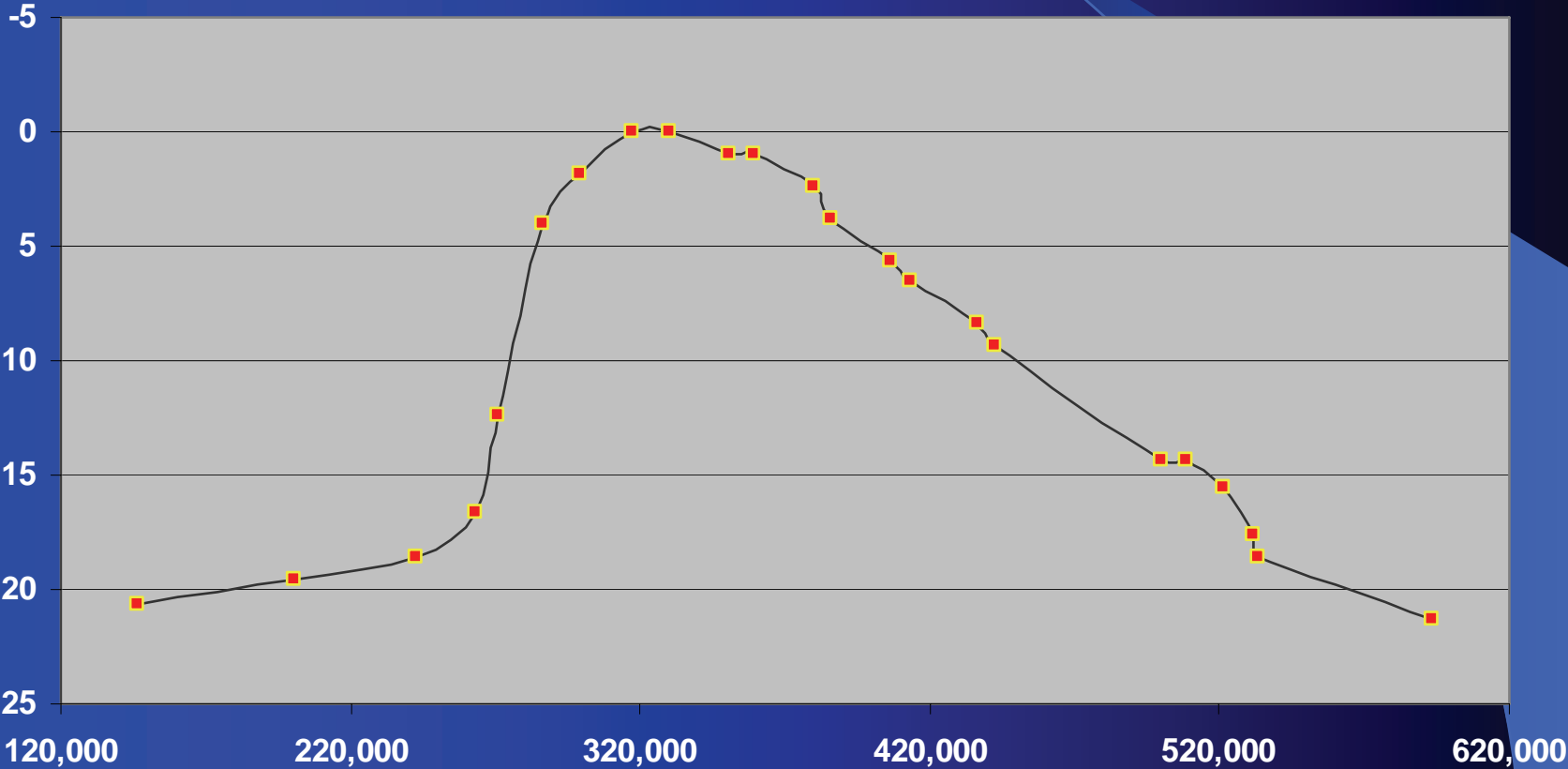
Platte	Julianisches Datum	Bürgerliches Datum	Endgültiger Stufenwert
R Cas	2439146,331	20.10.1966	20,7
R Cas	2439200,299	15.3.1966	19,6
R Cas	2439242,576	26.4.1966	18,6
R Cas	2439263,543	17.5.1966	16,6
R Cas	2439270,539	24.5.1966	12,4
R Cas	2439286,496	9.6.1966	4,0
R Cas	2439299,512	23.6.1966	1,9
R Cas	2439317,449	10.7.1966	0,0
R Cas	2439330,513	24.7.1966	0,0
R Cas	2439350,550	12.8.1966	0,9
R Cas	2439359,499	21.8.1966	0,9
R Cas	2439379,477	10.9.1966	2,4
R Cas	2439385,471	16.9.1966	3,8
R Cas	2439406,346	7.10.1966	5,6
R Cas	2439413,518	14.10.1966	6,5
R Cas	2439436,336	06.11.1966	8,4
R Cas	2439442,490	12.11.1966	9,4
R Cas	2439500,334	09.01.1967	14,4
R Cas	2439508,447	17.01.1967	14,4
R Cas	2439521,267	30.01.1967	15,5
R Cas	2439531,309	09.02.1967	17,6
R Cas	2439533,328	11.02.1967	18,6
R Cas	2439593,591	13.04.1967	21,3

# Die graphische Darstellung der Stufenwerte

- x-Achse:
  - Zeit in Julianischem Datum
- y-Achse:
  - endgültige Stufenwerte
  - Umgekehrte Beschriftung  
(Stufenwert 0 oben und höchster Stufenwert kurz vor Schnittpunkt mit x-Achse)

# Zur Kontrolle

—■— Stufenwerte



# Übertragung der Stufenwerte in Helligkeitswerte – die Lichtkurve

- Dazu werden die Helligkeiten der Vergleichssterne benötigt
- Die Stufenwerte der Vergleichssterne werden gegen die Helligkeiten aufgetragen, wobei die Punkte um eine Gerade streuen werden
- Diese Gerade (Ausgleichsgerade) muss nun ermittelt werden
- Anhand der Ausgleichsgeraden kann für jeden Stufenwert die entsprechende Helligkeit ermittelt werden



# Helligkeiten der Vergleichssterne

Stern	Schätzwert	Magnitudo	Ausgleich
a	0	6,93	
b	4,71	8,17	
c	7,4	9,03	
d	10,4	9,79	
e	14,4	10,52	
f	16,6	11,11	
g	19,6	11,61	

# Zur Kontrolle

◆ Magnitude — Ausgleich

