



## Black Body Radiation, Varme og meget mere.

Begrebet Black Body Radiation giver en forståelse for mange ting i vores hverdag.

Fx

Hvorfor starter jern, der opvarmes, med først at lyse rød, derefter mere gulligt.

Og hvorfor bliver der koldt om natten, især hvis der ikke er skyer.

Og hvorfor var det lige, de gamle glødepærer omsatte den største del af energien til varme.

Hvorfor er det lige, at drivhusgasserne tillader Solens stråling kan komme gennem ned mod Jorden, men bremser varmen den modsatte vej.

Man har ikke en chance for at forstå ” drivhuseffekten ” uden at forstå begrebet.

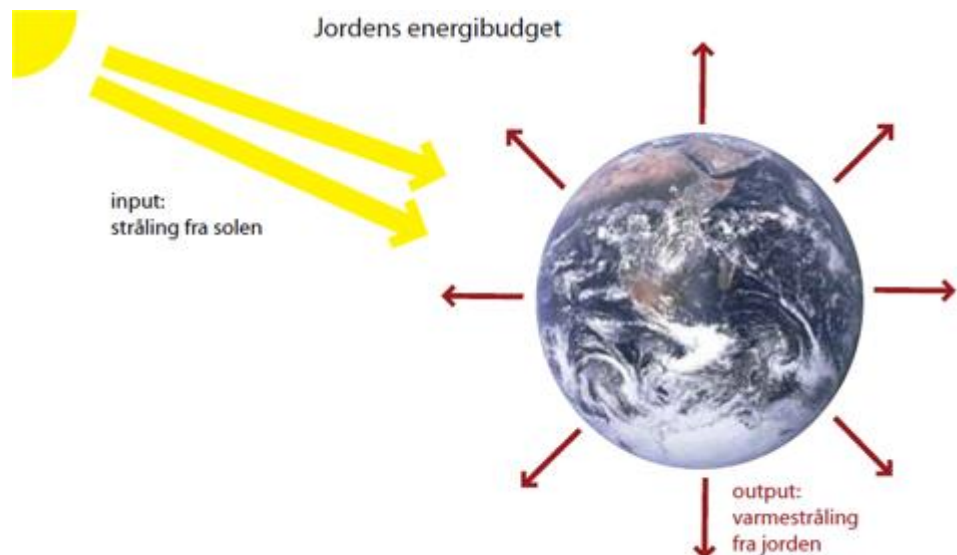
Black Body Radiation og Varme hænger sammen, så derfor starter dette dokument med at se på Varme.

**Hvorfor bliver noget varmt ?? Hvordan virker lysdioder mm ??**

-----

Vi skal se på – og forstå – energien, der kommer som stråling fra Solen, - og den, der forlader Jorden ud mod Verdensrummet.

Fra Solen får vi både Lys og Varme



**Varme og lys må have noget med hinanden at gøre:**



Et stykke glødende jern, eller en varm kogeplade udsender "varmestraler" og lidt lys.

Jo varmere, des mere varmestraling og jo varmere des hvidere lys udsendes.



Så ud fra farven må man kunne bestemme temperaturen! Fx på lava.

## Konvektion, varmeledning og varmestraling:

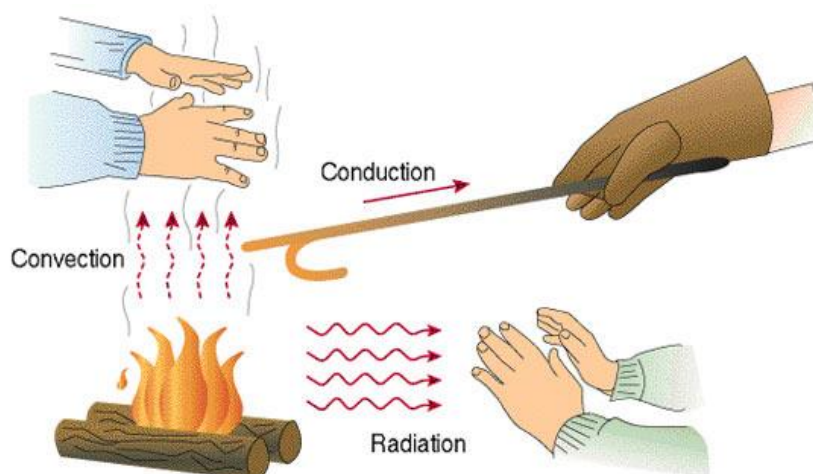
Varme kan flyttes, eller "udbredes" på 3 måder:

Varmeledning ( Conduction ), Konvektion, og Varmestraling ( Radiation )

### Varmeledning

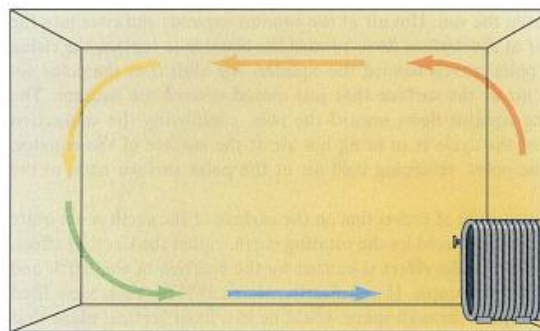
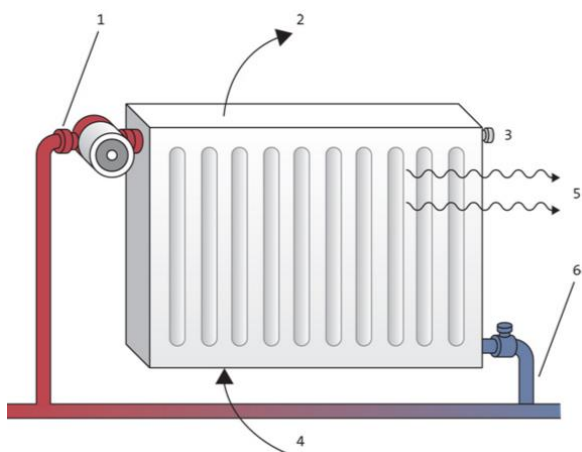
Conduction

Varme ledes gennem et materiale.



<http://blogs.saschina.org/melisa01pd2016/2009/10/21/conduction-convection-and-radiation/>

Konvektion: Det kender vi fra vore radiatorer:



Luften omkring radiatoren opvarmes, og stiger opad. Og erstattes af noget koldere luft, som også varmes op – osv.

## Varmestråling:

På afstand kan man mærke varmemstrålingen fra fx en grill eller kogeplade.



Der er stor forskel på mængden af varmemstråling fra et lille og et stort bål. !!



Kilde: <https://allevents.in/tilst/vinterferiesjov-vinterb%C3%A5l-med-snober%C3%B8d-sange-og-skumfiduser/579879442171068>

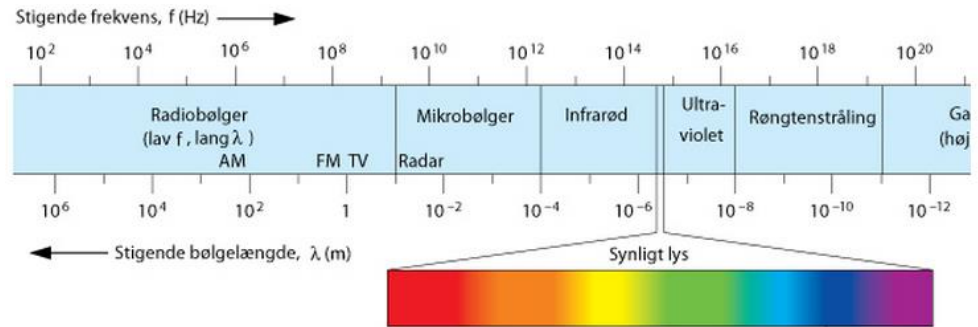


## Lys og Varmestråling

Lys er bare en lille del af al elektromagnetisk stråling:

Lys og Infrarød stråling er også radiobølger.

Frekvensen er bare anderledes.



Kilde: [http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/ckf/fase2/2uine/universet\\_og\\_jordens\\_udvikling/straalingen\\_fra\\_universet/index.html](http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/ckf/fase2/2uine/universet_og_jordens_udvikling/straalingen_fra_universet/index.html)

Fysiklærerne snakker – desværre – om bølglængder fremfor frekvenser.

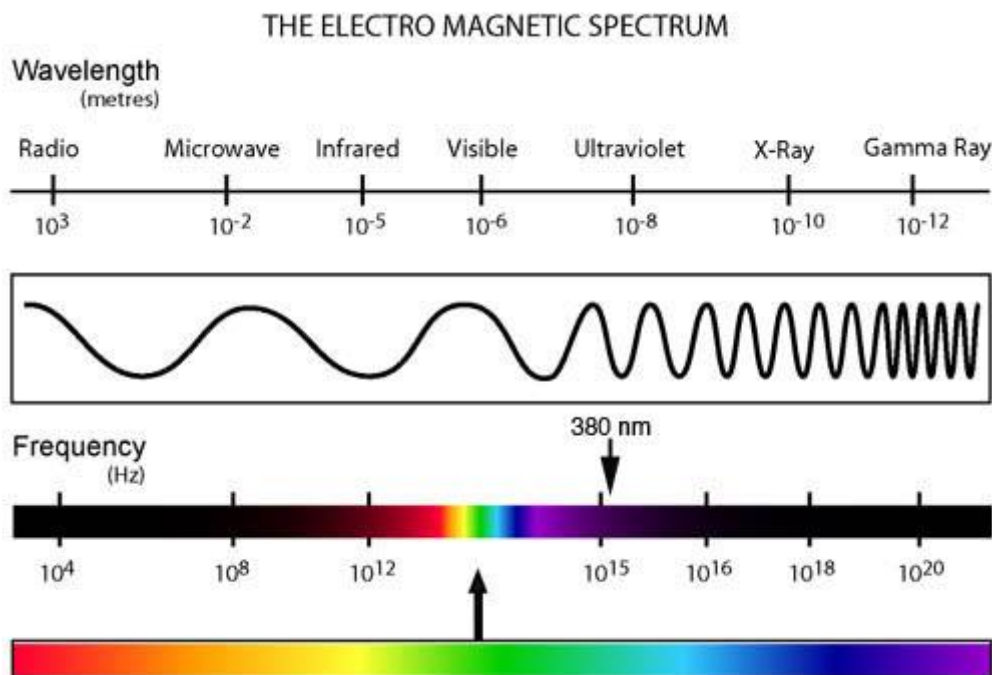
## Overvej:

*Hvordan er forholdet mellem frekvens og bølglængde lige?*

*Hvordan ser radiobølger ud?? - Google EM-Waves!!*

*Nogle dyr kan vist se andre frekvenser end dem, vi kalder lys!! Slanger kan se infrarødt lys ?? – og nogle insekter eller fisk kan vist se UV-lys. Verificer – google!!*

Altså det, vi kalder lys, er kun de frekvenser, vi mennesker kan se!! De frekvenser, vore antenner, dvs. vore øjne er følsomme overfor!!



Her er igen vist en graf over frekvenser, og det lille udpluk, der er det, vi kalder lys.

Det må jo være en evne, der er udviklet gennem udviklingen, at vi kan registrere nogle frekvenser.

<http://www.viewzone2.com/dna.html>

Er der nogle skabninger, der kan "se" andre frekvenser???

Ps: Lys må jo have en evne til at kunne trænge igennem vand. Vore øjeæbler er jo fyldt med vand!!

Hvor lille del af spektret er lys egentligt

Se @ filmstrimmel, 2:14 <https://www.youtube.com/watch?v=kfS5Qn0wn2o>

Om EM-waves mm, Se [YouTube, 2:45:](#)

## Eksempler på brug af varmestråling

### Øretermometer:

Et øretermometer måler på varme-stråling fra overfladen inde i øregangen.





## Termofotografering:

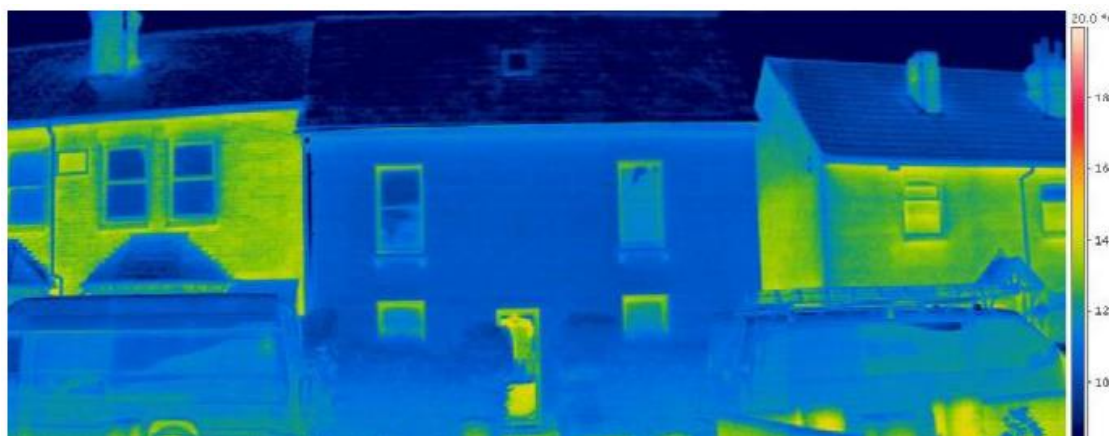
Her er et billede taget fra en helikopter, der har forfulgt en bilist, der forsøgte at køre fra politiet.

