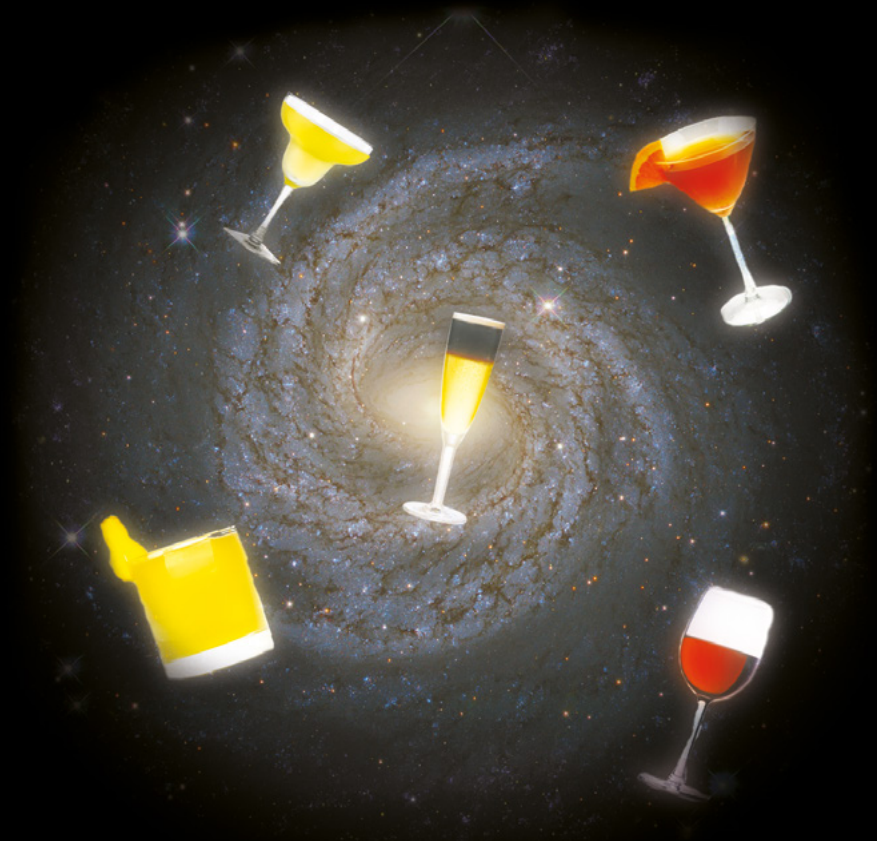


# STJERNERNES DRIKKE

Et formidlingsprojekt, astrofysik vinter 2016



**Lær om stjerner, og drik til det!**

Caroline Moesgaard & Mikkel W. Madsen

*Forlag: En tilfældig printer på I.F.A.*

# Indhold

- *Om bogen, side 3*
- **Cocktail:** *En tåge i rummet, side 4*
- *Atomer og småting, side 6*
- *Hydrostatisk Ligevægt, side 7*
- **Cocktail:** *Protostjernen, side 8*
- *Farver og temperatur, side 10*
- **Cocktail:** *En lille brun dværg, side 12*
- *Fusion, side 14*
- **Cocktail:** *De røde dværge, side 16*
- **Cocktail:** *Solen, side 18*
- **Cocktail:** *Kæmperne, side 20*
- *En rejse gennem en stjerne, side 22*
- **Cocktail:** *Hvide dværge, side 24*
- **Cocktail:** *Supernova, side 26*
- **Cocktail:** *Neutronstjernen, side 28*
- **Cocktail:** *Det Sorte Hul, side 30*
- *Kildehenvisninger, side 32*
- *Tak til, side 31*

# Om bogen

Velkommen til vores drinksbog inspireret af stjernehimlen. Meningen med denne drinksbog er at give et indblik i de forskellige slags stjerner på en spændende facon. Det anbefales at have en drink i hånden mens bogen læses. De forskellige stjerner er perspektiveret til forskellige drinks alt efter, hvordan stjernernes egenskaber er. Vi har taget egenskaberne og lavet drinks derefter.

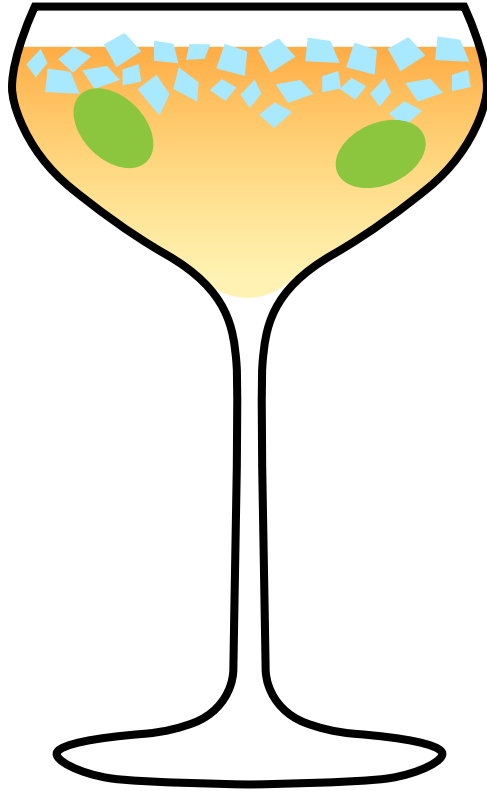
Har du nogensinde tænkt på, hvordan en rød kæmpe smager? Hvis dette er tilfældet så behøver du ikke tænke på dette længere. Denne drinksbog er optimal for dig, som ønsker at smage, hvordan stjernerne smager.

Denne drinksbog er en del af et formidlingsprojekt, som skal formidle astrofysik på nye og spændende måder.

Vi håber du nyder bogen, lærer noget om stjerner, og mixer nogle spændende cocktails i bogen.

# En tåge i rummet

*Hvor det hele begynder og ender*



- 2 spsk. friske frugter fx. melon, fersken, appelsin, kiwi, cocktailbær.
- 1 stæk portvin
- Champagne
- Knust is

*Fyldt glasset halv op med knust is, læg frugterne på, dryp med portvin og fyld op med champagne, server med ske/cocktailpind så frugterne kan spises. Server straks, inden den former sig til en protostjerne.*

Til at starte festen ud med har vi en tåge i rummet. Det er en samling af gas, hvorfra stjerner både dør og opstår. De findes rundt omkring i det interstellare rum, der er mellem stjernerne. Tåger er ikke særlig tætte, og sammenlignet med et lufttryk på jorden er de næsten vakuum. Men når den store gassky komprimeres, opstår en stjerne.

Gasskyer består hovedsagligt af hydrogen, men også helium og andre større grundstoffer.



