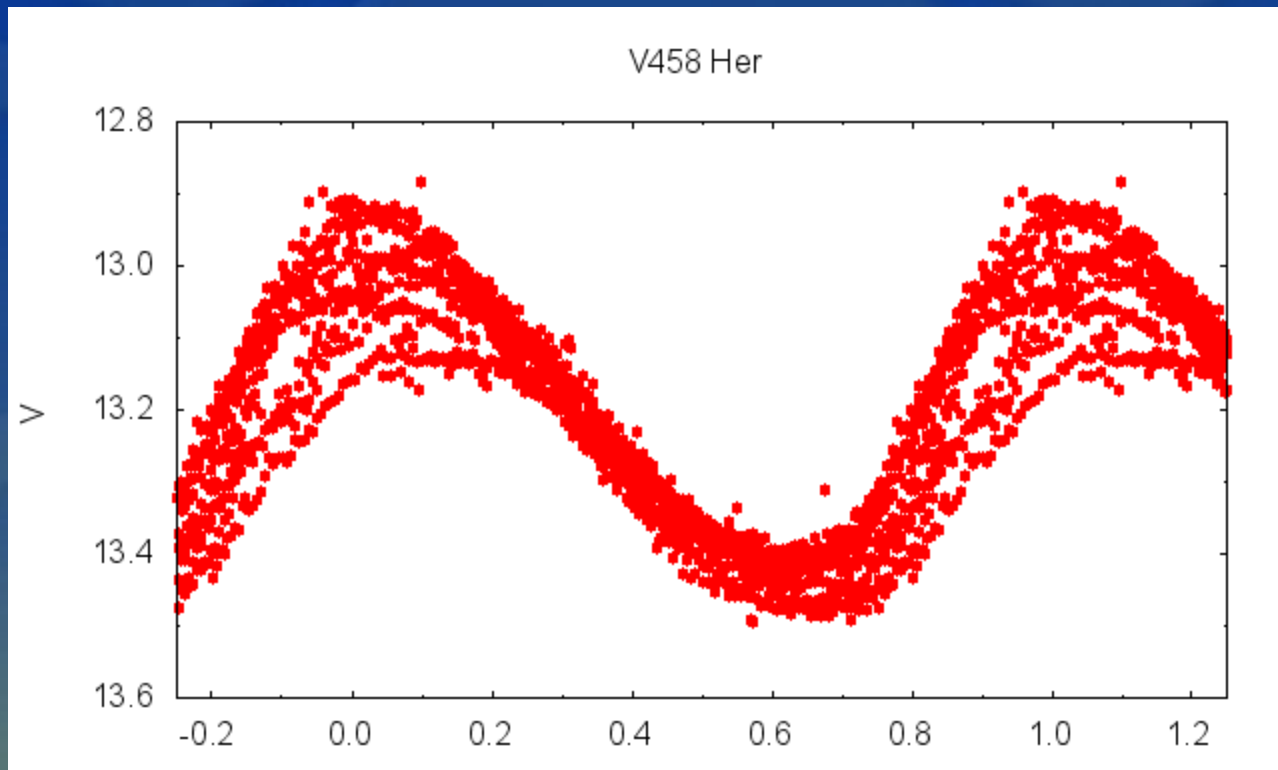
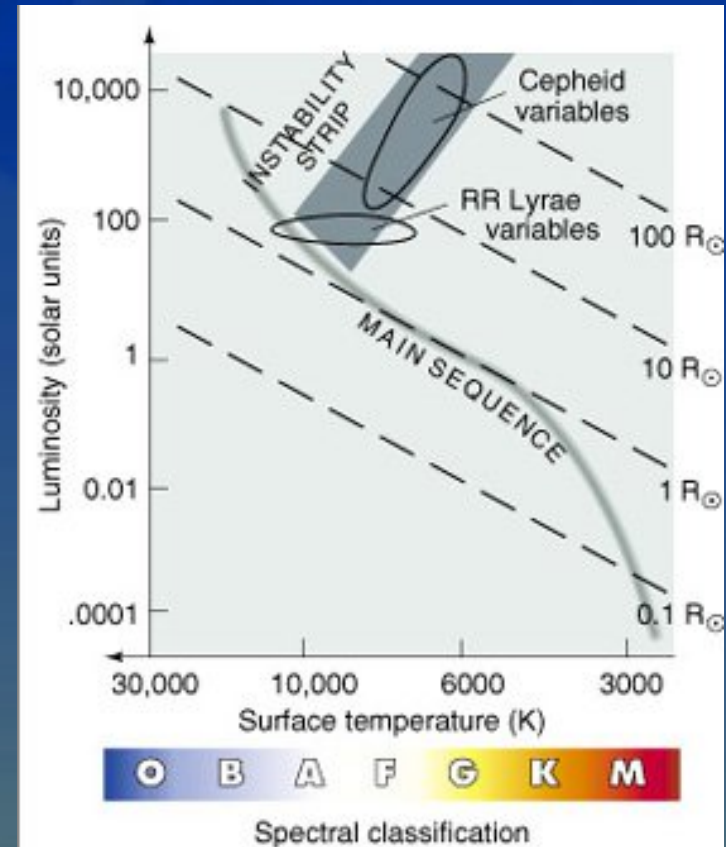
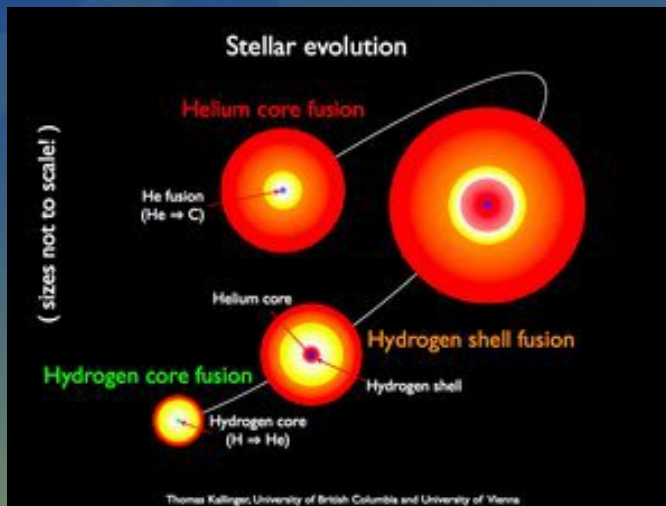


Double-Mode RR Lyrae Sterren



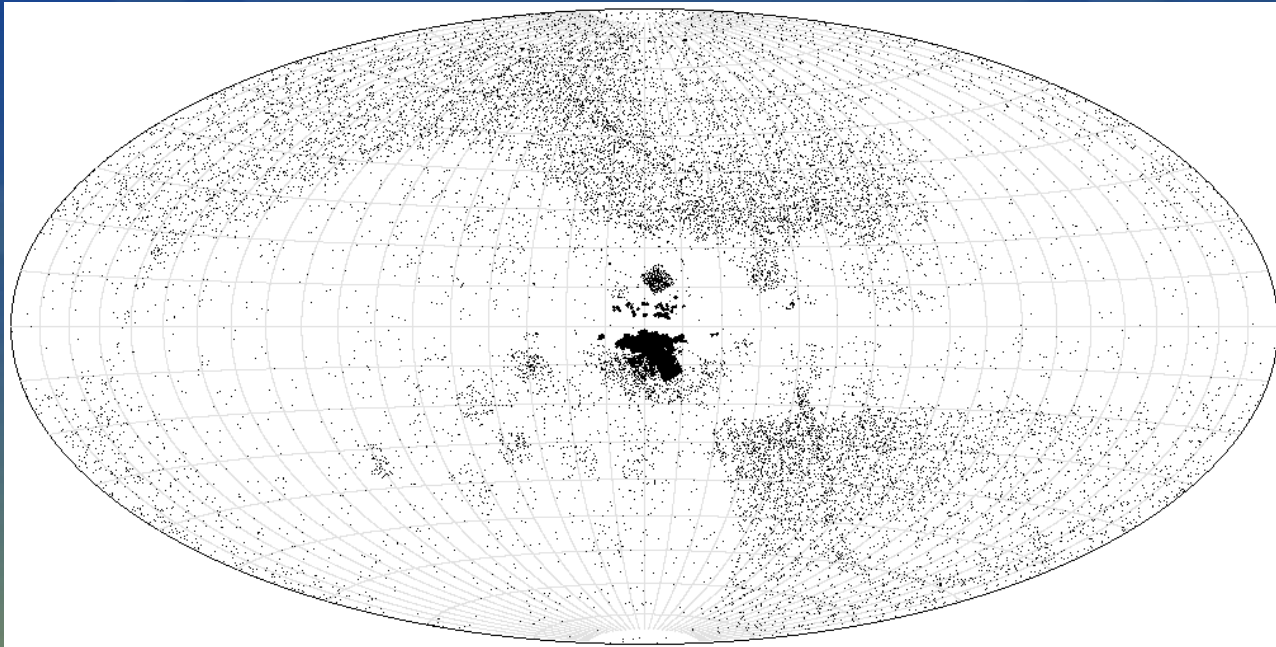
Wat zijn RR Lyrae-sterren?