Bemærk, at det er falske farver !! De er skabt af computeren i kameraet.

Noget varmt ” Lyser op ” på billedet.

Kameraet og dets computer er indrettet sådan, at den farver billedet blå, der hvor der kommer mindst stråling. Altså der, hvor der er koldest! Det er kunstige farver! Ikke farver som vi kender dem!

## Termofotografering af huse

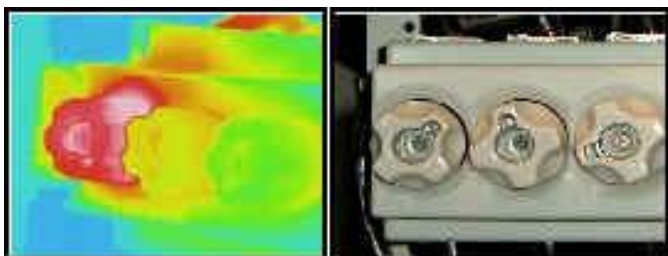
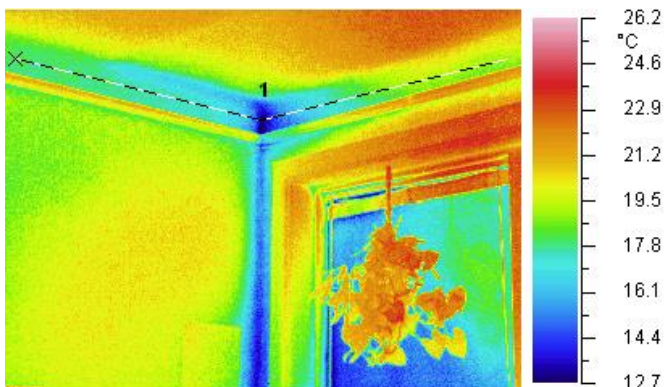




Her et eksempel på kuldebroer.

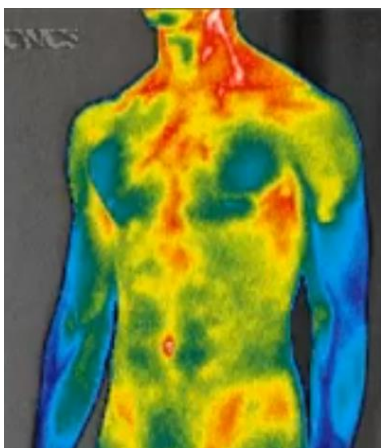
Isoleringen er dårlig.

Kilde: [www.tryel.dk/Bygninger.htm](http://www.tryel.dk/Bygninger.htm)



Her er sølvtråden i sikringen  
varm pga. for meget strøm.

Stråling fra mennesker kender vi også fra ”bevægelsesfølere”.



Infrarød stråling fra et menneske.

<http://www.youtube.com/watch?v=WP2XwBhmAk>



Motordoping i et cykelløb afsløret af Varme.

## Bevægelsesfølere

Det er den samme fysik, der udnyttes i bevægelses-følere!!  
Her udnyttes varmestråling fra en person.

Kommer der varmestråling fra en person ??  
Hvor koldt skal noget være før der ikke kommer varmestråling ??

*En bevægelsesføler reagerer på udstrålingen fra mennesker, og kan fx tænde lyset indendørs.*

*Eller fx aktivere et tyverialarm.*

*Hvordan kan føleren egentlig "se" bevægelse?*



*Kommer der varmestråling fra en person ??*

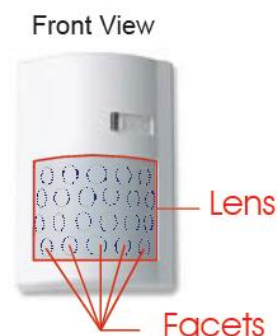
*Hvor koldt skal noget være før der ikke kommer varmestråling ??*





For at opnå bevægelses-følsomhed har man indbygget linser, så følsomheden ikke er ens i alle retninger.

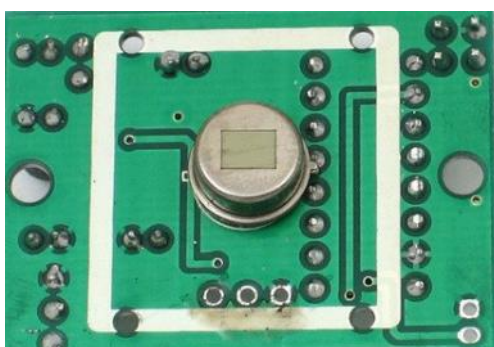
På bevægelsesdetektorens forside ses nogle små linser, der bruges til at fokusere varmestrålingen fra et menneske fra en bestemt retning ind på en varmefølsom chip.



Se en animeret gif: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:FacetLensOfMotionDetector\\_animation2.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:FacetLensOfMotionDetector_animation2.gif)

Fresnell video, 5 minutter: <http://vega.org.uk/video/programme/226>

Eller her: [http://videos.vega.org.uk/leverhulme\\_fresnellens.mp4](http://videos.vega.org.uk/leverhulme_fresnellens.mp4)

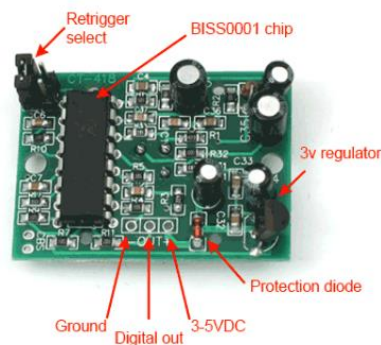


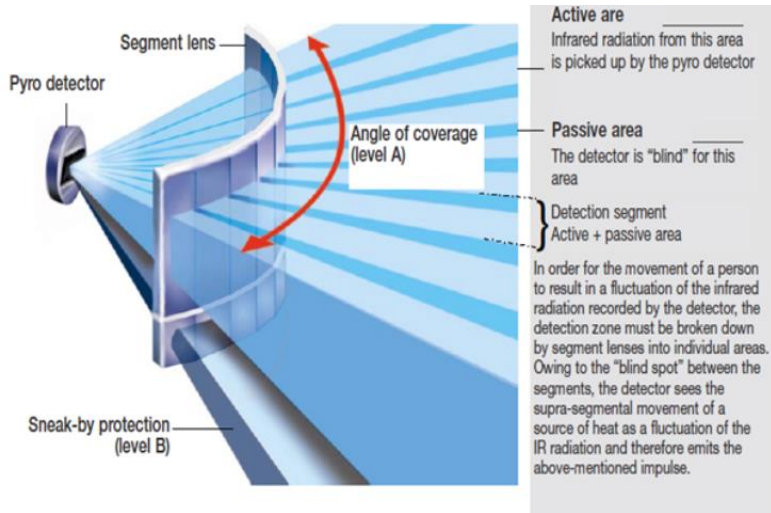
Elektronikken reagerer på, hvor hurtigt, føleren oplever en ændring i varmestrålingen.

Chippen omsætter mængden af varmestråling til en spænding.

Der bruges derefter noget elektronik til at se på, hvor hurtigt varmestrålingen ændres. Dvs. hvor hurtigt, en spænding ændres.

*Differentiering !!*

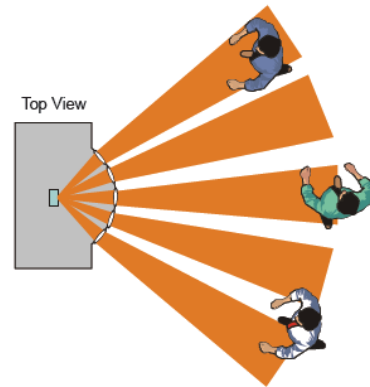




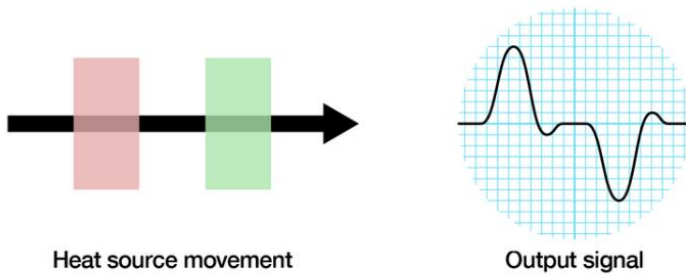
Foran føleren er der monteret nogle linsler.

Dvs. at varmemstrålingen, der rammer linsen fra en person, ikke er af samme størrelse fra alle retninger foran føleren.

Hvis man så bevæger sig "hurtigt" fra én zone til en anden, kan elektronikken i føleren detektere en "hurtig" ændring.



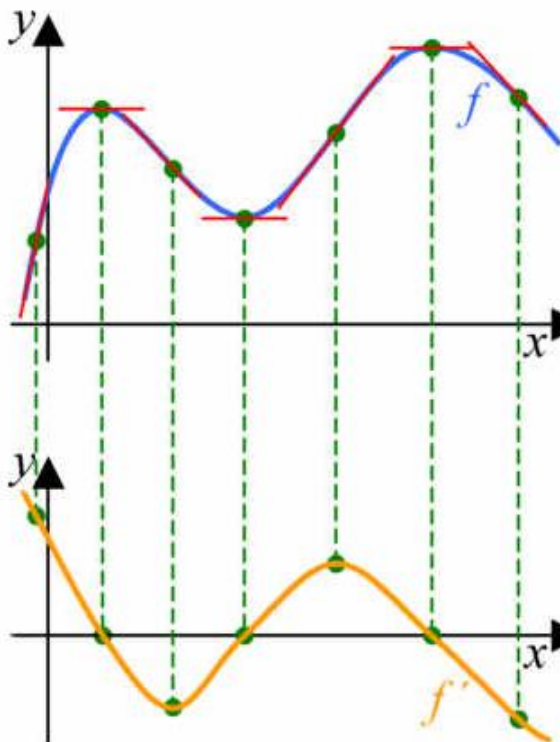
Kilde: <http://www.alarmsbc.com/pdf/basic%20security%20101.pdf>



Dvs. at det signal, der kommer fra chippen skal differentieres.

*Hvad er det ???*

Kilde: <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor?view=all>



Her er en graf,  $y$ , differentieret.

Hvis  $Y$  er et spændings-signal, er  $y'$  det differentierede spændingssignal

Se animation på:

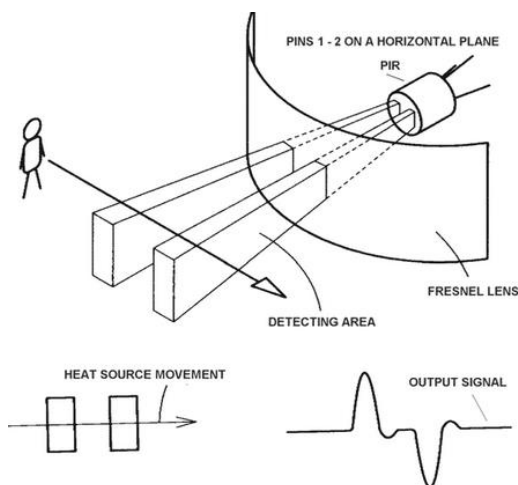
<https://da.wikipedia.org/wiki/Differentialregning>

**Hvordan ser en differentieret sinus ud ??**

Kilde: <https://da.wikipedia.org/wiki/Differentialregning>

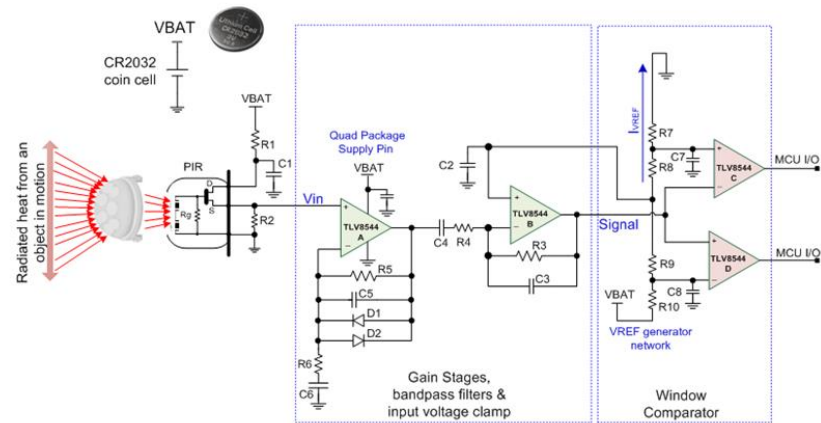
Når et menneske bevæger sig på tværs af følerens synsfelt genereres der i elektronikken en spænding, som er proportional med ændringen af den indstrålede energi.

$$U = f\left(\frac{d\Phi}{dt}\right)$$





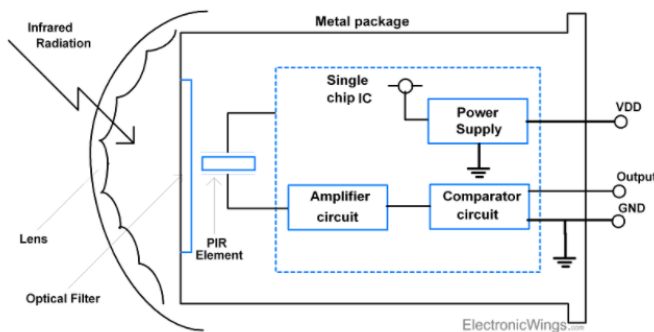
Et eksempel på et kredsløb, der kan detektere bevægelse foran en PIR.