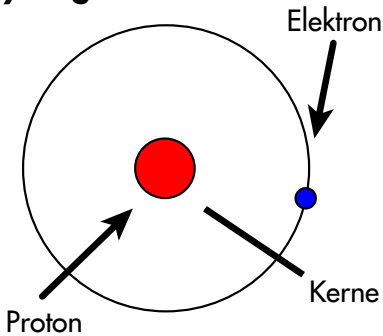
*Billede af den kendte tåge "the Pillars of Creation", hvorfra flere stjerner opstår. Set fra Hubbleteleskopet.*

# Atomer og små ting.

Et atom består kort sagt af tre ting, elektroner, protoner og neutroner. De to sidste indgår i kernen, hvor elektronerne cirkler i baner rundt om kernen. Elektronerne og protonerne er hver især elektriskladet, henholdsvis negativ og positiv. Denne ladningsforskel holder elektronerne i baner om kernen, da de negative og positive ladninger er tiltrukket af hinanden, og to af de samme ladning frastøder hinanden, ligesom magneter.

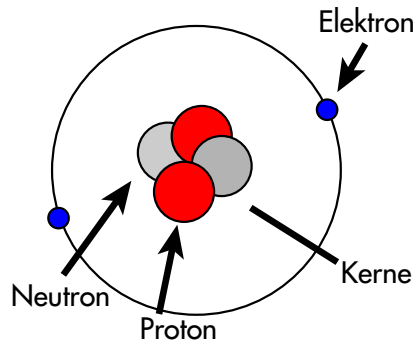
Hvad holder så kernen sammen? Den holdes sammen af den stærke

## Hydrogen-1



*Model af et hydrogenatom. Enlig bare et proton med en elektron omkring.*

## Helium-4



*Model af et heliumatom. Des kerne ses særlig i radioaktivt henfald.*

kernekræfter, men den stærke kernekræfter er begrænset. Derfor afhænger stabiliteten af selve kernen, altså hvorvidt atomet er radioaktivt, af mængden af kernepartikler, også kaldet nukleoner.

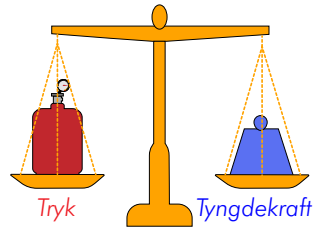
Mængden af protoner i kernen afgør, hvilket grundstof atomet er. Eksempelvis har hydrogen (brint) 1 proton og helium 2 protoner.

Mængden af neutroner derimod bestemmer hvilken isotop, der er tale om. En isotop er en bestemt udgave af et atom, med en bestemt mængde neutroner. De fleste grundstoffer har dog en bestemt isotop, som er ret dominerende og udgør den største andel af grundstoffet.

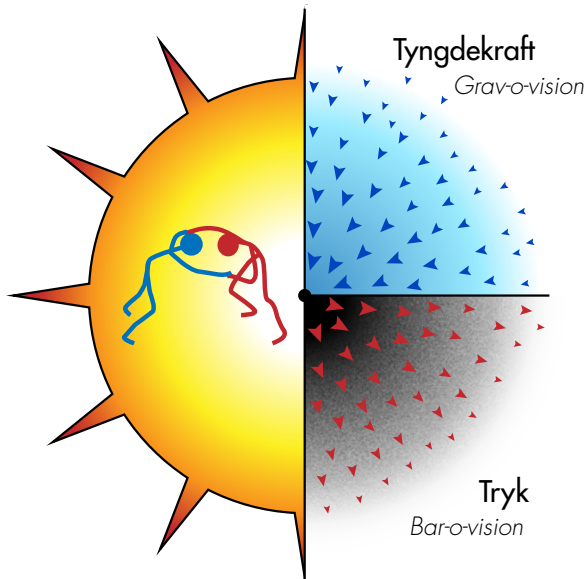
# Hydrostatisk Ligevægt

Hydrostatisk ligevægt er et centralt begreb i astrofysik.

Det er balancen mellem tyngdekraften og trykket i stjernen, i det tyngdekraften trækker stjernen sammen, hvorimod trykket fra gassen og de mange fotoner skubber den modsatte vej.



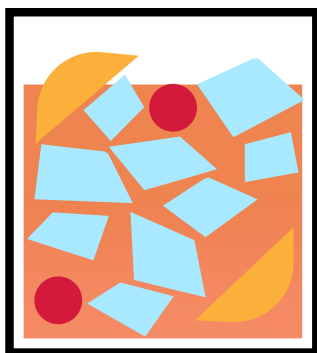
Hvis der er hydrostatisk ligevægt kan stjernen dermed eksistere, da gas fra stjernen ikke forlader eller synker ind mod stjernen.



*Hydrostatisk Ligevægt i aktion. Her presser tyngdekraften (blå) gassen ind i stjernens midte, hvorimod trykket fra gassen (rød) presser udad. Både trykket og tyngdekraftens størrelse aftager ud mod overfladen og er størst inde i midten.*

# Protostjernen

*En stjerne bliver til*



- 1 stk hugget sukker
- 5 cl Bourbon whisky
- 1/2 Appelsinskive
- 1/2 Citronskive
- 2 Cocktailkirsebær
- 2-3 tsk. Mineralvand
- 2 Stænk angostura

Drinken mixes direkte i glasset, 1 stk hugget sukker stænkes med angostura, knuses i glasset og opløses med mineralvand. 2-3 isterninger samt bourbon tilføjes og røres forsigtigt i. Garneres med med frugterne.



Selvom tågen er smuk og skøn, så starter festen først rigtig når du får lavet Protostjernen.

Protostjernen er en stjerne midt i dens dannelse, men er ikke en rigtig stjerne, da den ikke laver fusion endnu. Den opstår i de tykkeste og koldeste steder i tågen. Det kræver blot at gassen bliver komprimeret, en opgave, der løses af tyngdekraften. Den store gassky samler sig til en kugle, og kommer i hydrostatisk ligevægt.

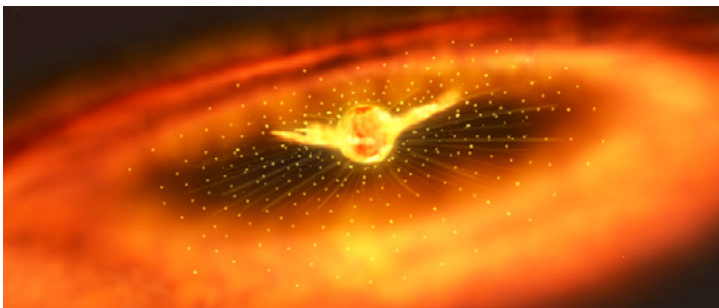
Intet sker umiddelbart indtil en tryk-/lydbølge rammer skyen, og ødelægger ligevægten. Gassen presses sammen, tyngdekraften øges og det samme gør trykgradienten, for at opretholde den hydrostatiske ligevægt.

Skyen kollapser og danner en skive, og fordi gassen komprimeres sammen, får skiven en langt større rotationel hastighed. Mens skiven langsomt bremser sin rotation, formes i midten en protostjerne.

Protostjernen alt efter dens størrelse vil begynde at fusionere, hvis dens masse er stor nok. Alt efter dens masse vil den nye stjerne falde ind under en af flere kategorier.



