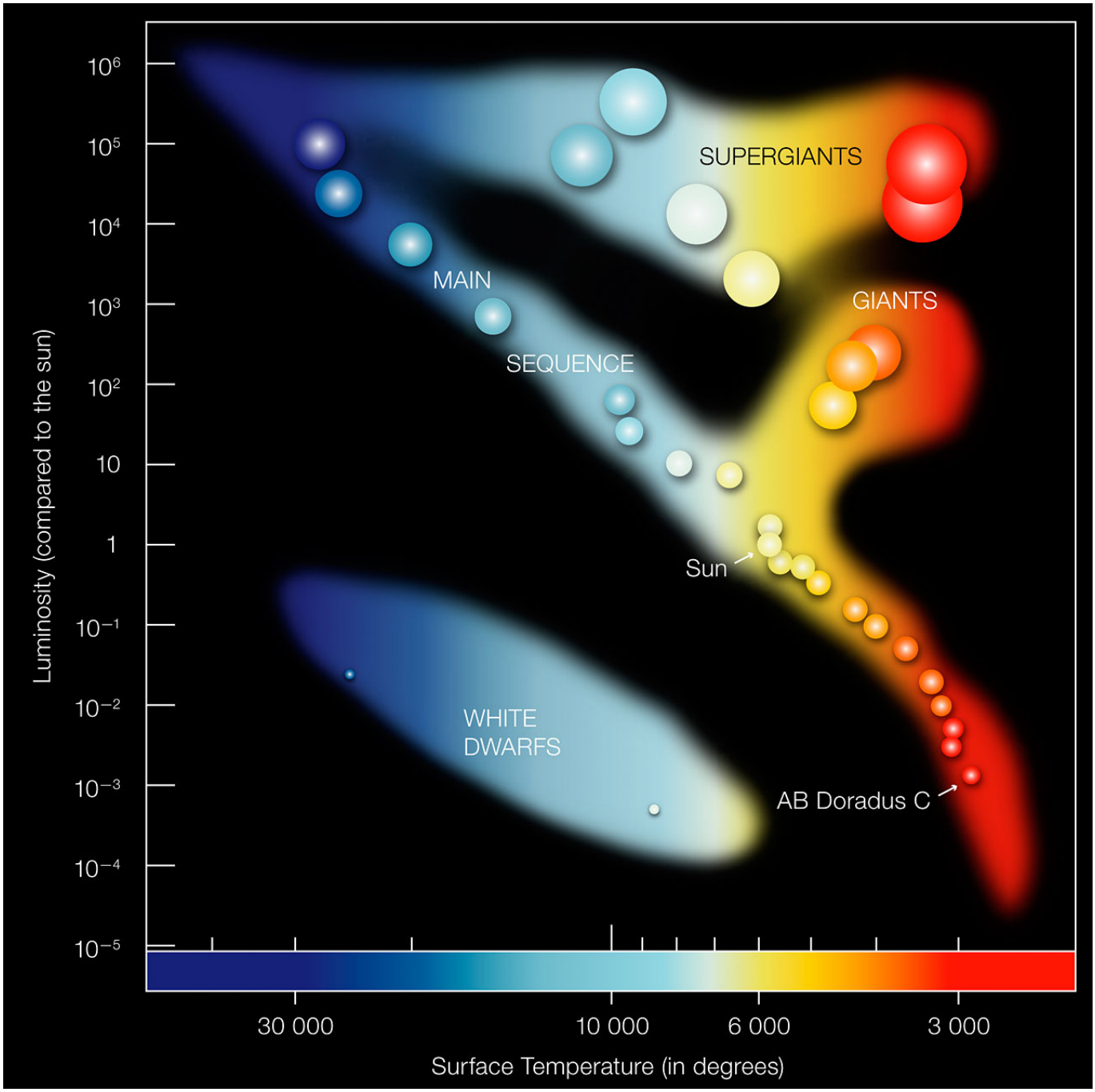
Het Hertzsprung-Russeldiagram

Sterren bestaan in alle soorten en maten. De kleinste sterren zijn in doorsnede bijna tien keer kleiner dan onze zon; de grootste meer dan duizend keer zo groot. Ook de temperatuur van sterren loopt uiteen – van enkele honderden graden tot meer dan honderdduizend graden. Als je de groottes en temperaturen van al die verschillende sterren vergelijkt, kom je tot verrassende conclusies.