Kilde [her](#):

Se fx også: <http://www.instructables.com/id/PIR-Motion-Sensor-Tutorial/>

Fresnel linse



Kilde [her](#):

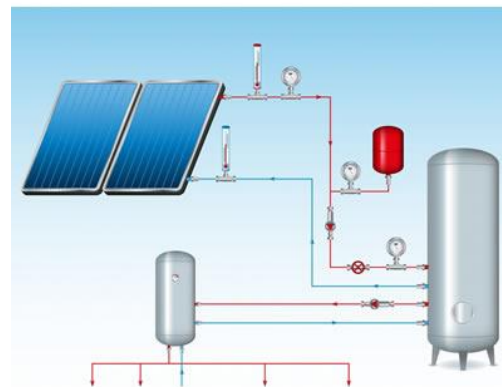
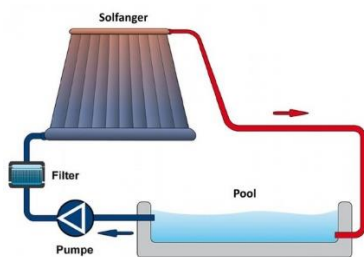
*Google Fresnel lens*

*Hvad har de været brugt til ??*

Der findes også typer der bruger microbølger: [se her](#):

## Solfangere

Kilde [her](#):



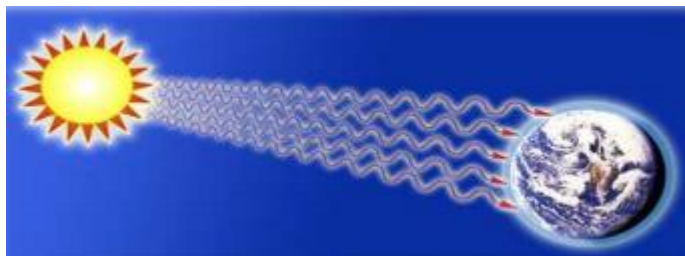
Kilde [her](#):



Og så selvfølgelig varmestråling fra Solen, Kogeplader, Bål, osv.

Er der flere ??

Se igen senere !!



## Ligevægt

Vi skal også have fat i begrebet Ligevægt

Der skal helst være balance i mængden af energi fra Solen, der rammer Jorden – og energi der forsvinder igen fra Jorden.

**Temperatur udlignes: Der opstår ligevægt.**

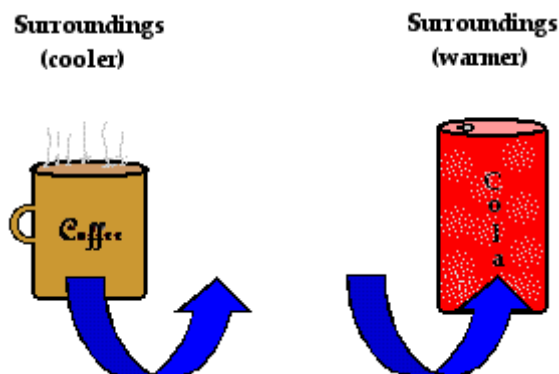
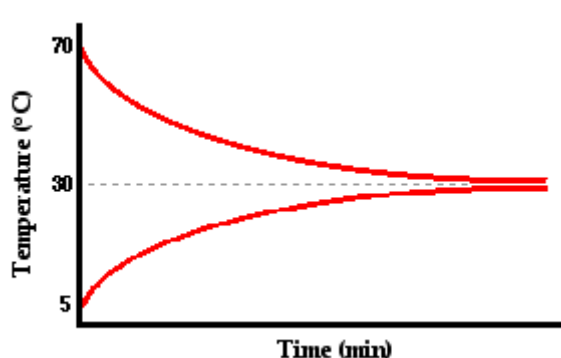
Ligesom en varm væske kan opvarme en anden væske, indtil ligevægt, vil en kop kaffe i et rum udligne sin temperatur med omgivelserne.



<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/u1811e.cfm>

Det sker ved varmeledning, konvektion og varme-stråling.

Noget varmt bliver koldere, eller noget koldt bliver varmt.



Kilde: <http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/u1811d.cfm>



Varm kaffe afgiver energi til omgivelserne i form af varmeledning, konvektion og stråling. En kold dåse bliver varmere.

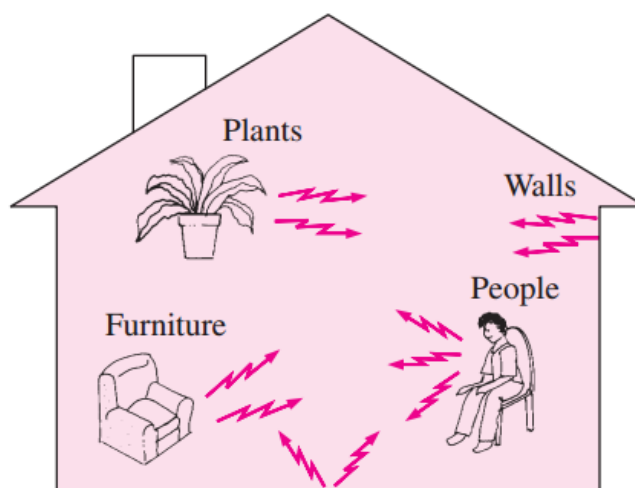
## Flere eksempler på ligevægt:

Det må så betyde at selv et stoleben, eller en whiteboard-tusch udsender stråling. Det må være en konsekvens af, at der jo opstår ligevægt. Tavlen og tuschen udsender energi.

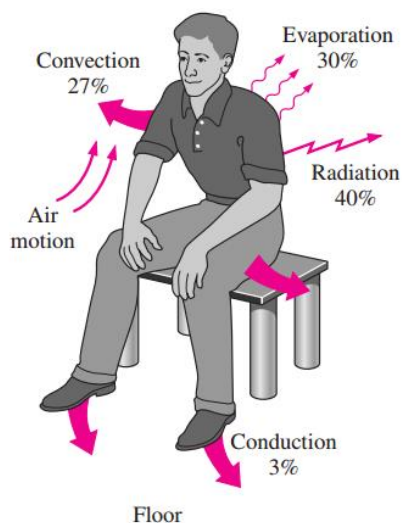
Hvorfor bliver genstandene så ikke koldere, når de udsender energi som varmestråling??

Svaret må igen være Ligevægt!

**Genstandene modtager lige så stor en mængde stråling fra omgivelserne som de afgiver, når der er opnået ligevægt!!**



[http://kntu.ac.ir/DorsaPax/userfiles/file/Mechanical/OstadFile/Sayyalat/Bazargan/cen58933\\_ch11.pdf](http://kntu.ac.ir/DorsaPax/userfiles/file/Mechanical/OstadFile/Sayyalat/Bazargan/cen58933_ch11.pdf)



Her et billede, der viser, at et menneske også afgiver energi på andre former end radiation.

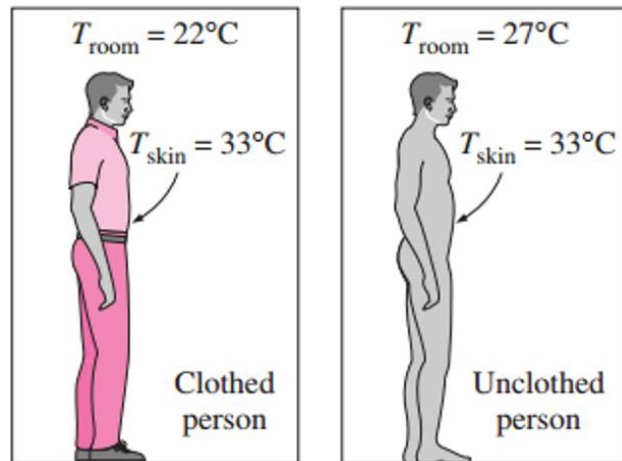


## Eksempel på varmetab fra et menneske.

Tøj fungerer som isolering.

Komforttemperaturen er 22 grader ved normal påklædning.

Uden tøj skal rumtemperaturen – dvs. luften, væggene, genstandene i et rum, - være højere, hvis komfortniveauet skal være det samme hvis man ikke har tøj på.



Vi ved jo også af erfaring, at man jo godt kan klare sig med mindre tøj, hvis det er varmt, fx ved stranden i Provence.

## Manglende hulmursisolering:

Hvis en væg ikke er hulmursisoleret kan den føles kold, selv på afstand. Kroppen vil opleve ”kulde” på den side der vender mod væggen. Af nogle kaldet ”kuldestråling”

Men det er jo fysisk blot manglende eller mindre varmestråling fra den kolde væg.

## Rim på Hegnspæl.



På billederne af hegnspæle ses at der er rim på oversiden, men ikke på siderne.



Toppen af pælen ”ser” himlens strålingstemperatur og pælens sider ser marker og omgivende træer. Himlens strålingstemperatur er koldere end de omgivende træer.

Strålings-afkølingen ( Radiative cooling ) er derfor større på stolpens top end på siderne og den vil derfor være koldere, og derfor er det her, mest vanddamp i luften fortættes og afsættes som rim.

Det er nok scenarier som dette der er skyld i misforståelsen, at dug og frost falder fra himlen, som sne og regn gør.

## Rim på havebord:



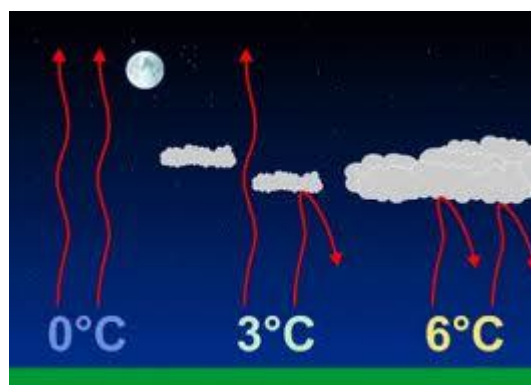
På billederne ses rim på et havebord en kold formiddag.

Der er varmere, hvor bordet udveksler stråling med kurven, end hvor det overvejende er himlens strålingstemperatur, der udveksles stråling med.

( Eget foto )

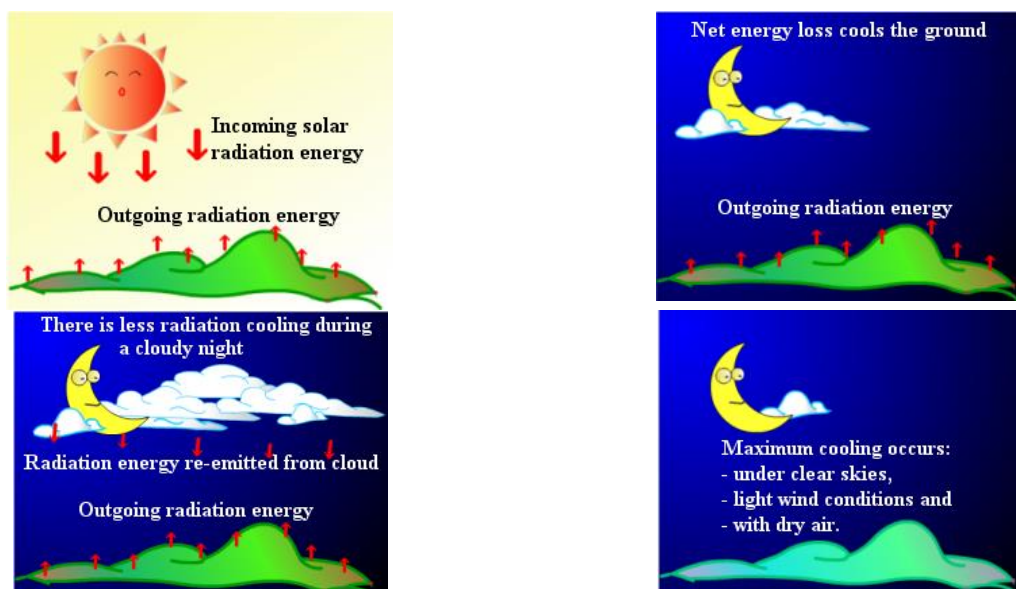
## Uden skyer bliver det koldt om natten

Vi kender, at der på en klar nat bliver koldere end hvis der er overskyet.



Jorden og skyerne udveksler stråling. Skyerne er varmere end himmel-baggrunden, derfor returneres mere energi fra skyerne end fra himlen.





Billeder fra: <http://www.hko.gov.hk/education/edu01/met/wxphe/radiationcooling/radcoolinge.htm>

Eksempel:

En overskyet himmel stråler til Jorden en energimængde på  $330,4 \text{ [ W / m}^2 \text{ ]}$  imod en klar himmel  $[ 246,6 \text{ W / m}^2 \text{ ]}$ .

Men Jorden udstråler også energi så derfor er nettostrålingstabet fra Jorden  $98,9 \text{ [ W / m}^2 \text{ ]}$  for klar himmel, og  $15,1 \text{ [ W / m}^2 \text{ ]}$  ved overskyet himmel.

( Kilde: <https://asterism.org/wp-content/uploads/2019/03/tut37-Radiative-Cooling.pdf> )

Derfor vil strålingstabet være større på en klar nat. Og det vil resultere i hurtigere og større temperatur-drop i løbet af natten end hvis der er overskyet.

Himlens ” Strålingstemperatur ” kan måles ved at rette en termisk termometer mod himlen.



<http://www.drroyspencer.com/2013/04/direct-evidence-of-earths-greenhouse-effect/>



## Himlens Strålingstemperatur.

Imagine the sky to be replaced by a blackbody, the temperature of which is such that it emits the same amount of radiation as the sky. This temperature is its radiative temperature.