*En protostjerne set fra Hubbleteleskopet.*



*Illustration af en protostjerne med sin skive omkring sig.*

*Se en protostjerne i bevægelse.*



# Farve og temperatur

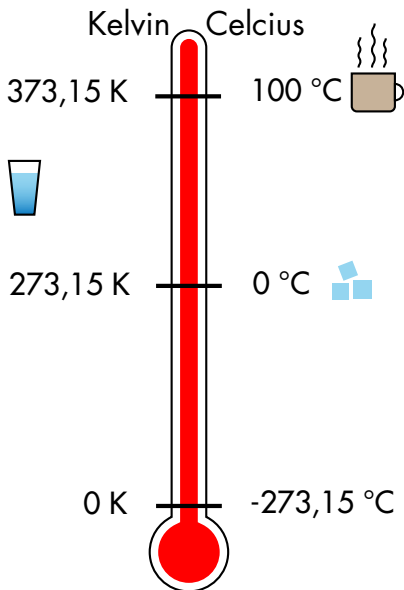
Om det er en glødepære, en stjerne, eller dig selv, så udsender næsten alting stråling. Denne stråling kaldes for sortlegemestråling, og er med til at transportere varme omkring. Den stråling du selv udsender er usynlig, fordi den ligger i det infrarøde område.

Men hvis temperaturen er høj nok, vil et legeme udsende stråling i det visuelle område, som eksempelvis en glødepære eller en flamme fra et stearinlys.

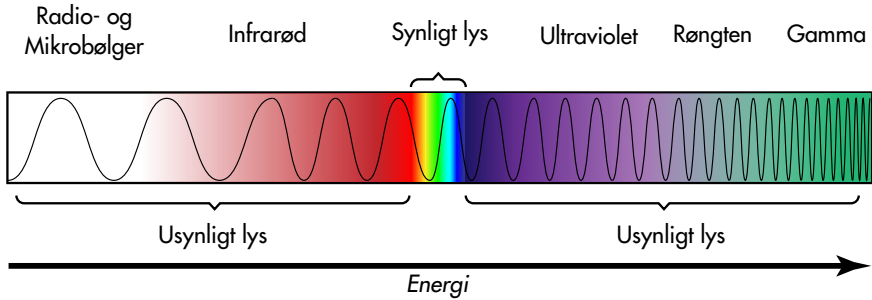
Der er en tydelig sammenhæng mellem temperatur og farven, samt intensiteten. Et legeme med en meget høj temperatur lyser stærkt blå, mens et andet legeme med en lav temperatur lyser svagt rødt.

Lyset fra stjerner kan derfor bruges til at bestemme deres overflade temperatur.

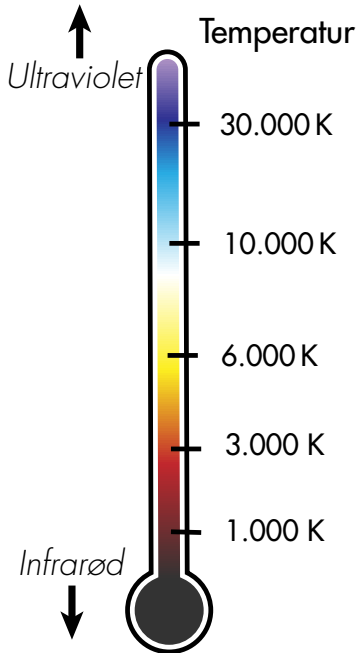
*Kelvin og celcius, temperaturskalaerne sammenlignet. Kelvin skalaen starter ved det absolutte nulpunkt 0 kelvin, men har samme ændring i temperatur, som celcius. For at omregne fra kelvin til celcius skal du bare trække 273 kelvin fra.*



# Det elektromagnetiske spektrum



*Her ses sammenhængen mellem lysets bølgelængde og des energi. Lys med store lavebølgelængde ligger nær radio- og mikrobølger, hvorimod lys med lave bølgelængde ligger mod røngten og gamma.*



# En lille brun dværg

*En sørgelig lille dværg, der aldrig bliver til noget*



- 2 kugler chokoladeis
- 11 cl. mælk
- 2 cl. cognac
- Flødeskum
- Cacao 2 kugler choko-
- ladeis
- 11/4 dl mælk
- 2 cl. cognac
- Flødeskum
- Cacao

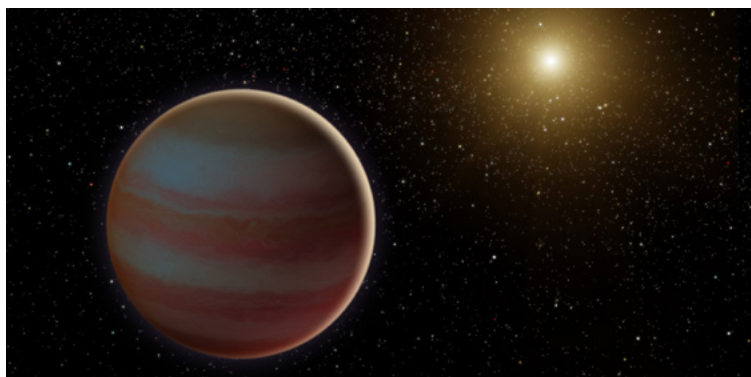
*Mix chokoladeis, mælk og cognac i en blender. Hæld drikken op i glas-  
set og læg flødeskum over, samt drys med cacao.*

*Serveres med sugerør.*

Det kan dog ske at protostjernen aldrig begynder at fusionere, da massen af den ikke er stor nok. I dette tilfælde ender vi op en lille brun dværg.

En brun dværg er et forholdsvis koldt objekt på omkring 2000 kelvin med en meget lille masse. Den kan være alt mellem 13 til omkring 80 Jupiterer i masse. Da den ikke fusionere har den ingen energikilde, og overfladetemperaturen forbliver lav. Det medfører at den udsender infrarødt lys, usynligt for vores øjne.

Den brune dværg vil forblive en brun dværg til nærmest evig tid, da den ikke fusionere, og dermed ikke opbruger sit hydrogen lager.

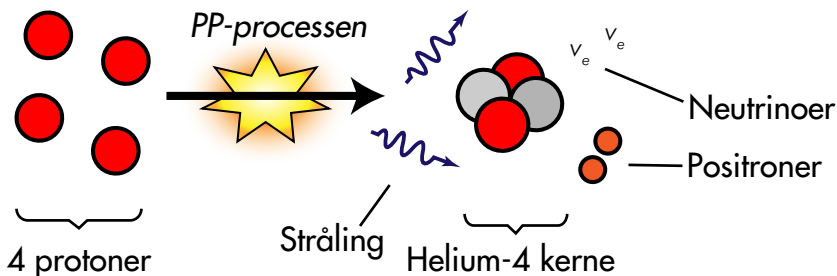


*Illustration af en brun dværg. Den brune dværg minder mere om gasgiganter, som Jupiter end stjerner, som Solen.*

# Fusion

Det viser sig, at en atomkerne med en given mængde protoner og neutroner ikke vejer det samme, som partiklerne selv lagt sammen. Der er en lille forskel, en lille masse, der eksisterer i form af energi. Den energi kan frigives i form af kernereaktioner, som eksempelvis fusionering af atomkerner.