- Oude (populatie II) sterren – horizontal branch
- $M_V = +0.5$ (HB!)
- ~ 0.5 zonsmassa
- Spectraaltype $\sim A2-F5$
- Pulsatieperiode 0.2 – 1 dag
- Verbranden helium in kern



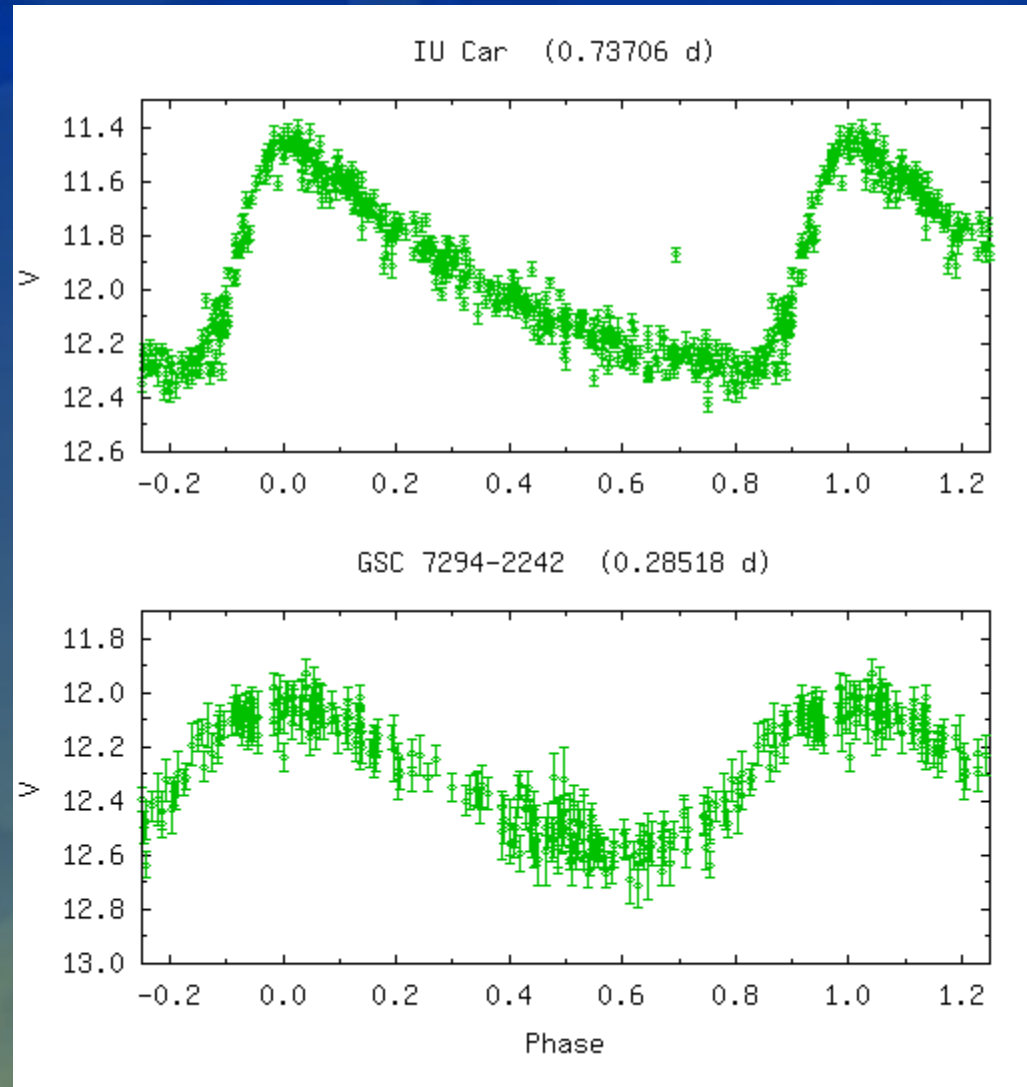
Waar bevinden zich RR Lyrae-sterren?

- Vnl. in Halo en Bulge Melkweg
- Komen veel voor:
 - RRab: >33000 in VSX (14%)
 - Meest voorkomende type in VSX
 - Vertekend beeld?



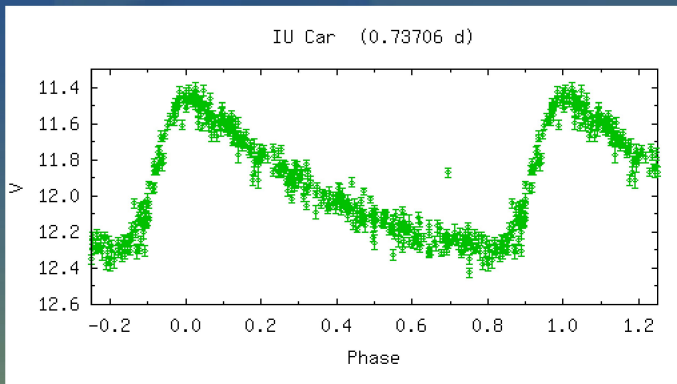
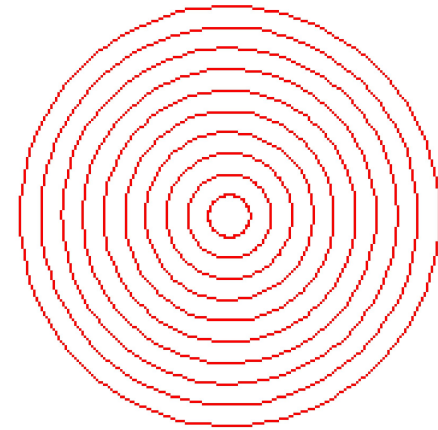
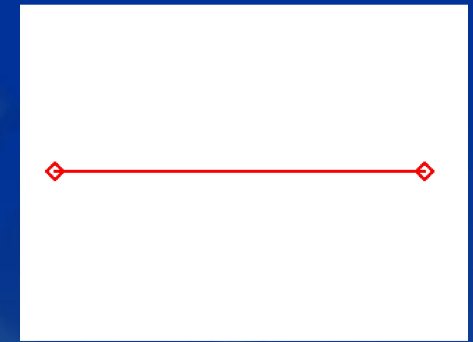
Twee types RR Lyrae-sterren

- RRab
 - Fundamentele mode
 - Grotere amplitude
 - ~ 1 mag
 - Langere periode
 - > 0.4 d
 - Sterk asymmetrisch
- RRC
 - 1ste boventoon
 - Kleinere amplitude
 - ~ 0.5 mag
 - Kortere periode
 - Meer symmetrisch



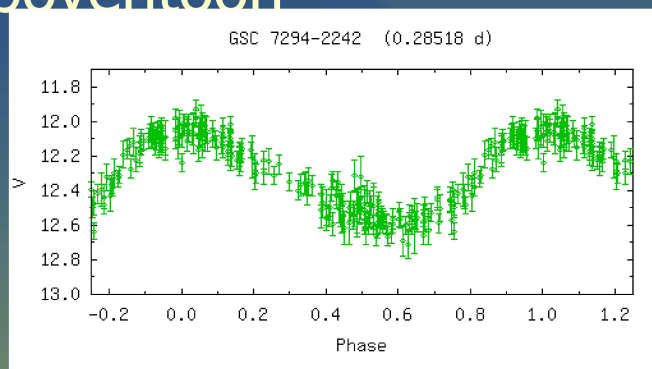
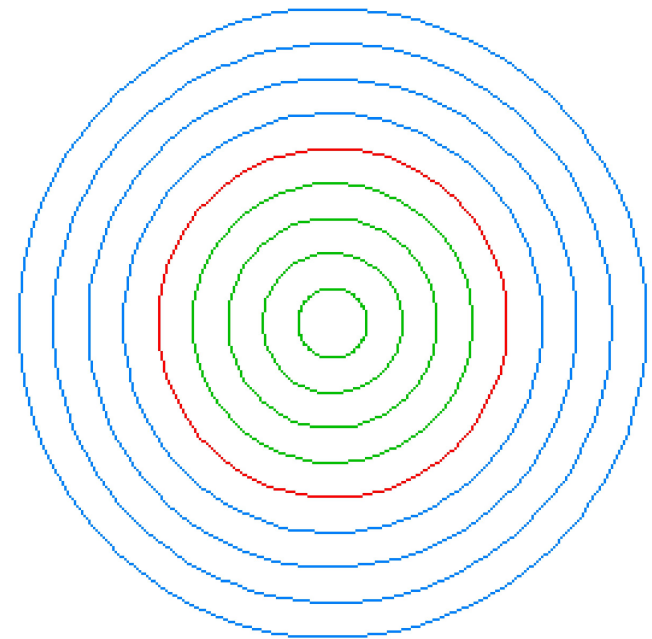
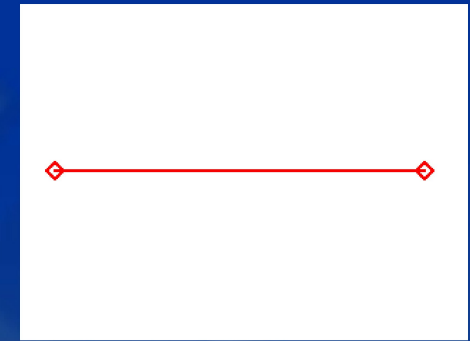
Pulsaties in fundamentele mode