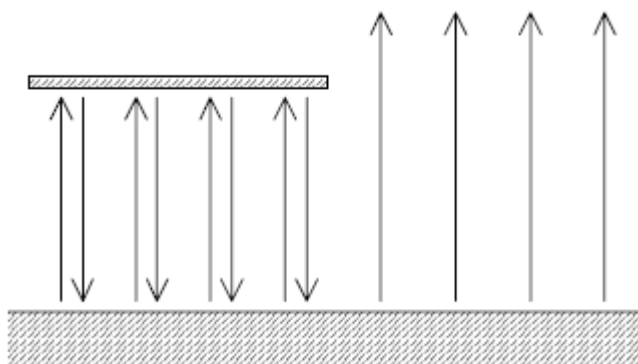
A good rule of thumb is that the clear sky has a radiative temperature of about  $250^{\circ}\text{K}$ . (  $-23^{\circ}\text{C}$  )

Kilde [her](#):

Overvej hvordan et halvtag virker!!!

## Hvorfor føles det varmere under et halvtag ??

Når man sidder udendørs en sommeraften, er det behageligst at rykke ind under en markise eller et halvtag, et stykke tid efter mørket er faldet på "*for at sidde i læ, når duggen begynder at falde*".



Det, der i virkeligheden sker, er at luften ikke kan indeholde så meget fugt, når temperaturen falder efter solnedgang.

Denne fugt vil blive fortættet på kolde overflader, jord, græs mm., der bliver kold, netop fordi de afgiver mere varmestråling end de modtager. ( der er strålings-ligevægt ved en lavere temperatur )

En markise eller et halvtag derimod reflekterer en del af denne varmestråling tilbage til jorden under eller til ting under halvtaget.

Halvtaget vil jo udveksle stråling – halvt opad med himlen og halvt med objekter under det.



Derfor vil en bil om vinteren ikke så let ise til på ruderne, hvis den bare står under et halvtag. Bilens overflader bliver simpelthen ikke så kolde som hvis den står i det fri.

## Finsk Fakkell.

Finnish log torch  
Swedish Log Candles

Faklen startes ved at hælde  
Petroleum eller tændvæske ned i  
sprækkerne og antænde det.

Ilden fortsætter indtil der bliver  
så langt mellem de brændende  
stykker, at de mister for meget  
varmestråling til omgivelserne  
og derfor ikke længere "kan  
holde sig varm"





Her kan faklen ikke længere holde sig selv varm nok til at brænde!!

## Brænde skal kløves:

Brænde til et bål eller brændeovn skal kløves. Det skal være mindre stykker, der lettere varmes op. Det er ikke selve træet, der brænder, men gasser, der afgives, når træet opvarmes.

Og når de små træstykker er tændt, kan de holde hinanden varme vha. strålevarme. Men kun hvis de er tætte på hinanden !

Det er svært at tænde en enkel pind i brændeovnen.

( Og så tørrer brændet jo også lettere når det er hugget op i stave!! )

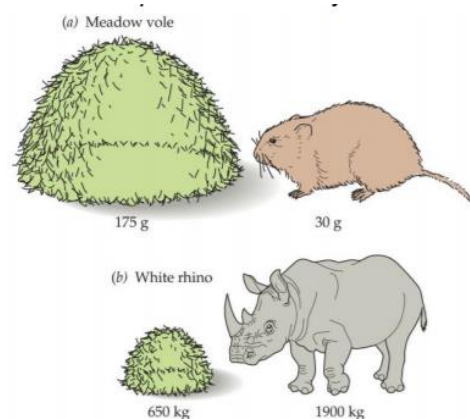


## Dyr og energitab fra deres overflade.

Dyrs strålings-varme-tab er proportionalt med deres overflade.

Hvis vi simplificerer, og går ud fra kugleformen, er det nemmere at regne på.

En kugles rumfang  $V$  og dens overflade  $A$  er givet ved:



Billedkilde: [https://stemedhub.org/resources/834/download/Size\\_Matters\\_Animal\\_Phys\\_Module\\_Draft\\_2.pdf](https://stemedhub.org/resources/834/download/Size_Matters_Animal_Phys_Module_Draft_2.pdf)

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad \text{og} \quad A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$



Da strålingstabet er proportionalt med overfladen, og energiindholdet proportionalt med rumfanget, fås:

$$\frac{\text{Strålingstab}}{\text{Energiindhold}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3} = \text{konstant} \cdot \frac{1}{r}$$

Altså, jo større et dyr er, jo mindre en del af energiindholdet mister det i form af varmestråling.

Derfor er små dyr som f.eks. mus nødt til at opretholde et ekstremt højt stofskifte. - Et par timer uden føde gør at de fryser ihjel.

Og store dyr som blåhvaler har det modsatte problem: hvis de ikke får den ekstra køling, som det giver at være under vand (varmeledning), dør de af indre overophedning.

## **Det fører os så frem til, at:**

Jo varmere – jo mere stråling. Og omvendt - jo koldere, - jo mindre stråling.

Det gælder helt ned til absolut nul, dvs. minus 273 Grader C = 0 Kelvin.

Derfor:

Alt, der har en temperatur over absolut 0, udsender varmestråling, eller rettere elektromagnetisk stråling. Absolut 0 er også 0 Kelvin, eller minus 273°C

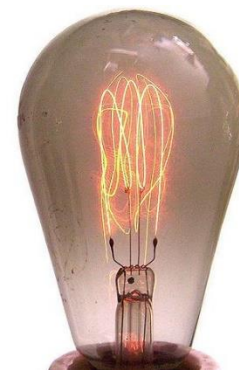
## **Hvorfor udsendes lys af et varmt legeme??**



Der må ligeledes være sammenhæng mellem varme og lys.

Lys fra glødepærer udsendes jo, hvis glødetråden er varm. Men hvorfor??

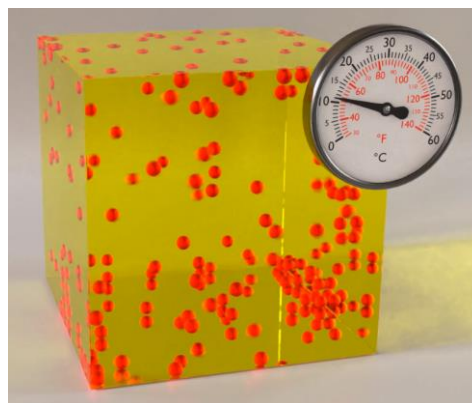
Varme er vibrationer. Jo varmere jo kraftigere vibrationer.



Men det er selvfølgelig ikke således, at alle molekyler eller elektroner ved en bestemt temperatur har samme vibrationshastighed.

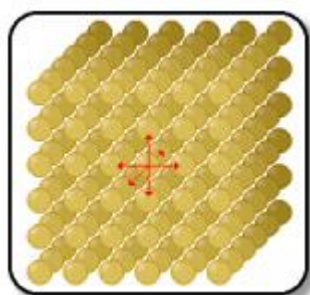
Ved en bestemt temperatur kan man tale om en gennemsnitshastighed af molekylebevægelserne:

Jo varmere, jo hurtigere bevægelser, eller måske rettere svingninger.



Se ovenstående illustration i en video på siden: (0:32 )) <https://www.tec-science.com/thermodynamics/temperature/temperature-and-particle-motion/>

Eller via et direkte link [her](#):



In a solid, a metal for example, the particles are atoms, arranged in an orderly array. The atoms are relatively close to one another, and the motion of each atom is restricted by its interaction with other atoms.

Kilde [her](#): og [her](#):

Der er også vist væsker og gasser



## Temperatur og gennemsnitshastighed:

*At a low temperature gas molecules travel, on the average, at slower speeds than they travel at a high temperature. So, at a low temperature the molecules have, on the average, less kinetic energy than they do at a high temperature. Lower speeds, lower kinetic energies.*

*Temperature, when measured in Kelvin degrees, is a number that is directly proportional to the average kinetic energy of the molecules in a substance.*

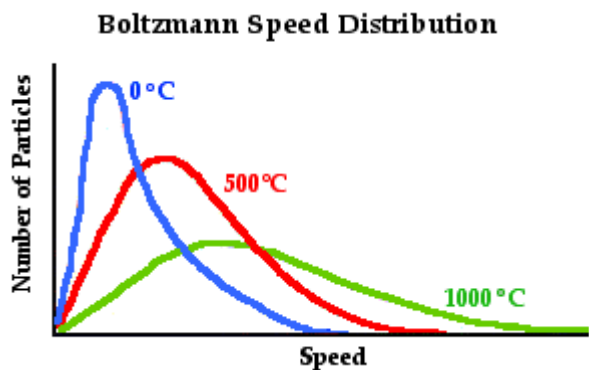
*So, when the molecules of a substance have a small average kinetic energy, then the temperature of the substance is low*

Kilde: <http://zonalandeducation.com/mstm/physics/mechanics/energy/heatAndTemperature/gasMoleculeMotion/gasMoleculeMotion.html>



<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/U1811c.cfm>

## Gennemsnits-Vibrationshastigheder

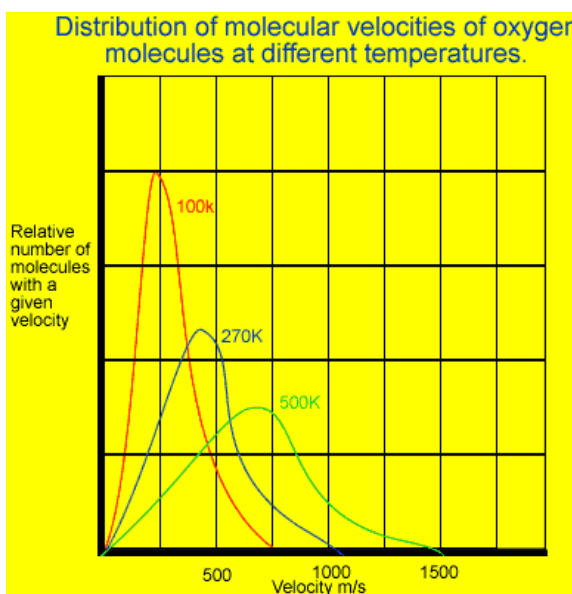


Grafen viser hvordan fordelingen er af de vibrationshastigheder, partiklerne i et legeme har ved forskellige temperaturer.

Ved højere temperaturer er der en større procentdel af partiklerne, der bevæger sig med højere hastighed.

<http://www.physicsclassroom.com/Class/thermalP/U1811c.cfm>

Her en anden graf:



<http://www.dynamicsscience.com.au/tester/solutions/chemistry/gas/averagekineticenergy.htm>

Og disse bevægelser, - når de bremses, mister de energi som udstråles som en frekvens. Eller som en radiobølge.

## Gennemsnitlig bevægelseshastighed og Fordampning

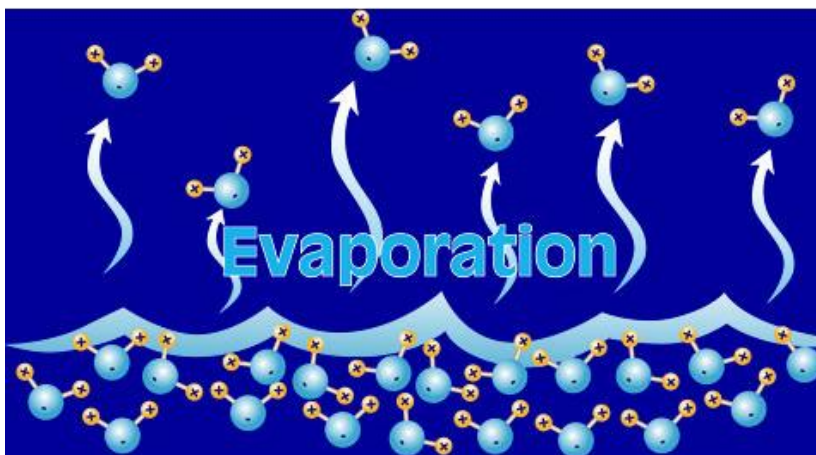
Vand under 100 grader fordampner. – ( hvis da ikke fugtindholdet i luften over vandet er alt for stor!! )





Temperaturen i vandet er et gennemsnit for molekylernes bevægelseshastighed.

Nogle molekylers hastighed er lavere, nogle er højere, og nogle i overfladen har så høj fart væk fra væsken, at de kan undslippe. Dvs. at vandet fordamper. ??

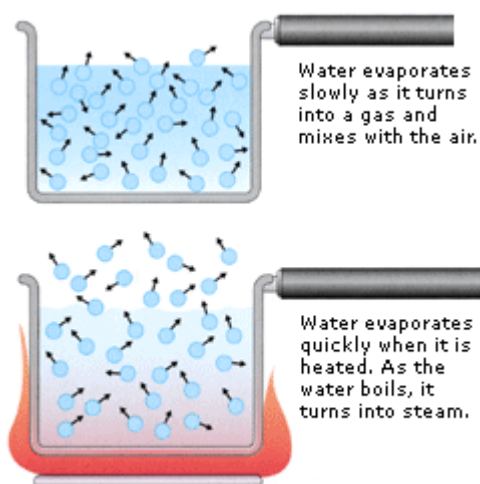


Kilde: [http://ed101.bu.edu/StudentDoc/current/ED101fa10/vebado/Content\\_1.html](http://ed101.bu.edu/StudentDoc/current/ED101fa10/vebado/Content_1.html)

Jo varmere vandet er, dvs. jo hurtigere molekylevibration, jo mere fordampning.