I stjerner fusioneres hydrogen sammen i en længere proces, og der fås helium og en enorm mængde energi. Denne energi ses i stjernerne i form af lys og varme. Fusion i Solen foregår i dens center,



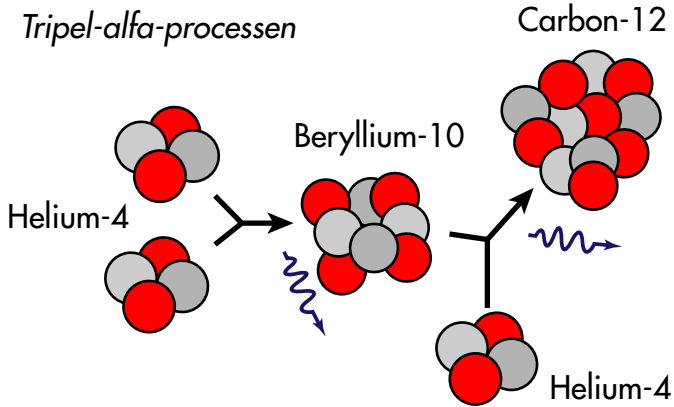
*PP-processen, en række kernereaktioner, der kan opsummeres i ovenstående reaktion. 4 protoner fusioneres her sammen til en heliumkerne, og under processen frigives 2 positroner (anti-elektroner), 2 neutrinoer og energi i form af to gammastråler.*

hvor der er varmest og trykket højest. Da fusion kræver meget

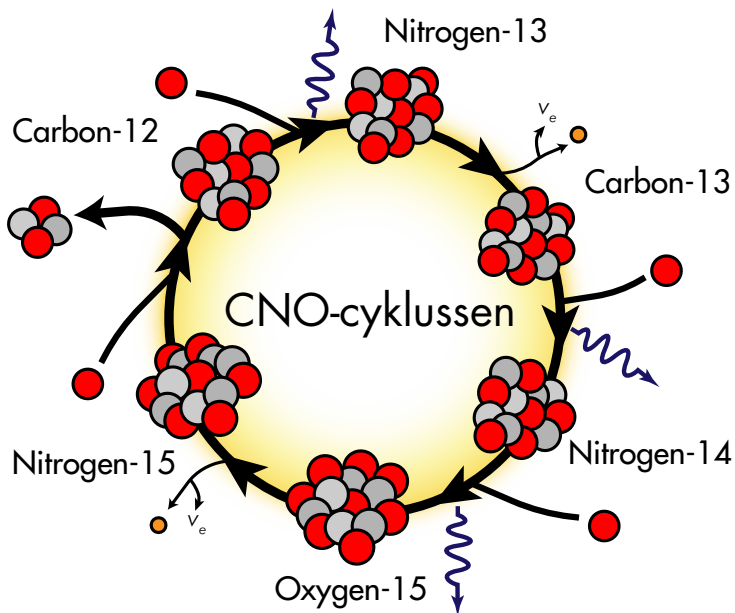
Men hvad så når den løber tør for hydrogen? Så fusionere den bare helium til endnu større kerner, hvis der er varmt nok. Stjerner puster sig op, og alt efter stjernen, vil den danne lag ligesom i et løg med skaller af forskellige grundstoffer.

For koldere stjerner vil PP-processen være fremtrædende, men når stjernen bliver varm nok vil den kunne lave større kerner ud af heliummet, via tripel-alfa-processen. Her bliver der lavet carbon-12, som bruges i den mere effektive CNO-cyklus.

Og sådan forsætter det indtil det fusionere til jern. Jern har den bedst bundne kerne, og frigiver derfor ikke energi. For kerner større end jern vil de frigive energi ved fission, en proces som anvendes på kernekraftværker.



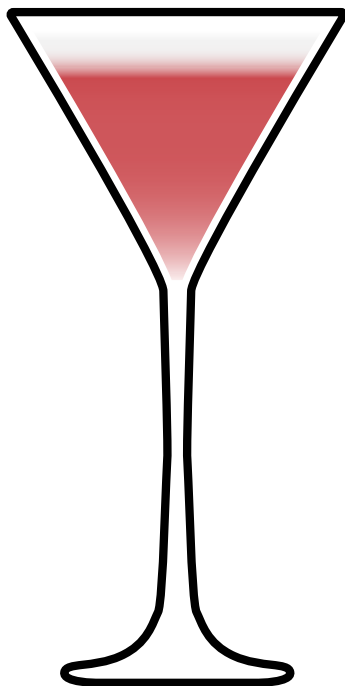
*Tripel-alfa-processen, en kernereaktion, der omdanner heliumkerner, også kaldet alfa-partikler, til beryllium og derefter carbon. Undervejs frigives energi i form af to gammastråler.*



*CNO-cyklussen har navn efter de tre grundstoffer, der indgår i reaktionen carbon, nitrogen og oxygen. I processen bliver der dannet helium ud fra 4 protoner og frigivet energi i form af tre gammastråler. Yderligere bliver der også dannet to positroner og neutrinoer.*

# De røde dværge

*Kommunisterne fra Moria*



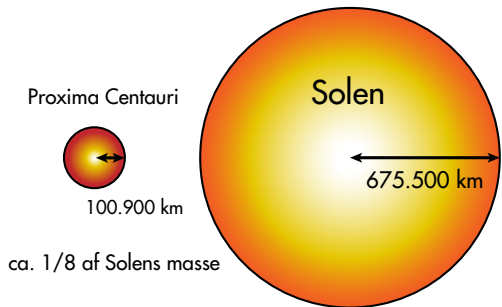
- 3 dele dry gin
- 1 del grenadine
- 1 del citronsaft
- 1 del æggehvite

*Bland ingredienserne i en shaker med isterninger, og rystes kraftigt i 4-5 sekunder. Sies over afkølet cocktailglas.*



Lidt større end de brune dværge er de røde dværge. Farven stammer fra temperaturen, i det alle objekter med given temperatur udsender stråling og topper i en bestemt bølgelængde. For røde dværge er denne bølgelængde farven rød.

Dværgstjernerne er de mindste af de rigtige stjerner, der fusionere hydrogen. Sammenlignet med Solens masse, har en rød dværg De mindste af stjerner er dværgstjernerne, og som navnet antyder, har de en lille masse sammenlignet med mere normale stjerner, såsom Solen.



*Den røde dværg, Proxima Centauri, er vores nærmeste nabostjerne med en afstand på 4,2 lysår. Stjernen er del af et tripel system sammen med de to større stjerner Alpha Centauri A og B. Her set fra Hubbleteleskopet.*

*Størrelsen af Proxima Centauri sammenlignet med Solen. Proxima Centauri er omkring 6 gange mindre end Solen.*

# Solen

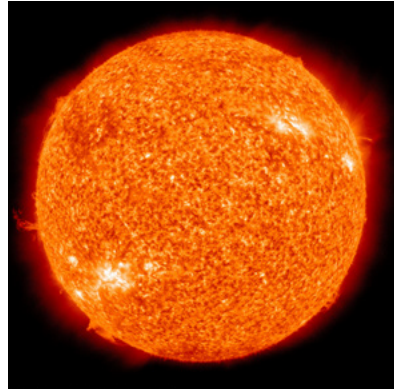
*Den klart dejligste stjerne*



- 4 dele Silver tequila
- Frisk appelsinsaft
- 2 dele grenadine

*Tequila hældes i et afkølet highballglas med isterninger. Fyldes op med appelsinsaft og omrøres. Grendine hældes langsomt langs kanten i til sidst. Resultatet bliver en farvefuld cocktail, der simulerer Solen ved horisonten.*

Hvilken stjerne er bedre end vores egen Sol? Den varmer vores dag op og uden den vil vi ikke være til, og for det dedikere vi denne drik til dig, Sol.