- Radiale/sferische pulsatie
- Alle lagen in de ster bewegen in dezelfde richting
- Geen “knopen” in de ster
- Eigenlijk bewegen enkel de buitenste lagen



Boventoon-pulsaties

- Radiale pulsaties
- Verschillende lagen kunnen in verschillende richtingen bewegen
- Eén of meer “knopen” in de ster (lagen die niet bewegen)
- Voorbeeld 1ste boventoon



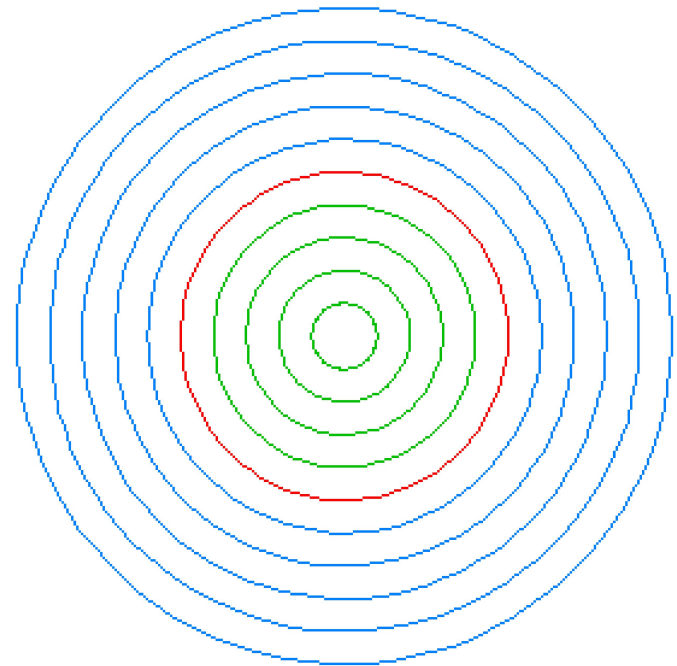
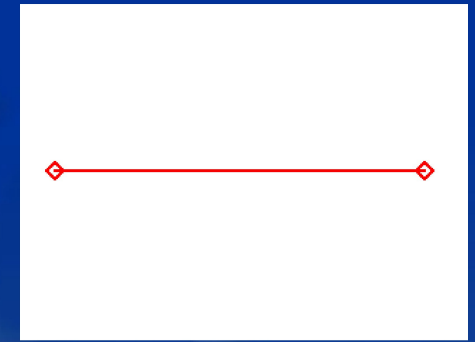
3de type: RRd

- Double-mode: combinatie van fundamentele en 1ste boventoon
- 10 jaar geleden: slechts 4 gekend in de Melkweg
- Meeste waren gekend in bolhopen
- Nu: 200-tal gekend, dankzij ASAS, NSVS, ...
- OGLE: Veel meer in LMC (~ 1000) en SMC (~ 250)
- Nog veel te ontdekken in de Melkweg?

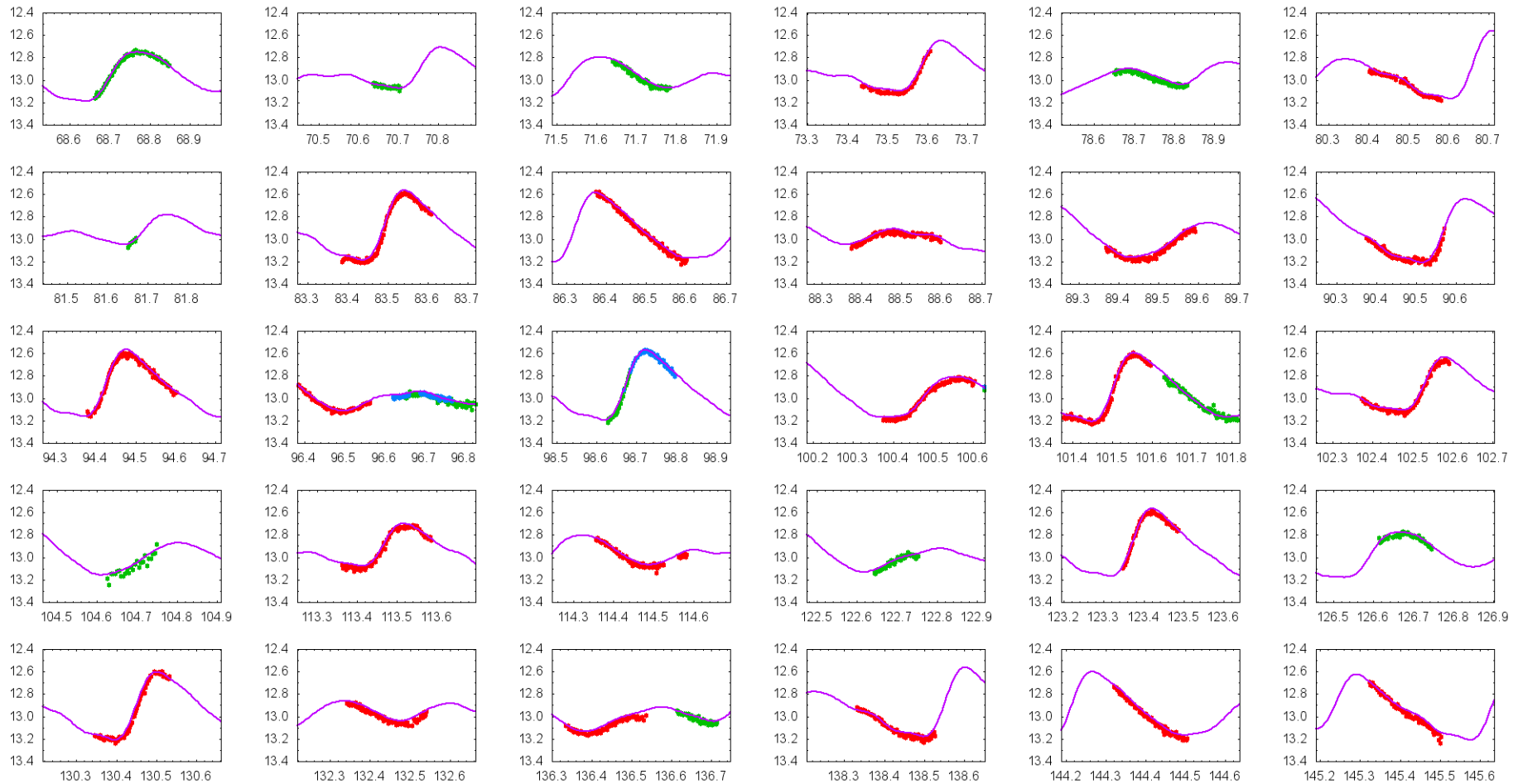


Double-Mode pulsaties

- Two stabiele radiale pulsatie-modes
- + Lineaire combinaties van die 2 modes
- Belangrijke objecten voor pulsatietheorieën (de 2 modes kunnen slechts in beperkt aantal gevallen samen voorkomen)