Hurtige vandmolekyler undviger fra overfladen.

Jo varmere, jo flere molekyler har hastighed nok til at undvige.



Selv is fordamper. Man kan hænge tøj til tørre udendørs, selv i frostvejr !!

*Måske er det derfor, at fordampning virker afkølede på huden ?? det er de "varme" vandmolekyler, der forsvinder hurtigst ??*

## Hårtørrer



Håret tørrer hurtigere med varm luft !!

Hvad med at bruge den til at lave sprødt skind på kyllingen ?

Der bør nok anvendes en Varmluftsbleser !!



Se Youtube, fra ca. 2:00

[https://www.youtube.com/watch?v=HVcSa4CzWiM&ab\\_channel=SousVideEverything](https://www.youtube.com/watch?v=HVcSa4CzWiM&ab_channel=SousVideEverything)

## Excitering:

Vibrationerne og sammenstødene får elektronerne omkring wolfram-atomerne i en glødepære til at excitere.

De hopper ud i en bane længere ude. De har fået tilført højere energi.

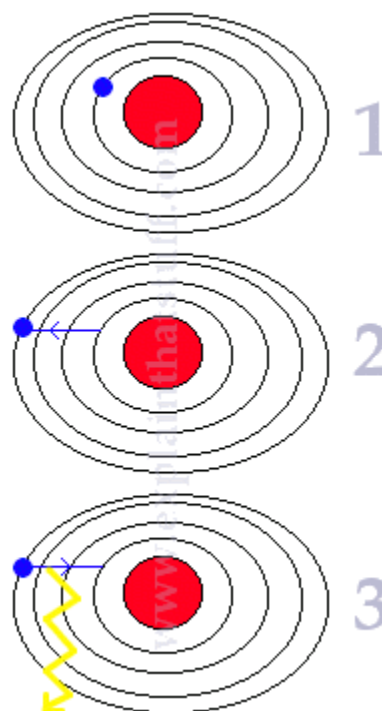
Når de returnerer, udsendes den overskydende energi som en stråling. – 1 bølge, 1 foton.

Hvis strålingen, der udsendes, har en frekvens, vi kan se, kalder vi det lys.

Glødetrådens temperatur ses som et gennemsnit i atomernes bevægelsehastighed.

Og der er flere baner omkring kernen.

Derfor ?? udsendes mange forskellige frekvenser fra et varmt legeme.



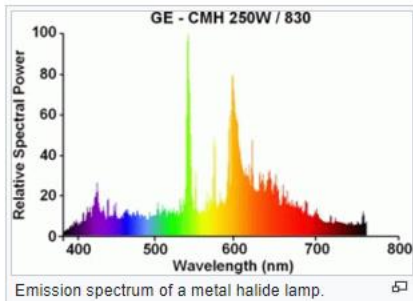
<http://www.explainthatstuff.com/light.html>

YouTube: 2:26

[https://www.youtube.com/watch?v=u4ji0z4grTU&ab\\_channel=EngineeringTechnologySimulationLearningVideos](https://www.youtube.com/watch?v=u4ji0z4grTU&ab_channel=EngineeringTechnologySimulationLearningVideos)



Animation: <https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/java/fluorescence/exciteemit/>



*The emission spectrum of a chemical element or chemical compound is the spectrum of frequencies of electromagnetic radiation emitted due to an atom or molecule making a transition from a high energy state to a lower energy state. The photon energy of the emitted photon is equal to the energy difference between the two states.*

*There are many possible electron transitions for each atom, and each transition has a specific energy difference. This collection of different transitions, leading to different radiated wavelengths, make up an emission spectrum. Each element's emission spectrum is unique.*

*Therefore, spectroscopy can be used to identify elements in matter of unknown composition. Similarly, the emission spectra of molecules can be used in chemical analysis of substances.*

Kilde [her](#):

Men er det nu helt rigtigt ??

Fra Wiki:! [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_radiation](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation)

*Thermal radiation is electromagnetic radiation generated by the thermal motion of particles in matter. All matter with a temperature greater than absolute zero emits thermal radiation. Particle motion results in charge-acceleration or dipole oscillation which produces electromagnetic radiation.*

*Thermal radiation is generated when heat from the movement of charges in the material (electrons and protons in common forms of matter) is converted to electromagnetic radiation.*

*The radiation results from changes in electronic, vibrational, and rotational states of the atoms-molecules and the emission of the radiant energy takes place as a result of irregular deceleration of charged particles (electrons, ions) in the media.*

Kilde [her](#):

Altså:

*Udstrålingen af energi = radiobølger - sker pga. exciterede atomer, der returnerer*



– eller

*Charge-acceleration or dipole oscillation. !!!*

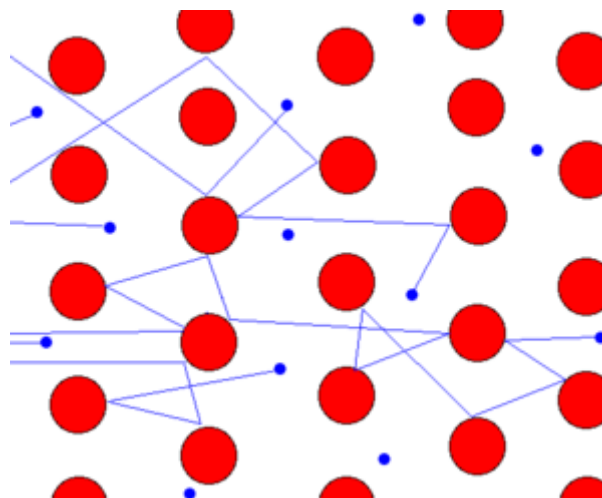
Ved 0 grader Kelvin – det absolutte nulpunkt - står alle atomer stille – og der udsendes ikke stråling!!

## Hvorfor bliver en glødetråd varm når der løber strøm ?

Elektronerne påvirkes af et elektrisk felt, ligesom en genstand påvirkes i et tyngdefelt.

Elektronerne accelererer i det elektriske felt.

Men de ramler hurtigt ind i et atom, som bremser elektronen.

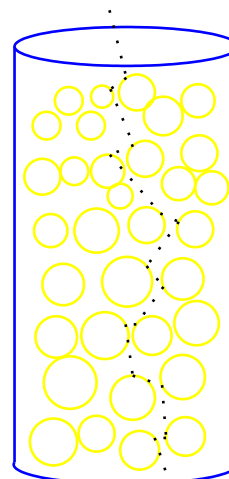


## Analogi:

Dette svarer til at små bolde skal løbe ned gennem et rør med store kampesten, drevet af tyngdekraften.

Eller som Pinocchio kugler gennem et tykt lodret rør fyldt med appelsiner eller kokosnødder.

I den elektriske verden er det bare spændingen, og ikke tyngdekraften, der accelererer elektronerne op igen.





Elektronernes bevægelsesenergi afleveres til atomerne i glødetråden, som derfor vibrerer kraftigere. De bliver varmere. Elektronerne accelereres igen op af spændingen, indtil næste sammenstød.

## Lys fra noget varmt:

Hvorfor er det nu, at noget varmt udsender lys??

Ved opvarmning af jern starter det med at udsende varmeståler, derefter begynder det at lyse rødt. Det er **Rødguldende**.

Ved yderligere opvarmning vil lyset blive mere og mere gult og til sidst hvidt. ( hvidglødende )

*Hvorfor mon?*



## Begrebet stråling fra et sort legeme: ( Black Body Radiation )

Der må være noget sammenhæng. Og for at forstå det, skal her ses på begrebet "Black Body Radiation"

Det er i princippet bare en beskrivelse af, hvad der sker ved opvarmning af et legeme.

### Legemet "skal være sort", fordi det ellers ville reflektere indgående stråling.

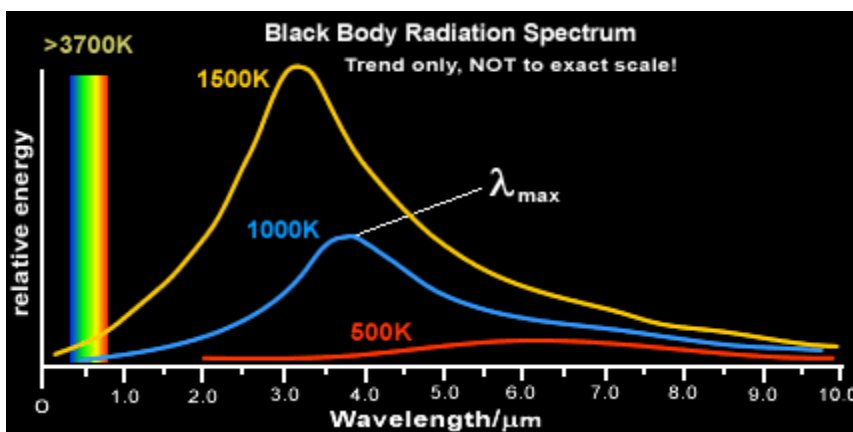
( og derfor kunne ( noget af ) strålingen være refleksion. Et ægte sort legeme er vist umuligt at opnå, så her opfatter vi det vare som jern, der opvarmes. !!

Følgende grafer viser udstrålingen fra et sort legeme ved forskellige temperaturer.



Selv "kolde" ting udsender stråling, dvs. Radiobølger ved forskellige frekvenser!!

Det er bare "mængden" og fordelingen af strålingens frekvenser, der ændres hvis temperaturen ændres.

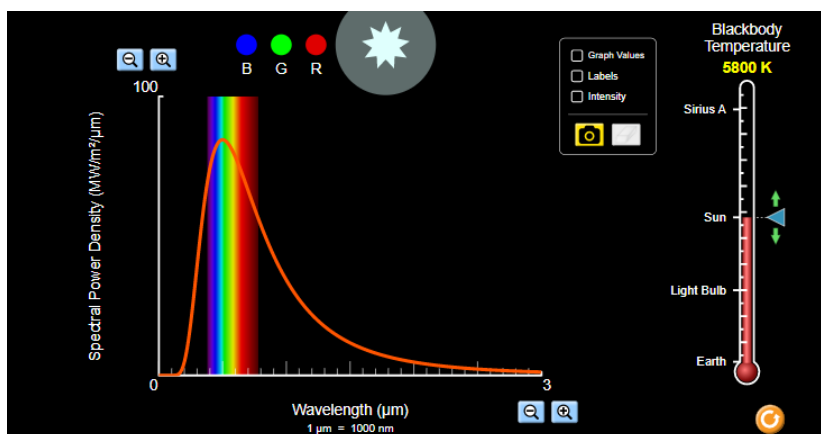


Kilde: <http://library.thinkquest.org/C007571/english/advance/background4.htm>

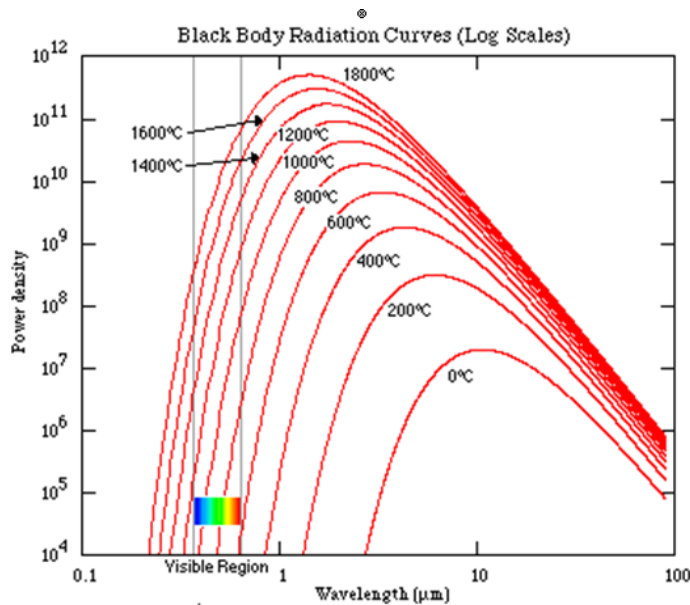
Det ses, at der udsendes stråling med et bredt spektrum.

Her et billede fra en genial interaktiv hjemmeside:

**Undersøg siden !!**



Se: [https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_en.html)



Her er vist nogle grafer over strålingen ved forskellige temperaturer.

Graferne viser den udstrålede energi ved forskellige bølgelængder.

Jo varmere, noget bliver, jo større del af strålingen vil bestå af de frekvenser, vi kalder lys.

Kilde: [www.capgo.com](http://www.capgo.com) <http://www.capgo.com/Resources/Temperature/NonContact/NonContact.html#Blackbody>

Arealet under grafen udtrykker den samlede udstrålede energimængde ved en given temperatur !!

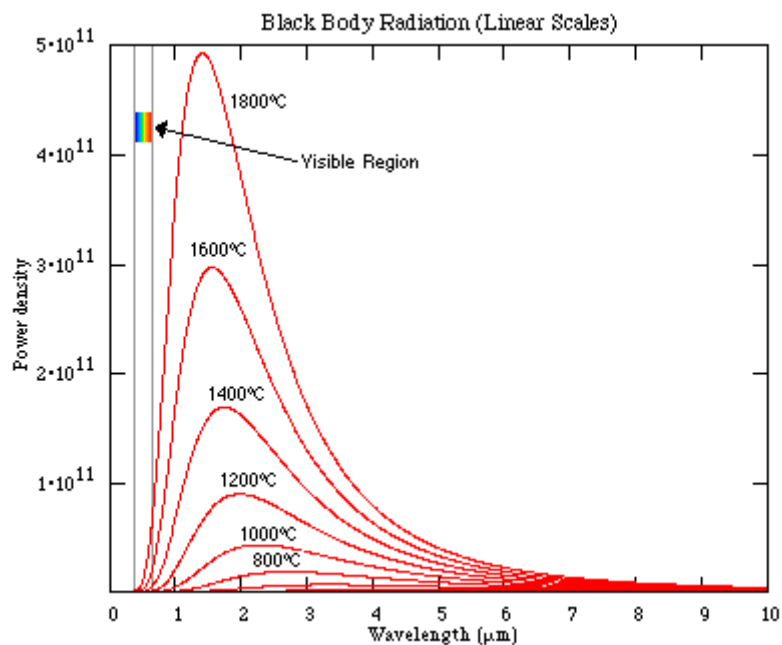
## Forklar ud fra graferne hvorfor man har forbudt glødepærer i EU!!