Solen er i forhold til andre stjerner ret almindelig. Det er en almindelig størrelse stjerne, med en overfladetemperatur på 5.777 kelvin.

Solen har en masse på 2 quintillioner kilogram ( $2 \cdot 10^{30}$  kg). Dens enorme masse holder Jorden og de andre planeter i bane om den.

Solen laver hydrogen fusion, og er næsten halvvejs i sit liv. Solens nuværende alder er 4,5 milliarder år gammel. Om 5 milliarder år vil Solen dog vokse til en rød kæmpe, og derefter slutte af som en hvid dværg.

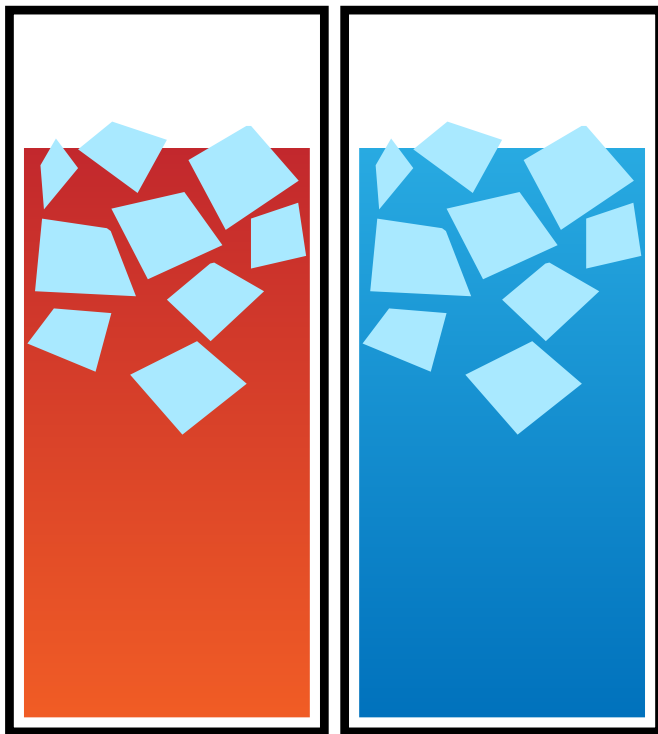
Solen fusionere nu hydrogen til helium, men vil senere i sit liv fusionere op til oxygen og carbon. Den kan dog ikke fusionere carbon til noget større, da den ikke har en stor nok masse til at presse kernerne sammen og varme dem nok op.



*Solnedgang set fra Concordia-basen på Antarktis.*

# Kæmperne

*Op ad bønnestagen*



- 4 cl vodka
- 1 del triple sec
- 2 stænk grenadine
- Dansk vand

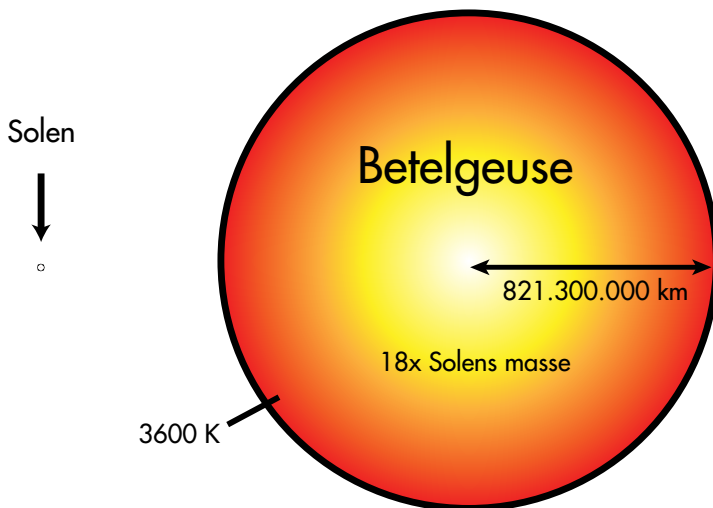
- 4 cl vodka
- 1 del triple sec
- 2 stænk curaçao
- Dansk vand

*Vælg enten den røde eller den blå kæmpe, mix alle ingredienserne i et stort glas.*

Kæmperne er stjerner i slutningen af deres liv. De varierer i både størrelse, masse og temperatur. En kæmpe vil dog altid have en langt mindre massefylde end stjerner på hovedserien, såsom Solen.

Kæmperne har diametre fra 100 Sole til 10.000. Det svarer til 100 millioner km til 1 billion km. Massen af en kæmpe afhænger stjernens oprindelige masse, stjerner har faktisk en tidens til at kaste noget masse væk når de vokser til kæmper.

Røde kæmper er de mest normale, da stjerner naturligt vokser til en i slutningen af deres liv. Dog findes der også blå kæmper med langt højere temperatur. De røde kæmper har en overflade temperatur mellem 2300 og



*Den røde superkæmpe Betelgeuse er en tikkende bombe 1.000 gange større end Solen. Stjernen vil på et tidspunkt gennemgå en supernova.*

3300 kelvin, hvor de blå kæmper har temperature op fra 10.000 kelvin.

Kæmper lever kort, da de fusionere enormt hurtigt. Alt efter størrelsen vil kæmpen stoppe fusionen, da den ikke har en stor nok masse til at fusionere mere og blive til en hvid dværg. Men superkæmperne, med en masse over 7 gange Solens masse, får en anden afslutning.

*Se hvad der sker, når Solen vokser til rød kæmpe.*

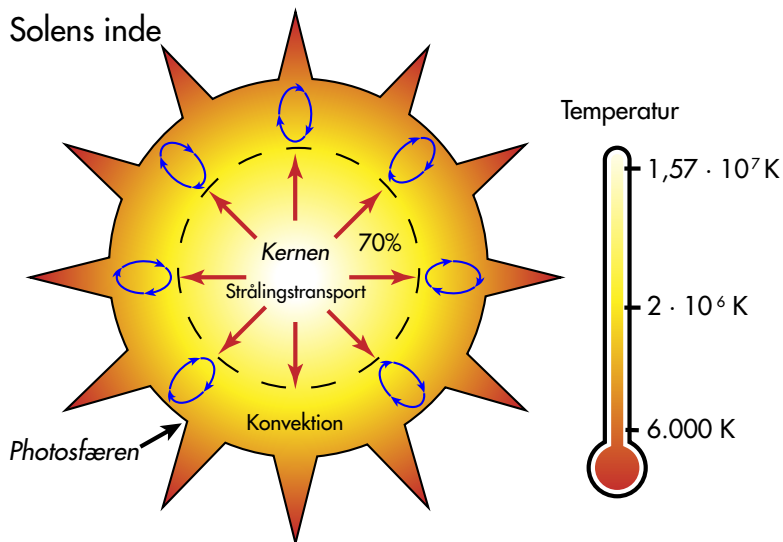


# En rejse igennem en stjerne

Fusion i en stjerne foregår helt inde ved dens kerne, men en stjerne er ret stor udoverkernen, så hvordan kommer energien så ud til overfladen?