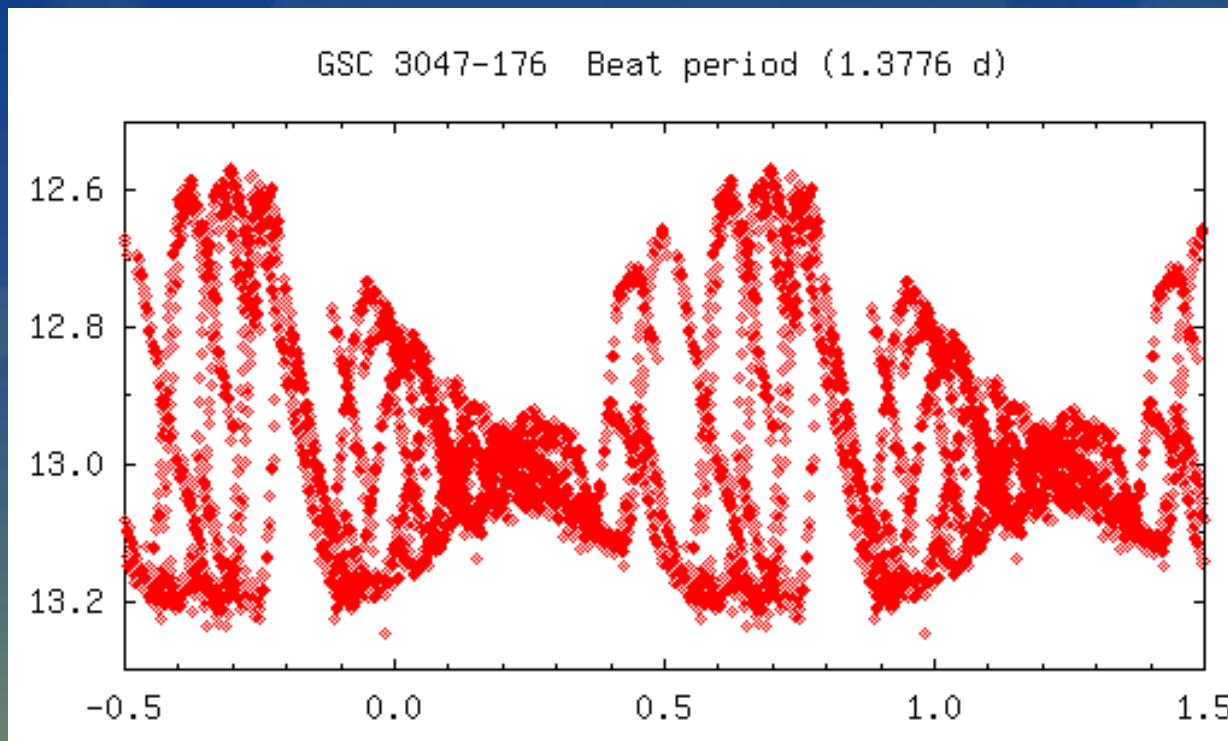


RRd: Lichtcurve



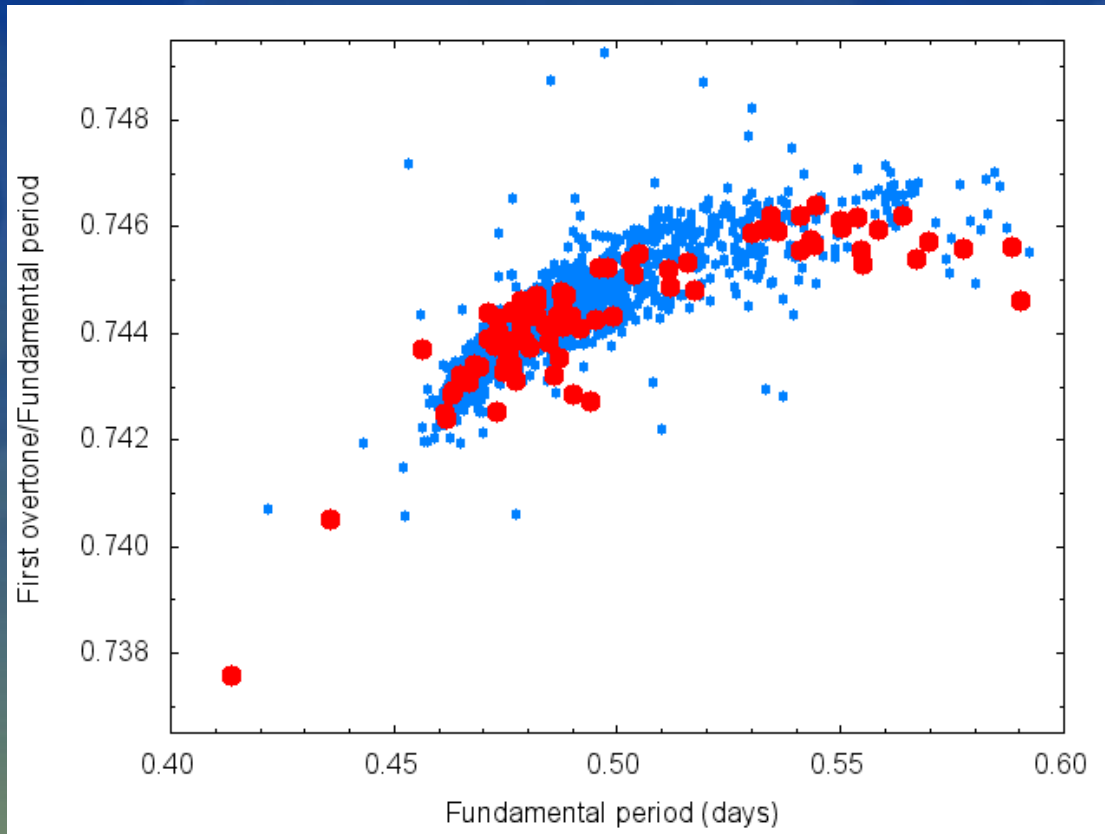
"Beat"-periode

- Double-mode Cepheids = "Beat" Cepheids
- $1/\text{Beat periode} = 1/\text{Periode1} - 1/\text{Periode2}$
- Hoe dichter de periodes bij elkaar liggen, hoe langer de beat periode (cfr. Blazhko-effect)



Petersen-diagram

- Verhouding periode 1ste boventoon/fundamentele
- “Ruis” afhankelijk van massa/temperatuur/metalliciteit?
- 2 groepen in Melkweg?

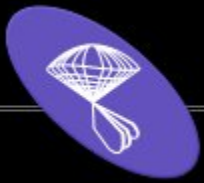


Catalina Real-time Transient Survey



- CSS: Near-Earth Objects
- CRTS zoekt naar “transients”
 - Supernovae, quasars, dwergnovae, ...
 - Telescopen in Arizona en Australië
- Worden onmiddellijk on-line gemeld
- ~7 jaar fotometrische waarnemingen vrij online beschikbaar
- Mag. ~13-20