Her har grafen en anden x-akse:

Jo varmere, jo mere over imod venstre kommer toppunktet.

$$\lambda_{max} \cong \frac{2900 \mu m}{T (K)}$$

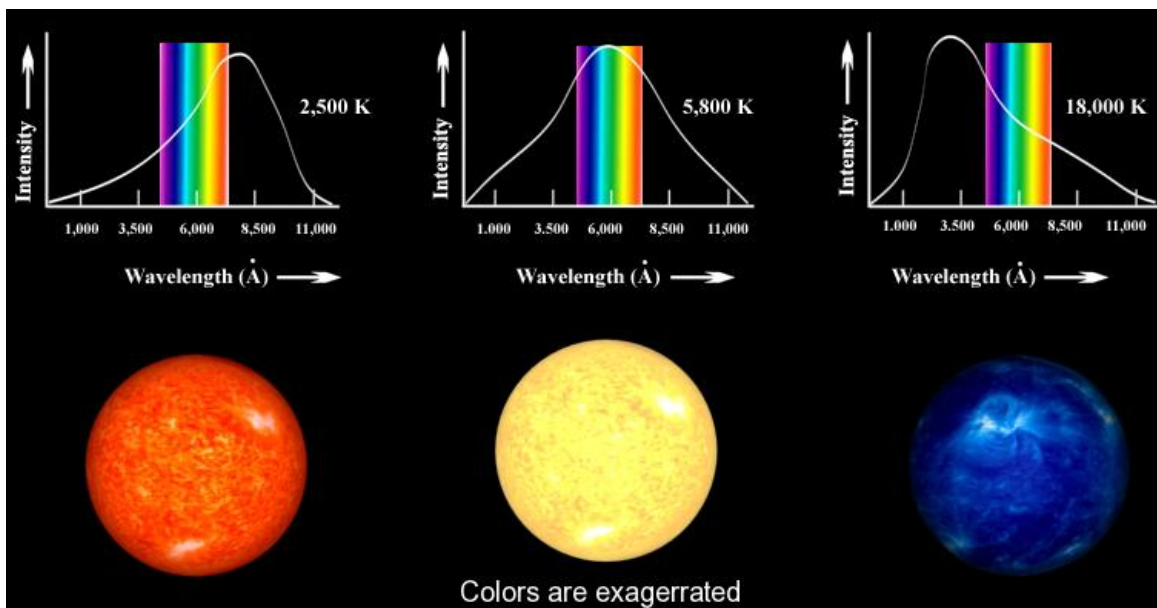
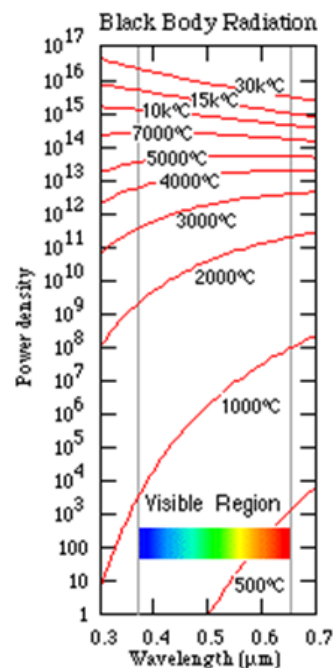
Man ser også, at jo højere temperatur, jo kraftigere stråling, udtrykt som arealet under grafen.





Jo varmere et objekt er, jo større er dets indhold af kortbølget stråling, dvs. højere frekvenser.  
De Blå frekvenser!

Jo mere blå, en stjerne lyser, jo varmere er den.

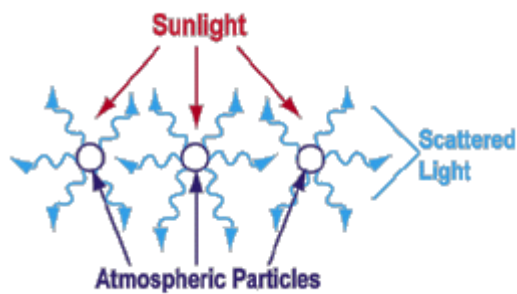


<http://www.klid.dk/kde/da/docs/kdeedu/kstars/ai-colorandtemp.html>

## Rayleigh scattering

Bemærk dog mht. lyset gennem atmosfæren:



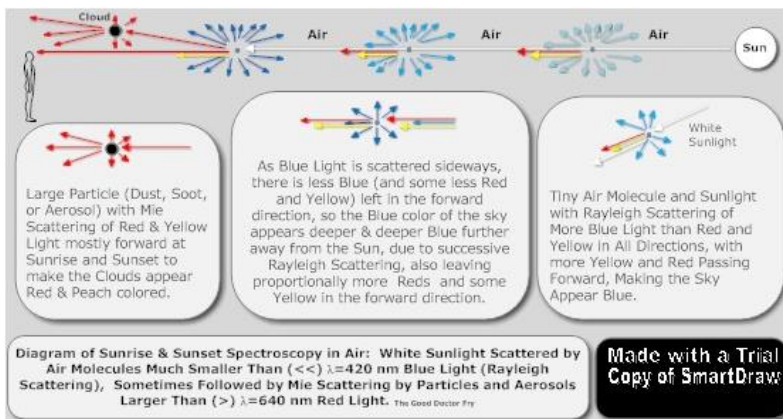
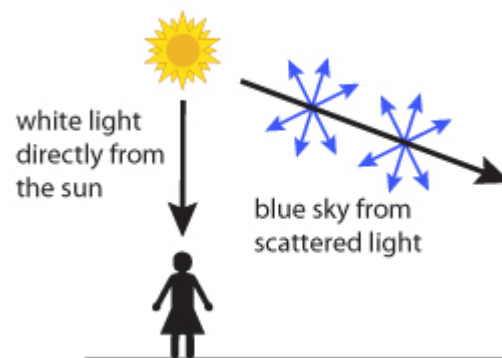


Jordens atmosfære stjæler af alle farver, men overvejende af de blå frekvenser. De spredes af luftens molekyler og kommer så ned på Jorden fra andre steder på Himlen end direkte fra Solen. Det kaldes Schattering.

( Solceller får vist også større energi fra Himlen, end direkte fra Solen. )

Derfor er Solen gul, og himlen blå - her på Jorden.

Sådan oplever astronauter det ikke!!  
*Hvad ser de ??*



Lyset spredes af partikler i luften, atmosfærisk gas, vanddamp, støv, pollen, salt og forurening.

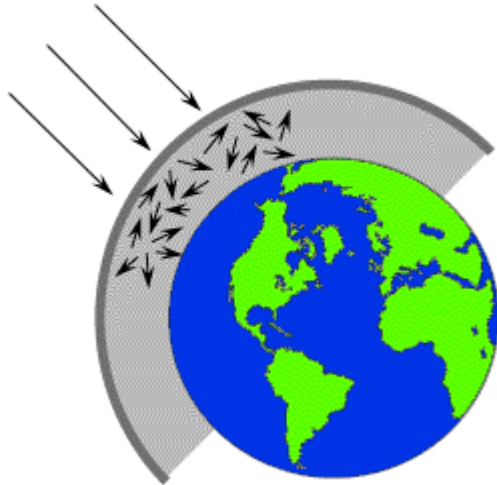
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rayleigh\\_mie\\_fry2.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rayleigh_mie_fry2.jpg)

## ***Radiation Interaction with the Atmosphere***

The Earth's atmosphere acts as a filter to remove radiation such as cosmic rays, gamma rays, x-rays, UV rays, and large portions of the electromagnetic spectrum through the process of absorption and scattering by gases, water vapor, and particulate matter (dust).



**Scattering** occurs when particles or large gas molecules present in the atmosphere interact with and cause the electromagnetic radiation to be redirected from its original path. There are three (3) types of scattering which take place: **Raleigh Scatter**, **Mie Scatter**, **Non-selective Scatter**.



**Rayleigh Scatter** occurs when particles are very small compared to the wavelength of the radiation. These could be particles such as small specks of dust or nitrogen and oxygen molecules. This is the cause of the blue sky; it is red in the mornings and evenings because light has a longer path through the atmosphere and the blue wavelengths (or shorter wavelenths) are scattered so completely that it leaves only red (the longer) wavelengths.

**Mie Scattering** occurs when the particles in the atmosphere are the same size as the wavelengths being scattered. Dust, pollen, smoke and water vapour are common causes of Mie scattering which tends to affect longer wavelengths. Mie scattering occurs mostly in the lower portions of the atmosphere where larger particles are more abundant, and dominates when cloud conditions are overcast.

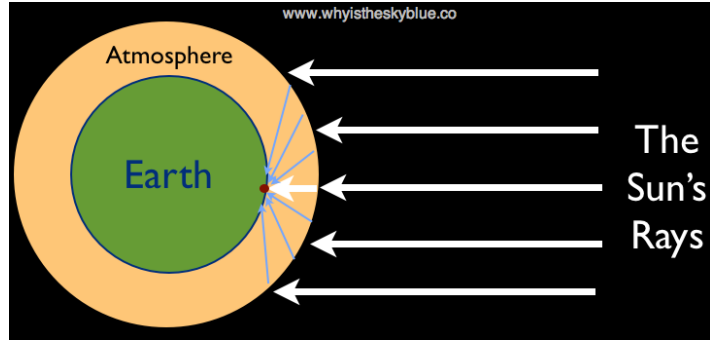
**Non-Selective Scattering** occurs when the particles are much larger than the wavelength of the radiation. Water droplets and large dust particles can cause this type of scattering and causes fog and clouds to appear white to our eyes because blue, green, and red light are all scattered in approximately equal quantities (blue+green+red light = white light).

<http://hosting.soonet.ca/eliris/remotesensing/bl130lec3.html>

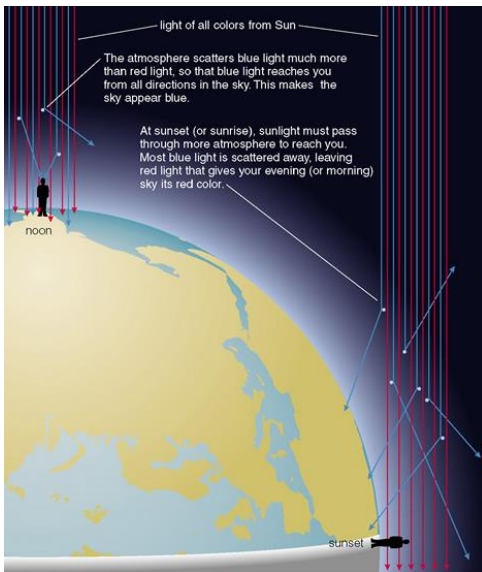


Himlen er blå fordi Atmosfærens molekyler spredde de blå frekvenser.