Vi kigger her på Solen, vor nærmeste stjerne, som eksempel. Man kunne forestille sig Solen som en stor gløde pære, og ligesom pæren så kommer energien ud som lys. Denne tanke er ikke helt forkert, lys transportere faktisk energien de første 70% af rejsen fra Solens midte til overfladen.

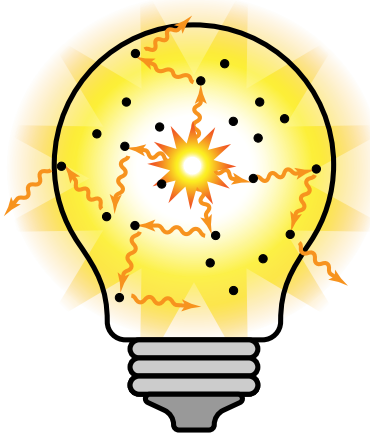
Lyset rejser dog ikke direkte ud, men fordi tætheden inde i stjerner er så høj, så støder lyspartiklerne, kaldet fotoner, ind i atomkernerne. De bliver dog genudsendt fra atomet igen, men i en ny tilfældig retning. De bliver så atter absorberet igen efter af at have rejst et lille stykke vej, en afstand der kaldes den middelfri vejlængde. For Solen er den middelfri vejlængde 2 cm. Men hele rejsen forsætter helt ud til de yderste 30% af Solen, hvorefter en ny transport finder sted, da Solen her bliver for ugennem-



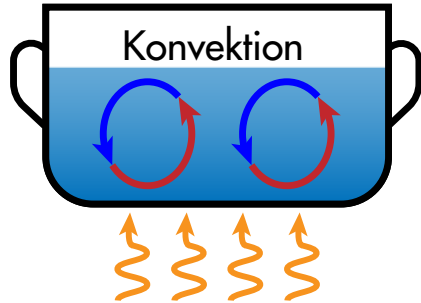
*Her ses et udsnit gennem Solen, med de to former for energitransport illustreret. De røde pile, er her strålingstransport, altså fotoner (lyspartikler) der emitteres og absorberes fra atomkerner. Dette stopper ved cirka 70% ud fra solens centrum, og dermed tiltager en anden form for energi transport, konvektion.*

sigtig til at lyset kan rejse igennem. Transportmidlet er konvektion.

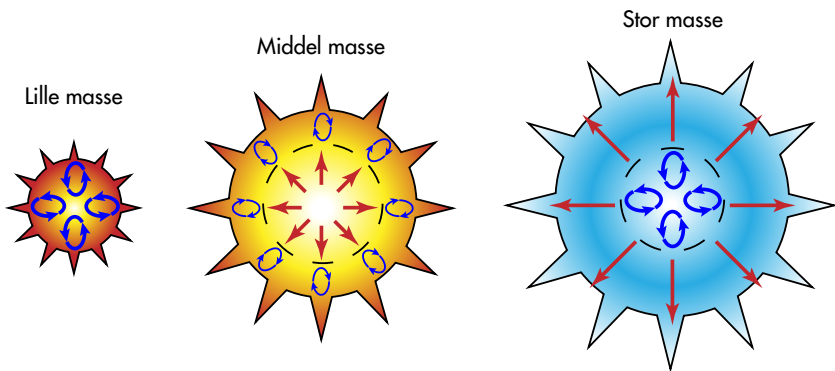
Konvektion virker her ved at varmen cirkulære rundt, i det den varme gas stiger op og den kolde dermed synker indad. Et fænomen, som kan ses når man koger vand på en kogeplade, og for at det varme vand ikke kun er i bunden af gryden, men stiger op og lader det kolde vand tage des plads.



Strålingstransport, fotonerne rammer ind i forskellige partikler og bliver gend sendt i en tilfældigretning. Den aflagte afstand er den middelfri vejlængde.



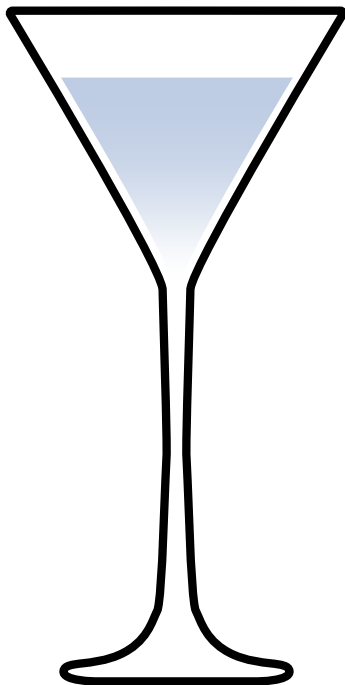
Konvektion, vandet varmes op af strålingen fra bunden. Det varme vand stiger til tops, og erstattes af koldere vand.



Alt efter stjernens masse vil den benytte konvektion eller strålingstransport til at flytte energi. Metoden den benytter er den, som er mest effektiv for det givne område.

# Hvide dværge

*De pensionerede stjerner*



- 2/4 Gin
- 1/4 Cointreau
- 1/4 Friskpresset Citronsaft

*Shakes i 4-5 sekunder med 6-8 store isterninger. Sis over glasset. Lille og fin cocktail, som en lille hvid diamant.*

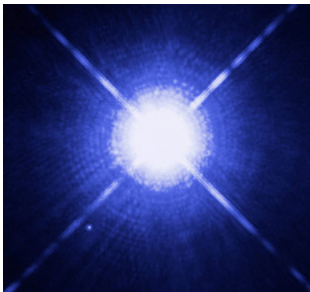


Efter en rød kæmpe ikke kan fusionere mere, kaster den sine ydre lag ud, og danner det vidunder vi ser, som en planetarisk tåge.

Stjerner op til 8 gange Solens masse bliver til hvide dværge i slutstadiet af deres liv. Radien er normalt 1% af Solens radius. Hvor masserne er den samme. Hvide dværge fusionere ikke mere, og vil derfor køle af til en sorte dværg. Dog fordi de er så små og varme vil denne proces vare i flere trillioner år. Der eksitere derfor ikke nogen sorte dværge endnu.