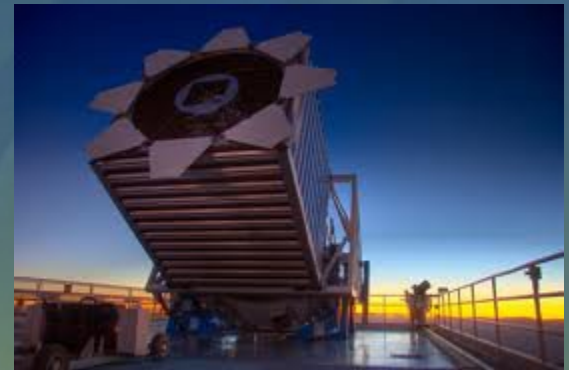




Sloan Digital Sky Survey

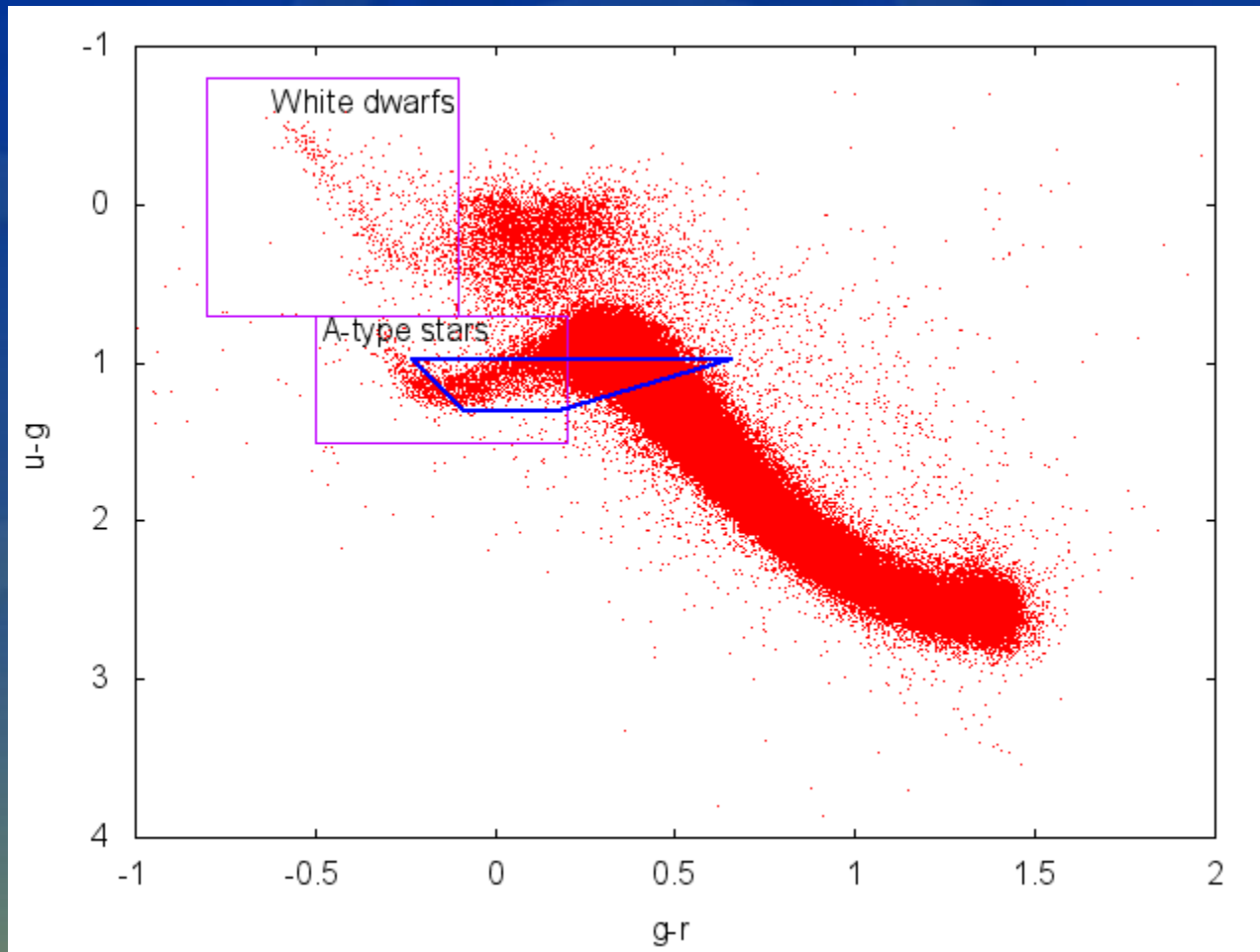
Mapping the Universe

- 2.5m telescoop in New Mexico
- In kaart brengen van de hemel tot mag. 24
- Vooral toegespitst op quasars, melkwegstelsels (geen opnames in het vlak van de Melkweg)
- Meestal slechts één opname van een gebied (fotometrie in ugriz) + spectroscopie van beperkter aantal objecten
- Bij-product: spectroscopische ontdekking van CV's

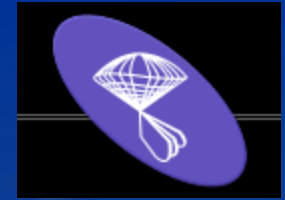


SDSS – Selectie van kandidaat RR Lyrae-sterren

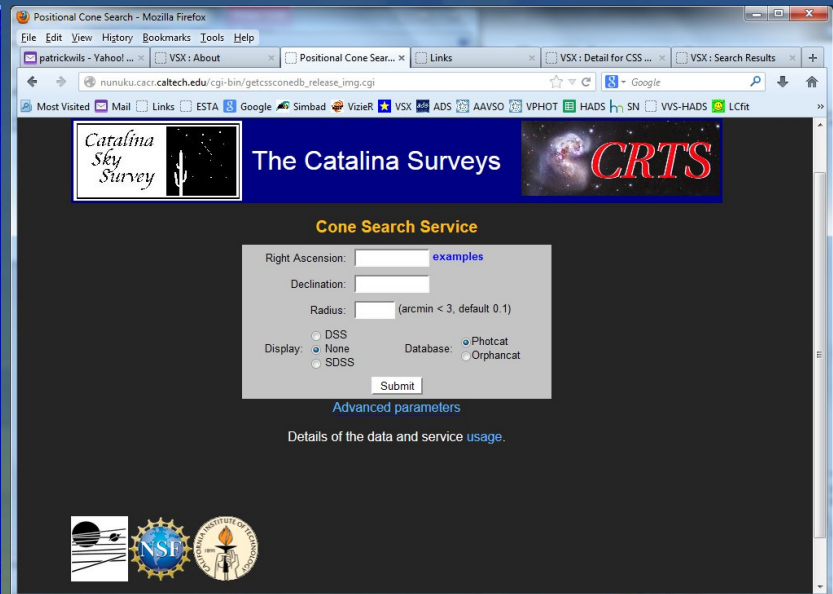
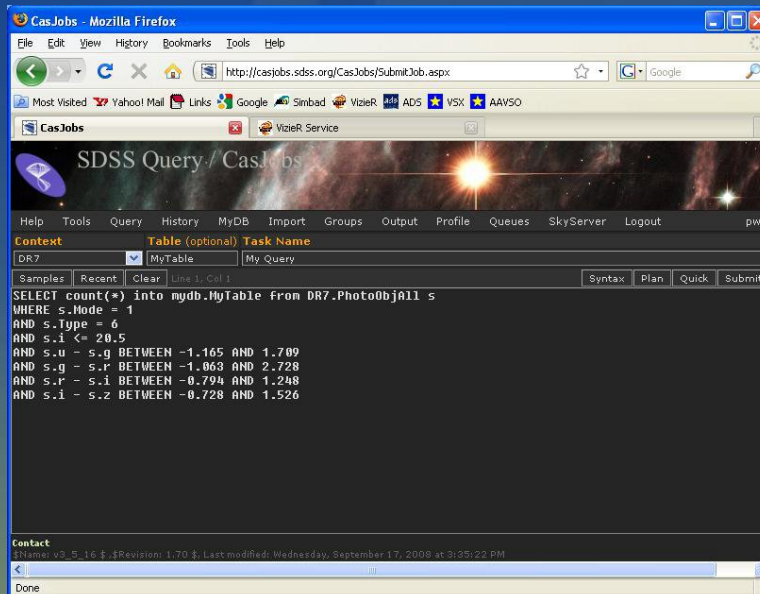
- Basis: SDSS-kleuren (Ivezic et al., 2005AJ....129.1096I)



Combinatie SDSS / CRTS

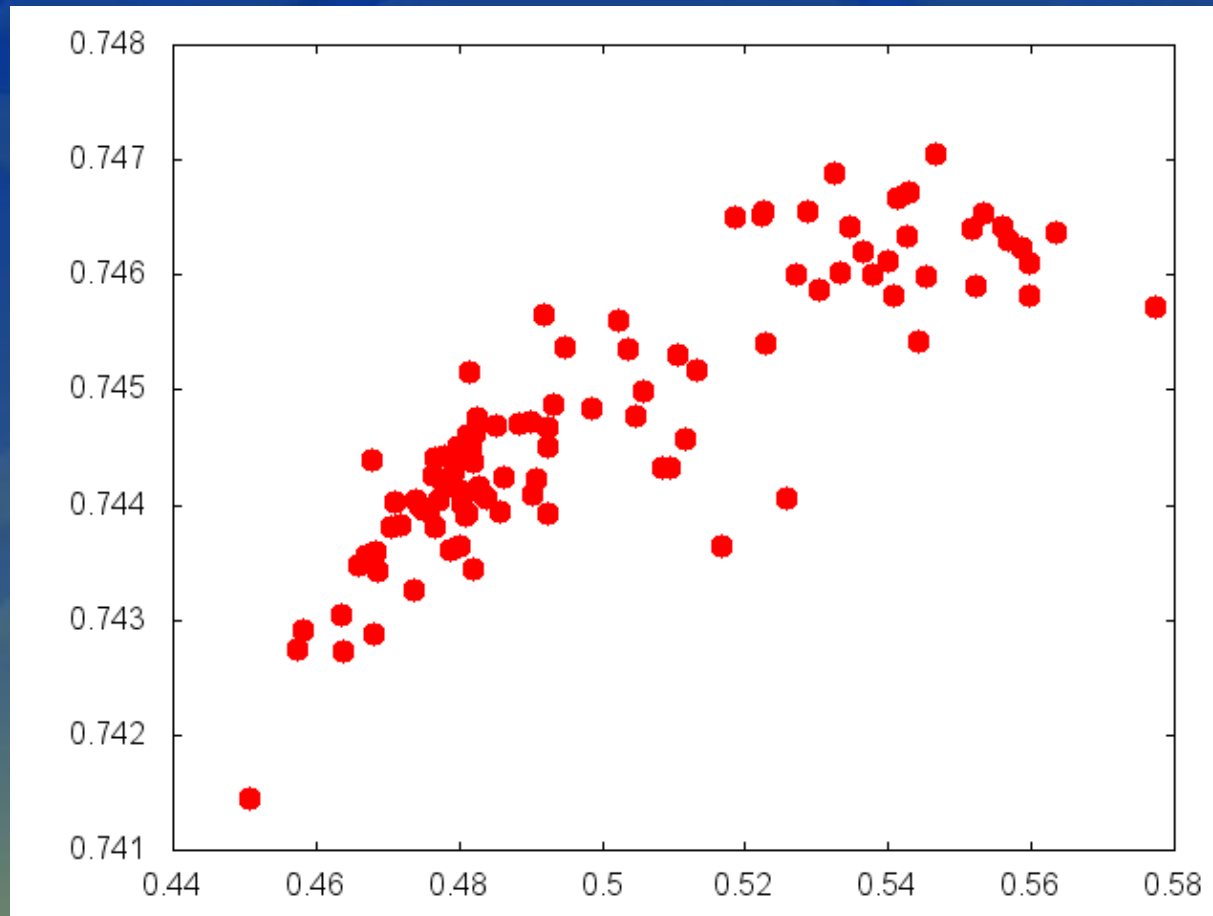


- Toegang tot SDSS SQL database (CasJobs)
- Selecteren van sterren met de juiste kleur
- Aantal objecten zo veel mogelijk beperken (meeste RRd's liggen in het "midden" van de RR Lyrae-strook)
- Van enkele duizenden sterren CRTS-data bekijken