” Schattering. ”

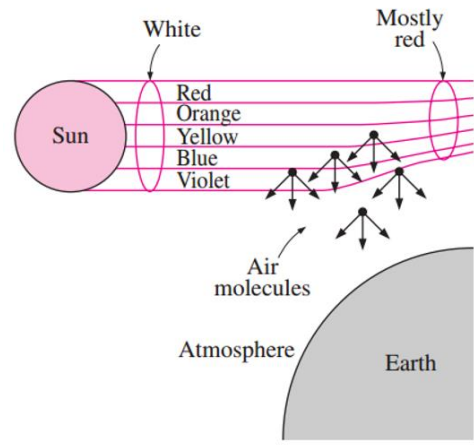


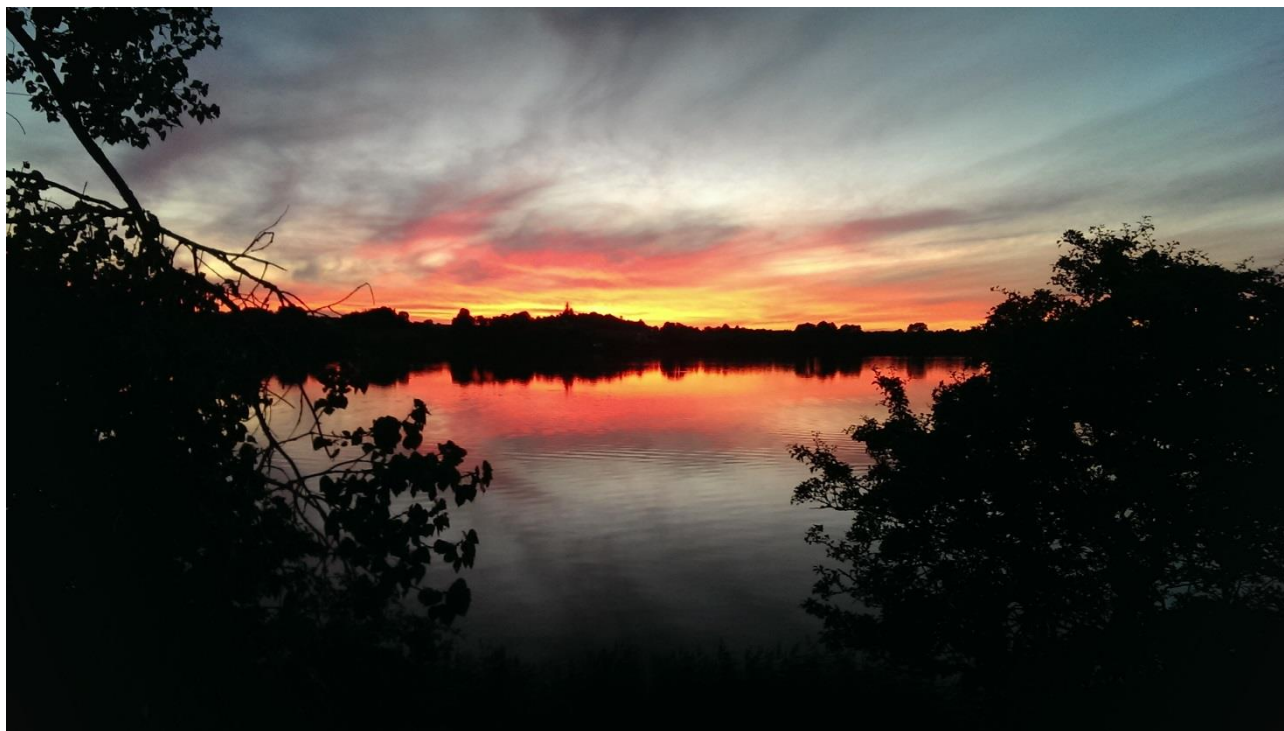
<http://www.whyyistheskyblue.co/>



<http://lasp.colorado.edu/~bageal/3720/CLASS6/6EquilibriumTemp.html>

Her en illustration af at lyset skal gennem meget mere luft ved aftenstid ( og morgen også ) end ved middagstid



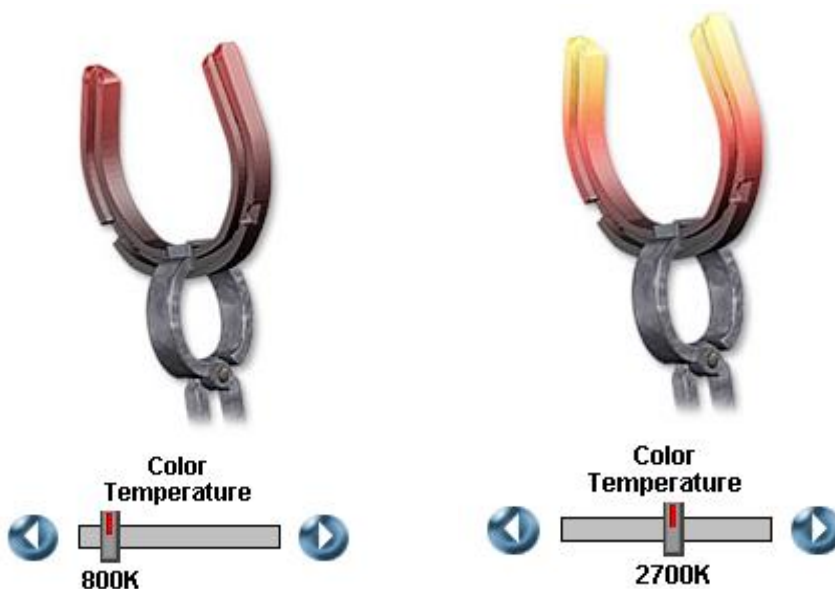


Aftensol over Alssund d. 23/8-16.

## Farvetemperatur

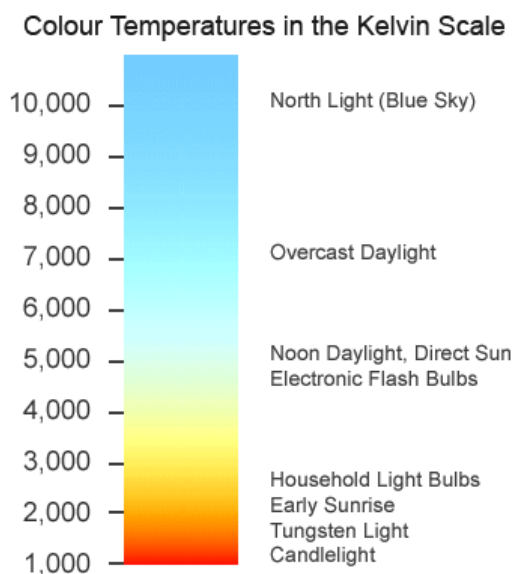
Begrebet Black Body Radiation bruges også til at angive farve på lyset fra en lyskilde.

Jo varmere, hestskoer er, jo mere energi udsendes



<http://www.olympusmicro.com/primer/java/photomicrography/horseshoes/index.html> ( død link )

Og ved opvarmning starter jernet i de røde farver og bliver mere og mere gul og til sidst hvid.



Jo varmere et objekt er, jo mere over i blå ser lyset ud.

Det bruges til at beskrive lysets farve fra lysdioder-pærer.

Man kan beskrive lyset farve ved at angive temperaturen i kelvin på et legeme, der udsender stråling med samme farve.

Deraf navnet **farvetemperatur**.

Kilde: <http://www.mediacollege.com/lighting/colour/colour-temperature.html>

Dette bruges til at beskrive lyset fra de nye lysdiodepærer.

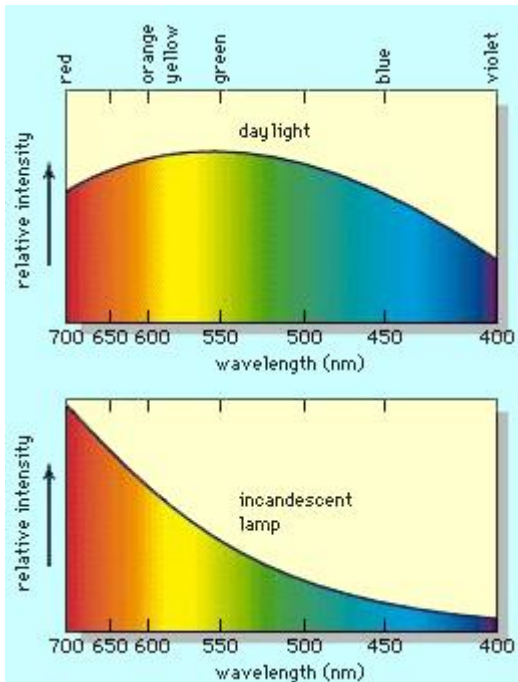


[http://ledlight.osram-os.com/wp-content/uploads/2012/02/OSRAM-OS\\_WEBINAR\\_HighCRI\\_06-26-12.pdf](http://ledlight.osram-os.com/wp-content/uploads/2012/02/OSRAM-OS_WEBINAR_HighCRI_06-26-12.pdf)

Ovenover er vist forskellige ” hvide ” lyskilder, med hver deres farvetemperatur.

***Hvilken farvetemperatur skal man vælge til ” Hyggelys ”.??***

**Sammenligning mellem dagslys og gamle glødepærer:**



Øverst mængden af frekvenser for dagslys

Det er ret hvidt.

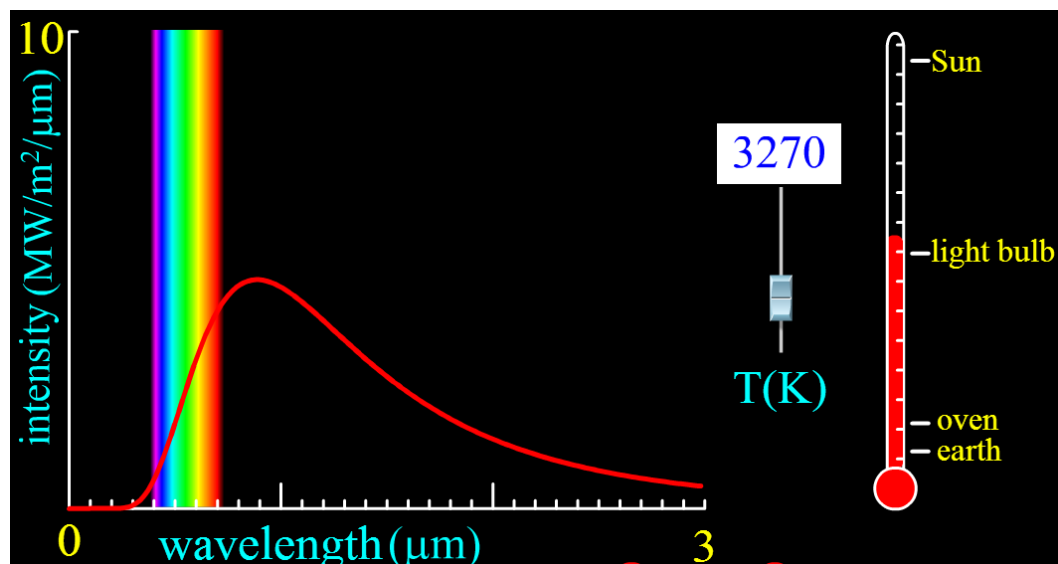
At direkte sollys er gul, er en hel anden sag. Det skyldes, at molekylerne i atmosfæren "fanger" og spredde de blå frekvenser. Det er også derfor, himlen er blå.

Nederst graf over frekvenserne fra en glødepære

Bemærk – at alle farver, dvs. frekvenser findes i lyset. Men dog ikke samme styrke !!

<http://www.bwsmigel.info/GEOL.115.ESSAYS/Gemology.CCStones.html>

En glødetråd i en pære er ca. 3000 grader C.



Kilde: [http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html)

Kun en meget lille del af strålingen er i det synlige område.

Det største areal under grafen er i det infrarøde område. Altså omformes det meste af energien tilført en glødepære til varme.



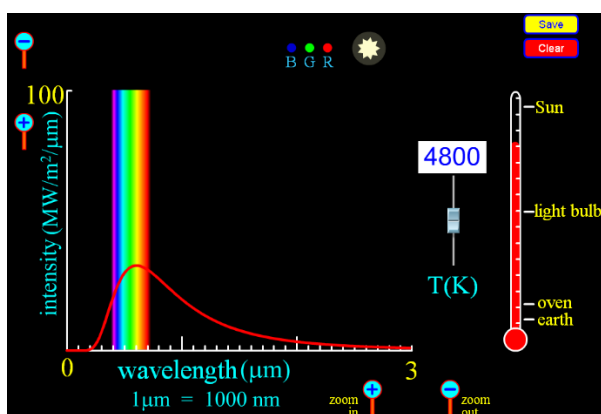
Halogenpærer er lidt varmere, - derfor er der mere blå i lyset, og derfor ser det mere hvid ud.

## Forskellen i strålingen fra Solen og Jorden

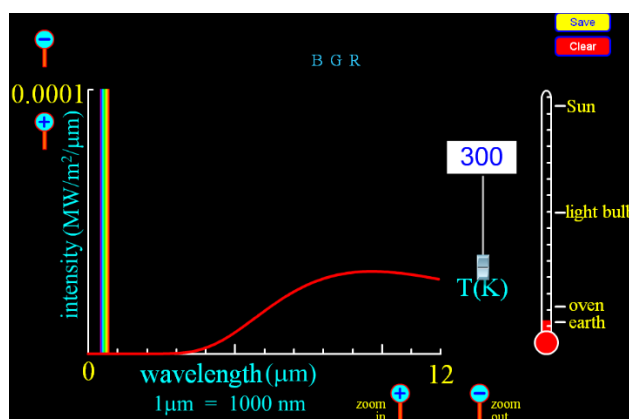
Lad os igen se lidt på strålingen fra Solen og fra Jorden

:

[http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html)



Her vist graf for et nogenlunde varmt legeme.



Her vist for et relativt koldt legeme, Ca. Jordens gennemsnitstemperatur.

Hvor varm er lige Solen??

Der er ikke meget af strålingen fra Jorden, der har frekvenser i lys-området.

Det er altså andre frekvenser, der udstråles fra Jorden end der kommer ind fra Solen.

Drivhusgasserne må reagere anderledes på strålingen fra Jorden end fra Solen.

## Ligevægt

Jorden modtager stråling fra Solen, og da der er ligevægt, dvs. Jordens temperatur ikke konstant stiger, må Jorden udsende den samme mængde energi som stråling til Verdensrummet.



Det skal vi regne på senere!!

## Navnet Drivhuseffekt

Oprindeligt troede man, at det var glasset i et drivhus, der bremsede de udadgående varme-stråler.

Deraf navnet ” Drivhuseffekt ” – men – det har man fundet ud af er forkert.

Den største grund til varmen i et drivhus er, at den varme luft ikke kan undslippe ved konvektion !!