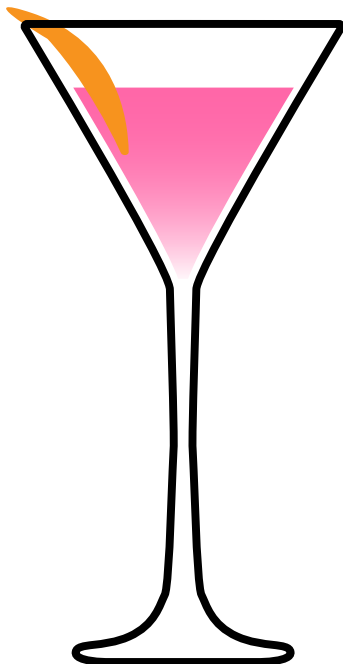
*Tågen omkring en hviddværg, en sandsynlig slutning for vores Sol. Stjernen har her slynget sine ydre lag ud, hvilket danner den fine tåge. Billedet er set fra hubbleteleskopet.*



*Sirius er et dobbeltstjerne system. Den store stjerne er Sirius A, men den lille bitte stjerne ved siden af er Sirius B, der er en hvid dværg. Sirius B er mindre end Jorden, men har en masse på størrelse med Solen. Sirius er forholdsvis tæt på os, med en afstand på 8,6 lysår. Sirius er her set fra Hubbleteleskopet.*

# Supernova

*Hvad er så en almindelig nova?*



- 4 dele hvid rom
- 1 del tør fransk vermouth
- 1 del triple sec
- 1 stænk grenadine
- Skræl fra en appelsin

*Alle ingredienser undtagen appelsinskrællen rystes godt med is i en shaker. Sies og serveres i et afkølet cocktailglas. Garneres med skrællen af en appelsin.*

Når du ikke kan klare mere og er helt fyldt op, så kan man kalde det der sker efterfølgende for en slags supernova. Dog imodsætning til den slags "supernova", så er den rigtige supernova noget skønnere, særligt efter den er sket.

Når en enorm stor stjerne når sit livs ende ender det i en supernova. Det er fordi jernkernen i stjernen ikke producerer nok energi til at holde stjernen stabil, da jern ikke frigiver noget energi ved fusion, eller fission. Tyngdekraften vinder kampen og jernkernen inde i den enorme stjerne kolliderer.



*Krabbetågen, resterne fra en supernova observeret på Jorden i år 1054 .  
Billedet her er dog set fra Hubbleteleskopet.*

*Hør Stephen Hawking  
forklare supernovaer, og  
se en helt tæt på.*



# Neutronstjernen

*Nu med degenerede neutroner*



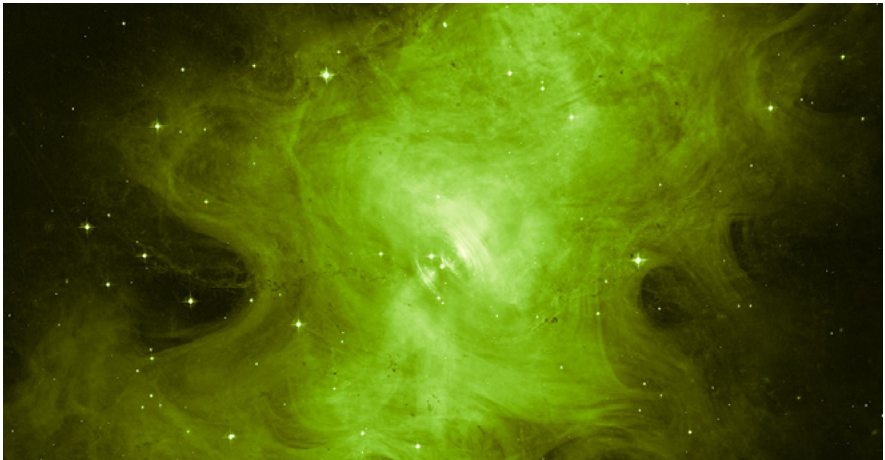
- 1 del kaffelikør
- 1 del marashino
- 1 del cognac

*Hæld kaffelikøren ned i glasset, derefter tilsæt marashinolikøren forsigtet og dernæst cognac. Denne cocktail kræver en rolig hånd, således det ikke bliver blandet sammen, og vi istedet får noget, der ligner et sort hul.*

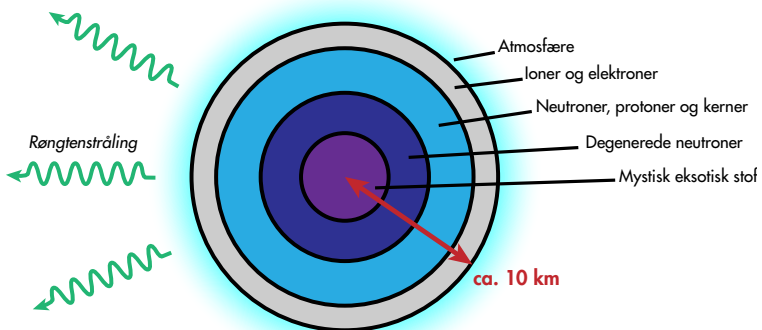
Hvis man kigger i tågen fra en supernova finder man et meget lille objekt med en meget stor masse. Resterne af jernkernen fra en kæmpestjerne danner dette kompakte objekt, som har et enormt magnetisk felt.

Neutronstjernen har en bizar sammensætning. Som navnet antyder består neutronstjernen af neutroner, men de er presset så tæt sammen for at modvirke den enorme tyngdekraft, at de bliver degeneret.

Neutronstjerner er små i størrelse, med radiuser ned til omkring 10 km, men deres masse er enorm. De har derfor en enorm overflade temperatur, men en lille overflade. Derfor sender neutronstjerner meget lys, som røngten-stråling.



Resultatet efter en supernova. Inde i tågen lyser en neutronstjerne op. Set fra Hubbleteleskopet.



# Det sorte hul

*Hvor intet lys kan undslippe*



- Kølig champagne
- Kølig, men stærk porter

*Porteren og champagnen hældes i samtidig og langsomt i en afkølet champagne-coupe. Der kan anvendes en anden mousserende vin.*

*Må ikke omrøres.*

Når en stjerne er så massiv at selv ikke kraften fra degenererede neutroner kan modstå tyngdekraften, så er der intet der kan. Hvor vi normalt får en neutronstjerne får vi nu et sort hul.

Sorte huller er i deres natur sorte, da selv ikke lys kan undslippe det sorte hulls enorme tyngdekraft. Det svarer til at at det sorte hul har en undvigelshastighed over lyshastigheden. Al massen af den forrige stjerne trækkes sammen til et enkelt punkt, en singularitet.



*Et super massivt sort hul inde i en galakse. Det røde lys er her observeret i radiobølge-området, og består af energirig plasma slynget ud fra det sorte hul.*

Det sorte hul har en "radius" kaldet Schwarzschild-radien, og når man når indenfor den, vil man aldrig kunne forlade det sorte hul igen.

Sorte huller findes i mange forskellige størrelser og masser, med nogle så store de eksisterer midt inde i galakser. I vores galakse, mælkevejen, eksisterer der også et super massivt sort hul.