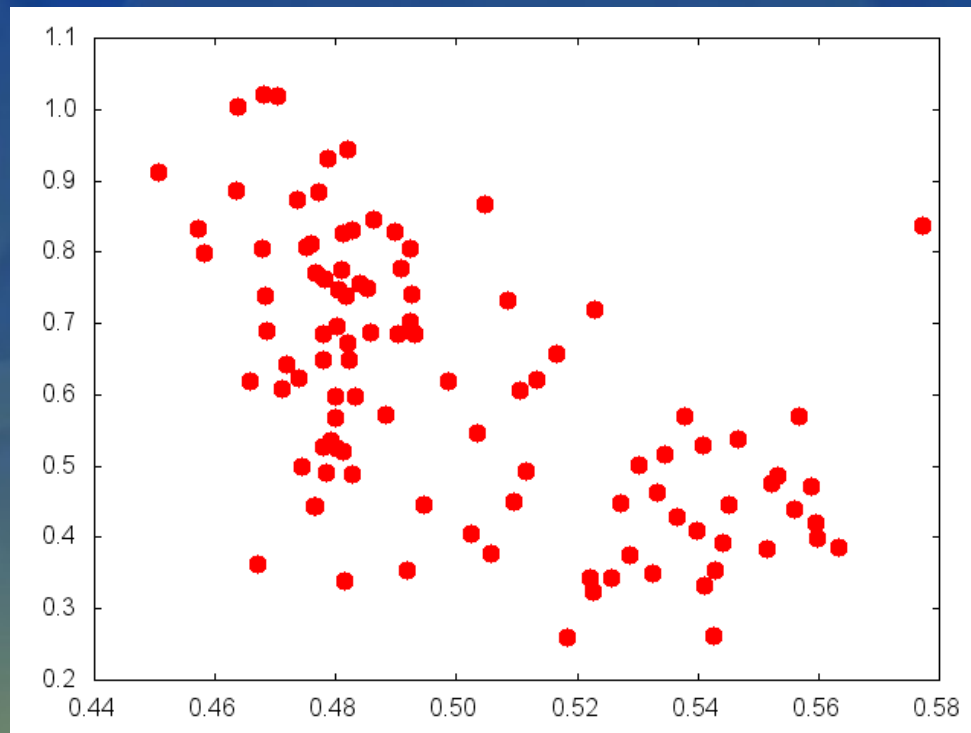
Resultaat

- ~ 100 nieuwe RRd
- 2 groepen



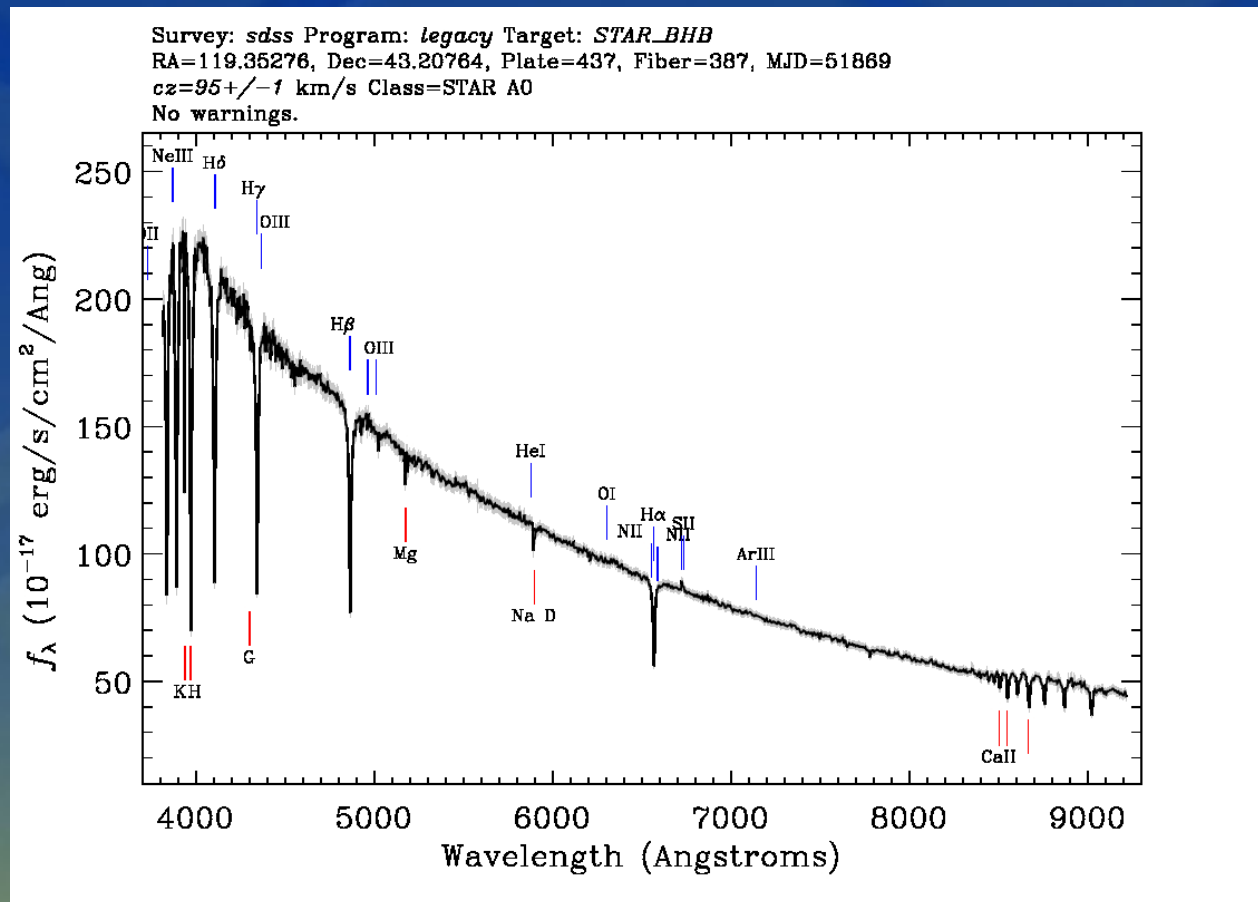
Periode – amplitude relatie

- Verhouding amplitude fundamentele mode / amplitude 1ste boventoon
- 1ste boventoon domineert meestal
- Meer nog bij de langste periodes