Afbeelding 1. Het Hertzsprung-Russeldiagram. Uit het verband tussen de temperaturen en groottes kun je heel veel aflezen over de levensloop van sterren. Afbeelding: ESO.

Misschien zou je verwachten dat de grotere sterren in het heelal, die immers meer brandstof in zich hebben, daarmee ook warmer zijn. Toch is dat juist *niet* het geval: de kernen van zulke monstersterren kunnen weliswaar heel heet zijn, maar aan de grote en ver van de kern verwijderde buitenkant zijn ze vaak juist betrekkelijk koud.

Kleur is temperatuur, intensiteit is grootte

Hoe weten we eigenlijk hoe warm een ster is? Daar is een betrekkelijk eenvoudige truc voor: de temperatuur van een voorwerp (dus ook van een ster) bepaalt de *kleur* van het licht dat zo'n voorwerp uitstraalt. Is een voorwerp relatief koel – maar natuurlijk wel warm genoeg om te 'gloeien', licht uit te stralen, dus – dan zal de kleur van het uitgestraalde licht vooral rood zijn. Wordt een voorwerp warmer, dan gaat het van 'roodgloeiend' naar 'witheet': steeds meer licht van andere kleuren wordt uitgezonden, en uiteindelijk zal het uitgezonden licht zo steeds blauwer worden.

Aan de kleur van sterren zien we dus wat hun temperatuur is. Maar hoe kom je er nu achter hoe groot een ster is? Inzoomen met een telescoop zal voor de meeste sterren niet werken: zelfs in de beste telescopen worden sterren vrijwel nooit groter dan een onmeetbaar kleine punt. De truc die astronomen hier gebruiken is het meten van de totale hoeveelheid licht die een ster uitstraalt. Hoe groter het oppervlak van de ster, hoe meer licht er wordt uitgezonden – en als je die kennis combineert met wat je al weet over de temperatuur van de ster (die bepaalt hoeveel licht één vierkante meter steroppervlak uitstraalt) kun je redelijk nauwkeurig bepalen hoe groot de ster moet zijn.

Een verband met uitzonderingen

Zo is ontdekt dat grote sterren vaak koeler zijn en kleine sterren vaak heter. Maar er zijn uitzonderingen op die regel, en die maken het verhaal pas echt interessant. Als je een grafiek maakt waarin je de temperatuur van sterren uitzet tegen hun grootte, zie je allereerst dat veel sterren op een diagonale lijn in die grafiek staan. Die lijn geeft precies weer wat we hierboven al zagen: grote sterren zijn koud, kleine sterren zijn warm. Maar bepaalde types sterren houden zich niet aan dit verband: die staan op andere lijnen, waar hun groottes bijvoorbeeld grofweg hetzelfde zijn, maar de temperaturen sterk uiteenlopen. Witte dwergen en grote gasreuzen zijn voorbeelden van sterren die zich op zulke uitzonderlijke plekken in onze grafiek bevinden.

De grafiek die hierboven is beschreven wordt al jaren door sterrenkundigen onderzocht, en staat bekend als het Hertzsprung-Russeldiaram (of kortweg 'HR-diagram'), naar de twee sterrenkundigen die, onafhankelijk van elkaar, rond 1910 voor het eerst zo'n diagram tekenden. Een van de redenen dat sterrenkundigen en natuurkundigen het HR-diagram zo

interessant vinden, is dat je het niet moet zien als een statisch diagram, maar als een weergave van de *levensloop* van sterren. Een ster verandert gedurende zijn bestaan zowel van grootte als van temperatuur, en dus kun je het hele leven van een ster zien als een ‘baan’ in het HR-diagram. Voor de meeste sterren ligt het grootste deel van die baan op de diagonale lijn waarover we het al hadden – de zogeheten *hoofdreeks* – maar juist aan het eind van zijn bestaan speelt zich in de ster allerlei interessante fysica af – het opraken van brandstof, en daardoor krimpen of juist uitzetten – waardoor de ster vaak van de hoofdreeks af beweegt en terechtkomt in één van de bijzondere gebieden in het diagram.

Wil je precies weten hoe de levensloop van verschillende sterren valt af te lezen uit het HR-diagram, dan is de video hieronder een uitstekend beginpunt. De video komt uit een lessenserie over astronomie van het YouTubekanaal Conceptual Academy; ook de andere video’s op het kanaal en de rest van de serie over astronomie zijn zeer het bekijken waard!