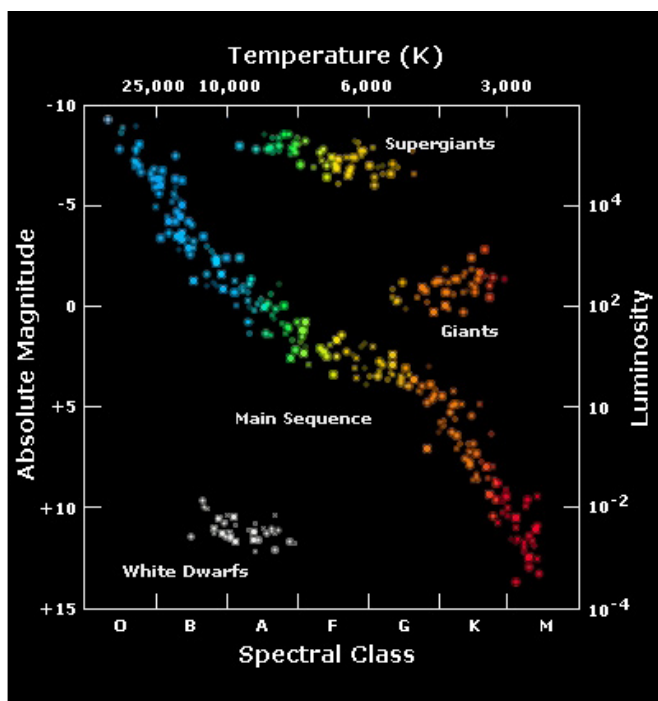
*Se hvordan et sort hul påvirker rummet omkring sig.*



# Stjernernes liv

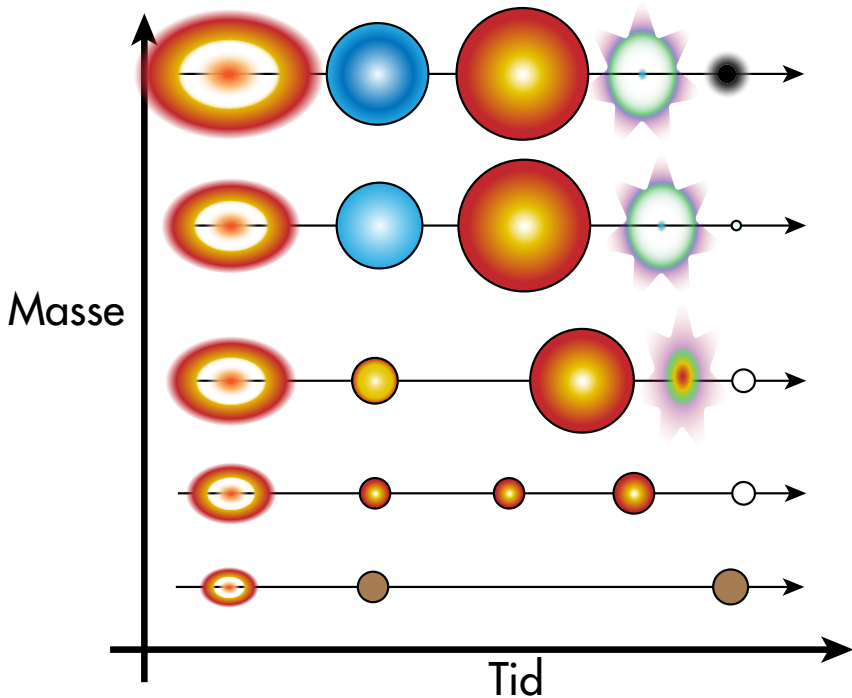
Efter at have fulgt stjernerne, præsenterer vi her et kort overblik over dem alle.

De fleste stjerner ligger på hovedserien, inklusiv Solen. Når stjernerne løber tør hydrogen, begynder de at fusionere helium til større grundstoffer. Jo højere masse de har, jo hurtigere fusionere de.



Her ses stjernerne klasseret, ud fra flere fysiske størrelser. Diagrammet kaldes et Hertzsprung-Russel diagram. Solen ligger på hovedserien her "main sequence".





Her ses udviklingen af protostjerner af forskellige størrelse. De mindste bliver kun til brune dværge, hvorimod de lidt større til røde og efterfølgende en hvid dværg. Stjerner med en masse omkring Solens vil blive til røde kæmper og derefter en planetarisk tåge med kernen som en hvid dværg. Meget store stjerner laver istedet en supernova, og kernen bliver til en neutronstjerne. Endnu større stjerner laver istedet et sort hul.

# Kildehenvisninger

**Kilder til billeder.****Pillars of creation:**

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/01/New\\_view\\_of\\_the\\_Pillars\\_of\\_Creation\\_-\\_visible](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/01/New_view_of_the_Pillars_of_Creation_-_visible)

**Young Star:**

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/06/Young\\_star\\_offers\\_a\\_glimpse\\_of\\_the\\_Sun\\_s\\_past](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/06/Young_star_offers_a_glimpse_of_the_Sun_s_past)

**Violent protostar:**

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/07/Violent\\_wind\\_gusting\\_around\\_protostar](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/07/Violent_wind_gusting_around_protostar)

**Brown Dwarf microlens:**

<http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA21076>

**Proxima centauri:**

<https://www.nasa.gov/sites/default/files/potw1343a.jpg>

**Sunset:**

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/11/Concordia\\_sunset](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/11/Concordia_sunset)

**Sun like death:**

<http://sci.esa.int/hubble/40675-hubble-reveals-ngc-2440/>

**Crab Nebula:**

[https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_1604.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1604.html)

**Eerie neutron star:**

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/a-dead-stars-ghostly-glow>

**Super black hole in action:**

[http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/11/A\\_supermassive\\_black\\_hole\\_in\\_action](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/11/A_supermassive_black_hole_in_action)

**Billede af foto:**

[http://hubblesite.org/the\\_telescope/hubble\\_essentials/image.php?image=hst-above](http://hubblesite.org/the_telescope/hubble_essentials/image.php?image=hst-above)

**Andre kilder**

<https://www.nasa.gov/>

<http://www.esa.int/ESA>

<http://illvid.dk/universet/hvordan-opstaar-stjernaager-i-universet>

<https://global.britannica.com/topic/brown-dwarf> <http://www.astronomy.com/news/2016/08/when-does-a-small-star-become-a-brown-dwarf>

<http://www.space.com/22471-red-giant-stars.html>

<http://astronomy.fas.harvard.edu/compact-objects>

<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/B/Blackbody+Radiation>

<http://science.nationalgeographic.com/science/space/universe/white-dwarfs-article/>

<http://www.space.com/22180-neutron-stars.html>

# Tak til

Vi vil gerne takke Hubbleteleskopet, der har støttet os med alle de mange billeder, og indsigt i universet. Hubbleteleskopet svæver rundt i en tæt bane om Jorden, og observerer og fotografere universet omkring os.

Mange af billederne i bogen stammer fra Hubbleteleskopet, for ikke at nævne det fantastiske arbejde teleskopet gør i at udforske nattehimmelen.



# STJERNERNES DRILLE

Har du nogensinde undret dig over hvorfor stjernerne på nattehimmelen har forskellig størrelse og farve? Er du forvirret over forskellen mellem en rød, hvid og brun dværg? Har du samtidig lyst til en lille drink?

Så er denne bog for dig, vi præsenterer både stjerner og andre astronomiske objekter, samt forklarer fysikken bag dem. Vi gennemgår både fusion og hvordan en stjerne holdes sammen. Lær eksempelvis om en neutronstjerne, og drik den mens du læser.

Vi gennemgår en stjerne fra sin begyndelse til sin død, og giver dig en cocktail til hver enkelt trin.

**Aarhus Universitet**