*This process of heating the earth's atmosphere by terrestrial radiation is called the Greenhouse Effect. The reason for the name is that it was once thought that this was the way a greenhouse was heated.*

*That is, short-wavelength radiation from the sun passed through the glass into the greenhouse. The plants and ground in the greenhouse absorbed this short-wave radiation and reradiated in the infrared.*

*The glass in the greenhouse was essentially opaque to this infrared radiation and reflected this radiation back into the greenhouse thus keeping the greenhouse warm. Because the mechanism for heating the atmosphere was thought to be similar to the mechanism for heating the greenhouse, the heating of the atmosphere came to be called the Greenhouse Effect.*

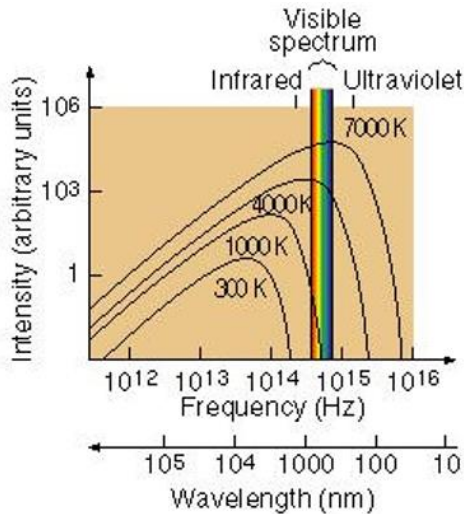
*(It has since been shown that the dominant reason for keeping the greenhouse warm is the prevention of the convection of the hot air out of the greenhouse by the glass. However, the name Greenhouse Effect continues to be used.)*

Kilde: <http://www.farmingdale.edu/faculty/peter-nolan/pdf/UPCh18.pdf>

## Formler og grafer:

Igen ses på strålingen fra et varmt legeme:





Her er en graf, hvor frekvensen af strålingen er vist ud ad X-aksen.

Det er bedre i ” min verden ”.

## Basic Laws of Radiation

- 1) All objects emit radiant energy.
- 2) Hotter objects emit more energy than colder objects. The amount of energy radiated is proportional to the temperature of the object raised to the fourth power.

Af grafen – og de tidligere grafer – ses, at jo varmere et objekt er, jo større areal under grafen. Og grafens toppunkt flytter sig også ved opvarmning.

Så både strålingsmængden og frekvensindholdet øges ved opvarmning.

Der må selvfølgelig være en lovmæssighed.

## Wiens forskydningslov,

Wiens Lov fortæller hvilken bølgelængde - ( eller frekvens ), der er den mest dominerende af den udsendte stråling. Den kan findes af:

$$\lambda_{max} \cong \frac{2900 \mu m}{T (K)}$$

Peak frekvensen er afhængig af objektets temperatur.

Jo varmere et objekt er, jo kortere bølgelængde, ( $\lambda$ ) har den udstrålede energi. ( Eller jo højere frekvens )

Men følgende er nok vigtigere:

**Stefan-Boltzmanns lov** viser sammenhængen mellem temperaturen af en absolut sort genstands overflade og den udstrålede effekt pr. kvadratmeter.



Stefan Boltzmann, østriger, ( 1844-1906 ) var en af termodynamikkens fædre.

Den udstrålede energiintensitet stiger med temperaturen i 4. potens.



## Intensiteten af ”udstrålingen”

Strålingsintensiteten fra et legeme kan beregnes af:

$$\text{Intensitet} = \sigma \cdot T^4 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Hvor:

I = flux af energi, intensitet, [W/m<sup>2</sup>]

T = temperatur (K)

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$  eller  $\left[ \frac{J}{s \cdot m^2 \cdot K^4} \right]$  ( $\sigma$  er Stefan-Boltzmanns konstant)

Bemærk at temperaturen indgår i 4. potens !

Ganger man intensiteten med arealet af det varme legeme, fås den samlede udstrålede effekt:

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \text{ [W]} = \text{[ Joule pr. sekund]}$$

P er den udstrålede effekt i Watt (Joule pr. sekund).

T er temperaturen målt i Kelvin.

$\sigma$  ( Sigma ) er Stefan-Boltzmanns konstant.

A er objektets areal.

Det ses, at den **udstrålede effekt stiger meget voldsomt med temperaturen.**



Temperaturen indgår i 4. potens. Men det stemmer jo også godt overens med vores daglige erfaringer.

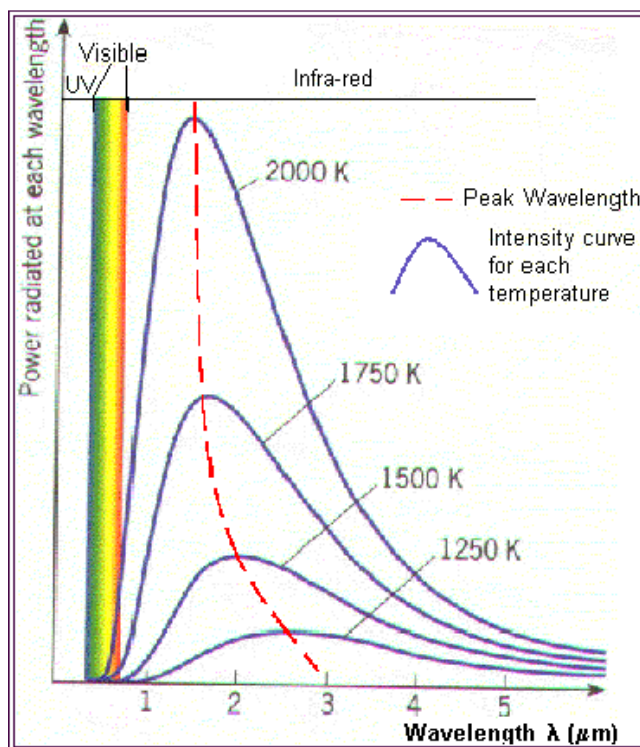
Jo varmere – jo mere stråling, fx fra en kogeplade. Og - jo større bål, jo mere stråling.

Her et par grafer igen: ( repetition )

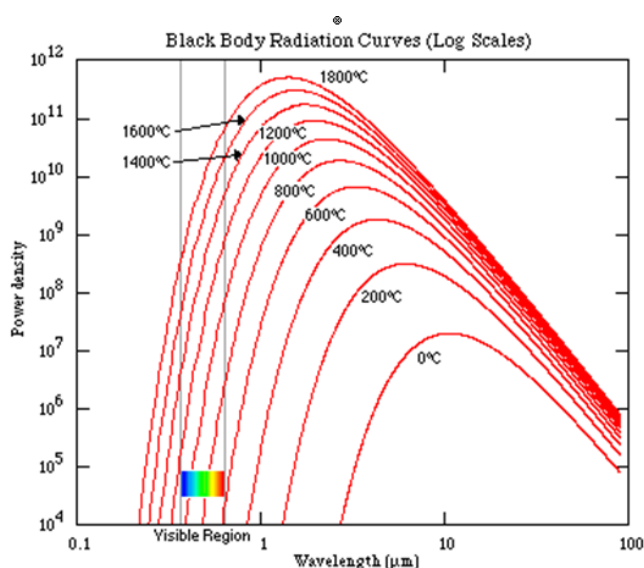
*Black body radiation curves showing peak wavelengths at various temperatures*

Billedet viser Blackbody-radiation-grafer for udsendt stråling ved forskellige temperaturer som areal under grafen.

Og peak bølgelængde – eller frekvens forskellig ved forskellige temperaturer.



<http://www.egglescliffe.org.uk/physics/astronomy/blackbody/bbody.html>



Her nogle andre grafer over strålingen ved forskellige temperaturer.

Graferne viser den udstrålede effekt ved forskellige bølgelængder.

Jo varmere, noget bliver, jo større del af strålingen vil bestå af de frekvenser, vi kalder lys.

Bemærk at der udstråles alle frekvenser. Der er ikke "huller" i frekvenserne, som der er i lysdiodepærers udstråling !!



Kilde: [www.capgo.com](http://www.capgo.com) <http://www.capgo.com/Resources/Temperature/NonContact/NonContact.html#Blackbody>

Ps: Dvs. at selv et menneske i princippet udsender stråling i det synlige område, - men ikke særlig meget.

## Emmissionskoefficient:

Men ikke alle typer materiale og overflader er lige gode til at udsende stråling.

Dette udtrykkes med en faktor, en koefficient  $\varepsilon$  ( epsilon ), der udtrykker en emissions koefficient. Altså hvor god et objekt er til at "udstråle" energi.

Den har et tal mellem 0 og 1.

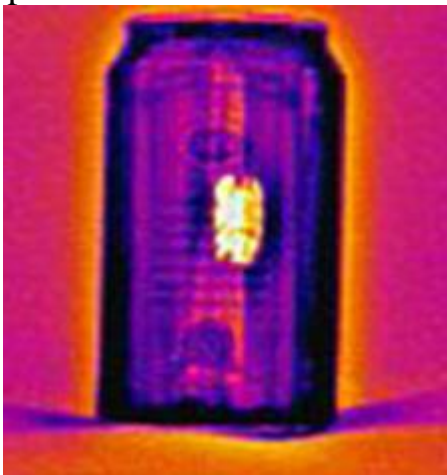
Et ideelt Black Body – objekt har emissions-koefficienten 1.

Jord, asfalt og menneskeskind har en værdi på 0,95.

Nattehimlens koefficient er ca. 0,74

Så derfor bliver formlen videreudviklet til:  $A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 [Watt]$

Eksempel:



*This can of beer is ice cold straight out of the fridge. When scanned with an infrared camera you would expect the entire image to be relatively even in temperature and to appear "cold" in relation to the background.*

*The paint on the outside of the can has been scratched off in a small area. The bare aluminum has a different emissivity than the painted aluminum. The camera can only allow for one emissivity setting at*

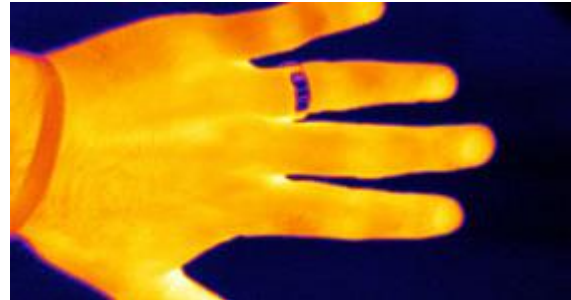


*one time so to the detector the bare aluminum "images" hotter than the rest of the can.*

[http://www.x26.com/articles/understanding\\_emissivity.html](http://www.x26.com/articles/understanding_emissivity.html)

Et andet eksempel:

*An example of how emissivity can affect an infrared image, as the ring is the same temperature as the hand, but due to a lower emissivity value, the ring does not emit as much infrared towards the camera; it also reflects infrared from cooler areas, so low emissivity and high reflectivity make the ring appear significantly cooler*



## **Regneeksempel:**

Et nøgent menneske har et skind-areal på ca. 2,2 m<sup>2</sup>.

Med en gennemsnitlig hudtemperatur på 33 grader og en emissionskoefficient på 0,95 findes den udstrålede effekt til

$$2,2 \cdot 0,95 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (273 + 33)^4 = 1039 [W]$$

*Sammenlign lige den energi med den energi, en brødrister bruger i 1 sekund!!*

Hvis omgivelserne er 22 Grader, vil samme krop på 2,2 m<sup>2</sup> modtage en stråling på 897 W fra omgivelserne.

***Kontrolberegning lige!!***

Så netto energitab ved udstrålingen fra kroppen vil være:

$$1039 - 897 = 142 \text{ Watt.}$$

Kilde: <http://www.asterism.org/tutorials/tut37%20Radiative%20Cooling.pdf>



Derfor vil stuetemperatur føles kølig uden tøj. Man mister mere energi til omgivelserne end man modtager. Derfor isolerer vi os med tøj for at formindske varmetabet.

Forskellen mellem den effekt, en person udsender, - og den stråling, personen modtager kan også udregnes af:

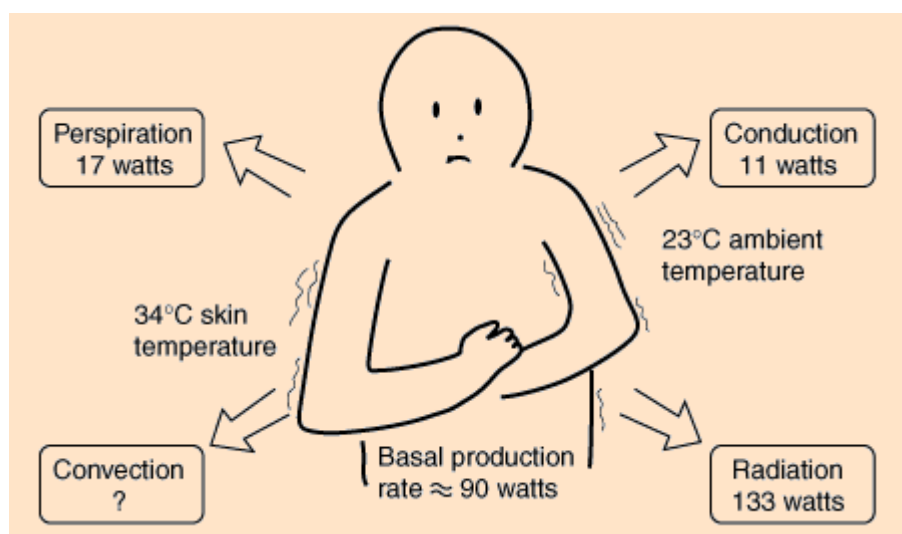
$$P = \sigma \cdot \epsilon \cdot A \cdot (T_{Person}^4 - T_{Omgivelser}^4)$$

Eks: Beregn

En løber er 35 grader på hud og tøjoverflade. Hendes areal er 2 m<sup>2</sup>, og emissionskoefficienten sættes her til 1.

Ved hvilken omgivelsestemperatur vil hun miste energi svarende til ca. 185 W ??

Bemærk dog, at man også mister energi på andre måder, som vist her:



<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/coobod.html>