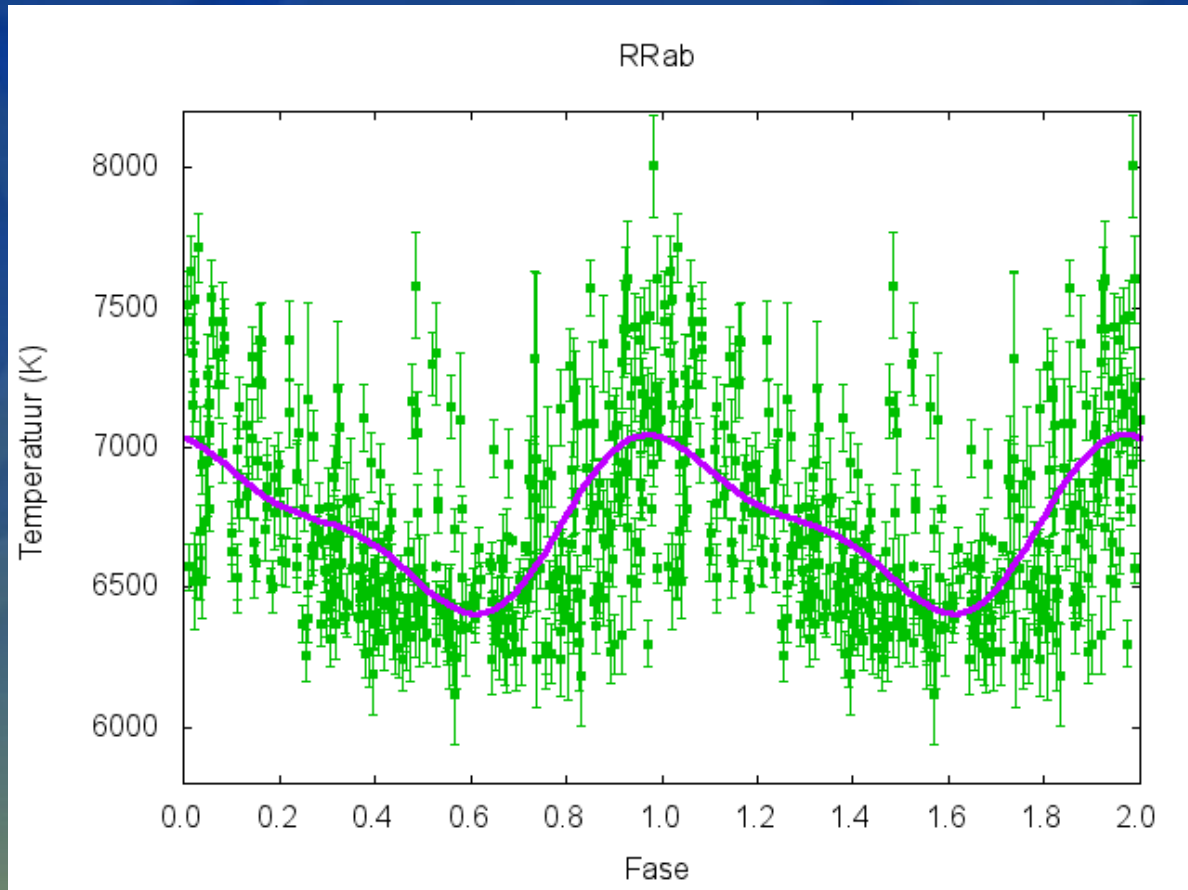
SDSS: Spectra

- Temperatuur, radiële snelheid, zwaartekracht a/h oppervlak, metalliciteit



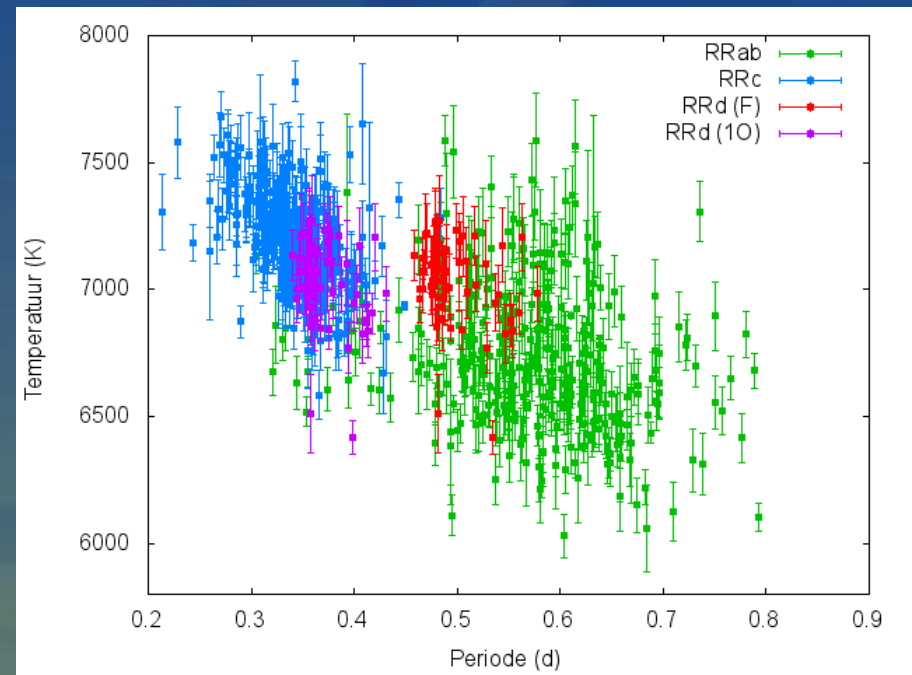
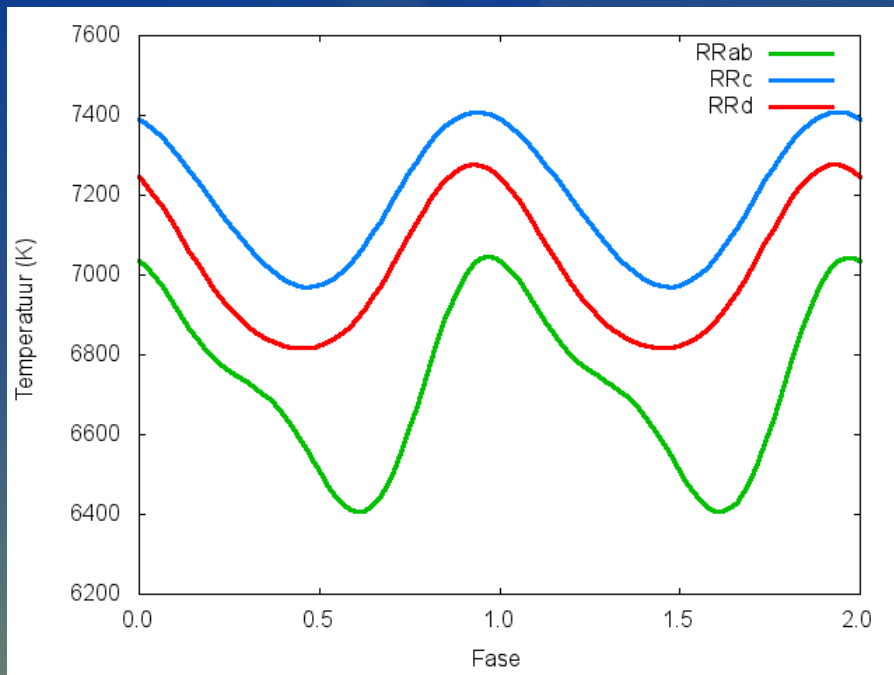
SDSS: Spectra -> Temperatuur

- Fase op moment van spectrum -> temperatuur



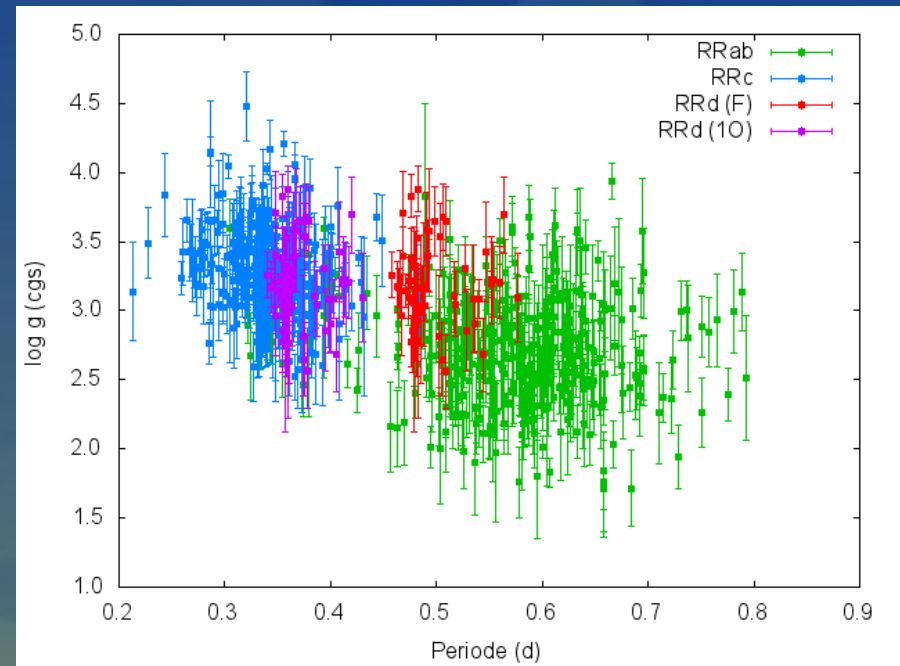
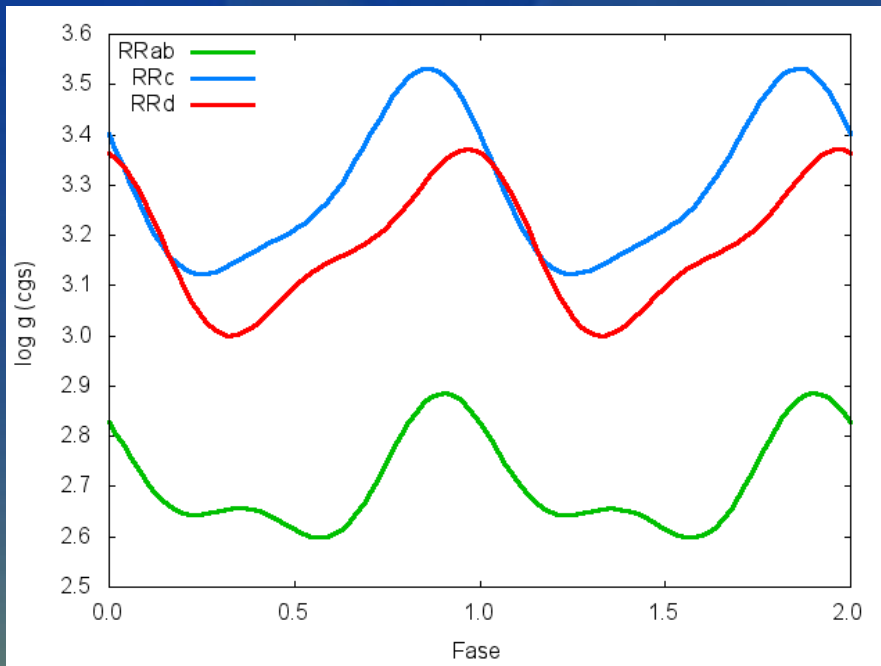
Temperatuur van RR Lyrae-sterren

- Helderst bij hoogste temperatuur
- Kortere periode -> hogere temperatuur (vooral bij RRc)
- RRd liggen in overgangsgebied RRab - RRc



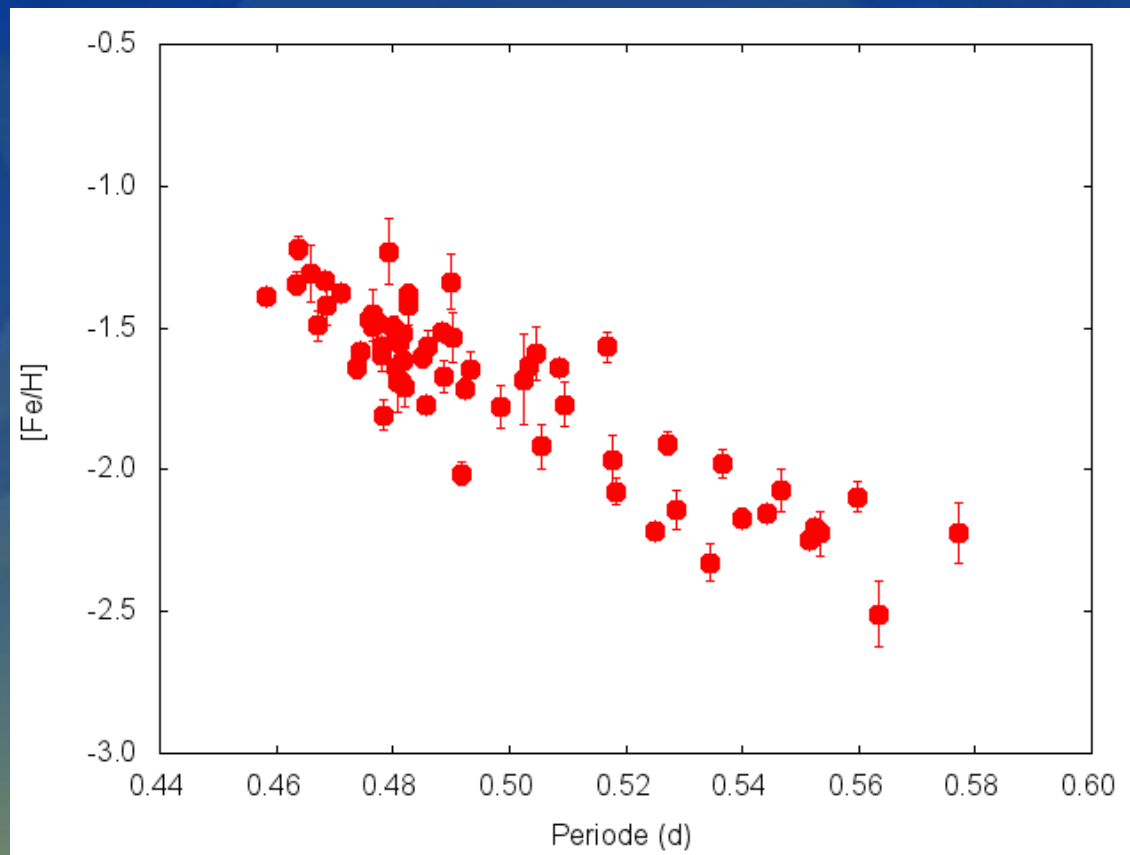
Gravitatiekracht aan het oppervlak

- Aarde: 3.0, Zon: 4.5
- Helderst $\sim$ bij grootste zwaartekracht $\rightarrow$ kleinste straal



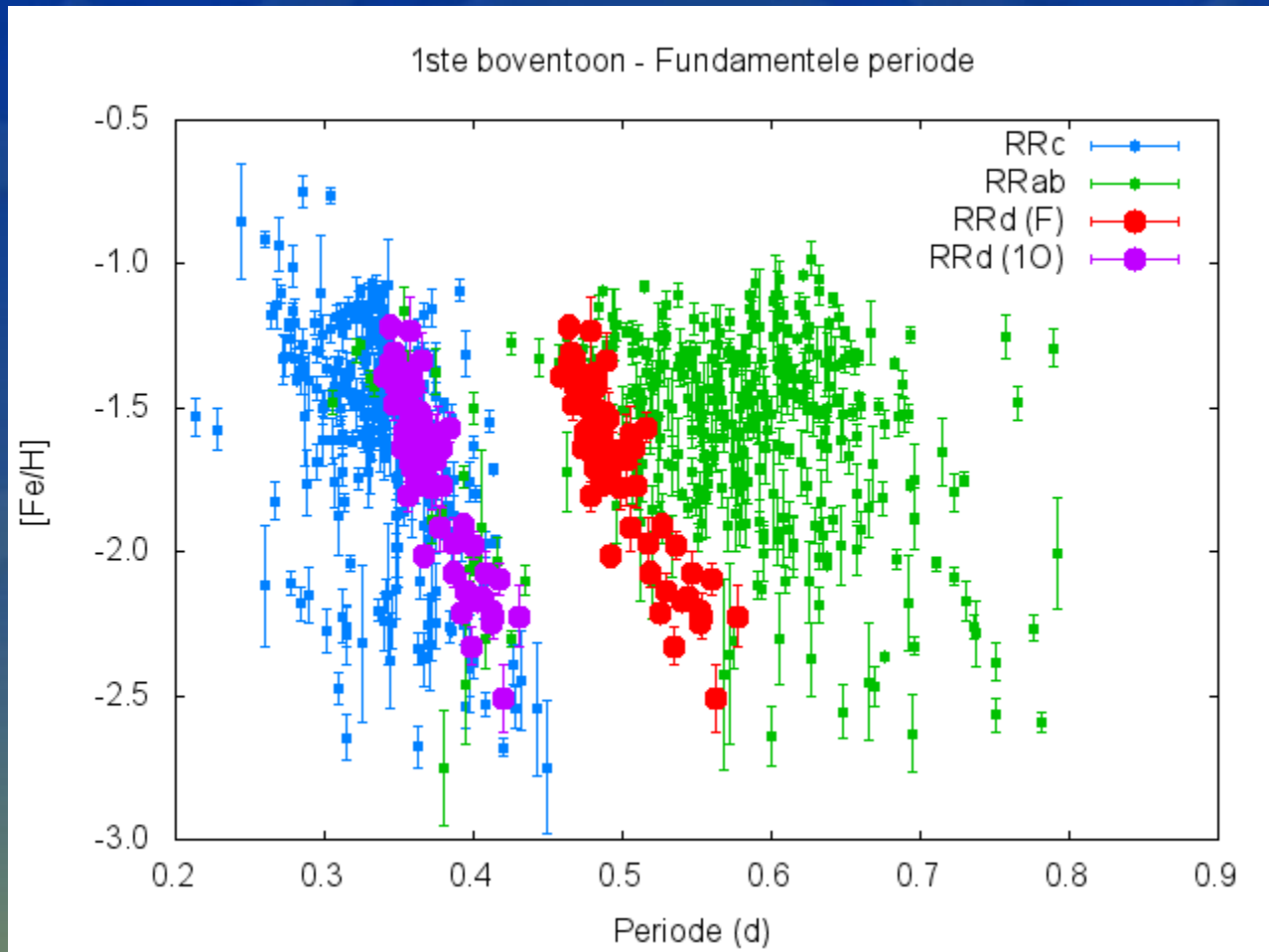
Metalliciteit van RRd

- $[\text{Fe}/\text{H}]_{\text{zon}} = 0$ (meer metalen $\rightarrow$ zon is jonger)
- Relatie periode – $[\text{Fe}/\text{H}] \sim$ Petersen-diagram



Periode – metalliciteit van RR Lyrae-sterren

- RRd: overgang tussen RRab - RRC



Besluit

- Schat aan informatie online beschikbaar
- Nog veel onontgonnen terrein
- Heel wat te leren over RR Lyrae-sterren

