# Energiebesparing

*Energy Port Peelland, Deurne*

*17 december 2019*

Jo Hermans, Universiteit Leiden

# Energie heeft veel gezichten, bijvoorbeeld:

1. Energie  van beweging…… (‘Kinetische energie’)

# Energie heeft veel gezichten, bijvoorbeeld:

2. Energie die nog wat kan…… (‘Potentiële energie’)

- b.v. ingedeukte bal
  (kan terugspringen)

- of ingedrukte veer
  (kan terugveren)

# Energie heeft veel gezichten, bijvoorbeeld:

3. Arbeid

b.v. een veer spannen

# Energie heeft veel gezichten, bijvoorbeeld:

4. Warmte

# Van de ene energievorm naar de andere

# Van de ene energievorm naar de andere

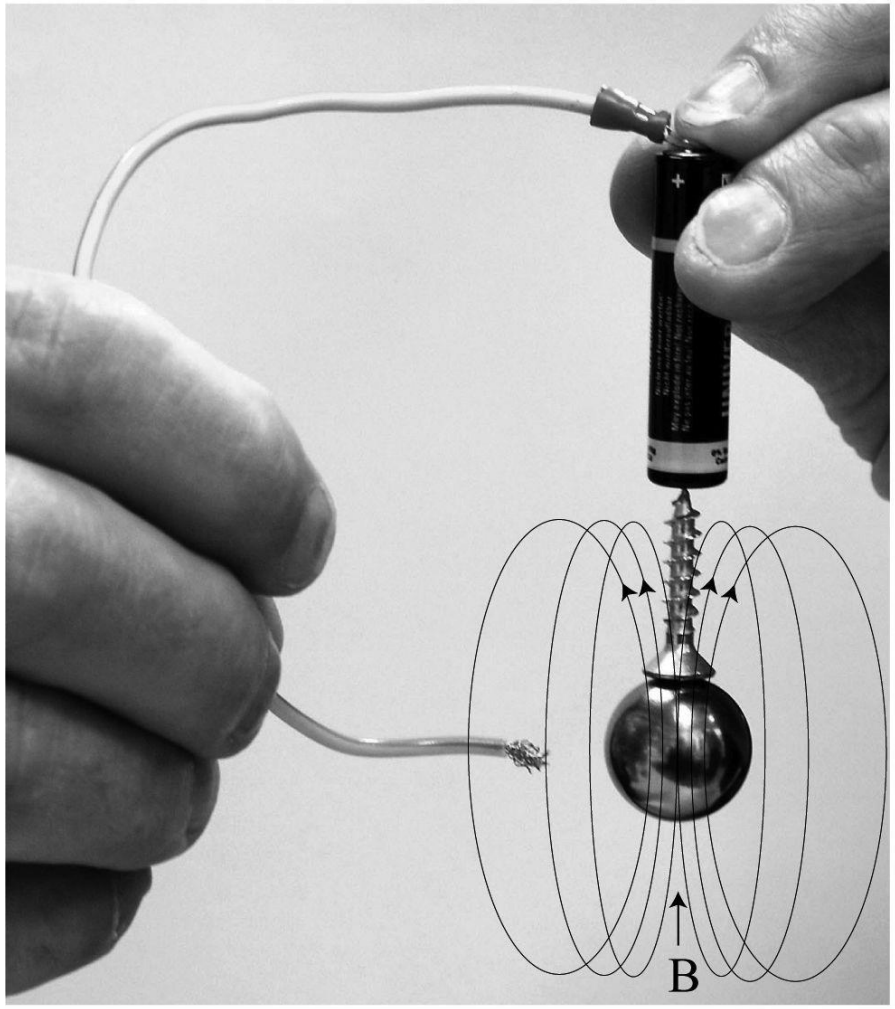
*Bijvoorbeeld*

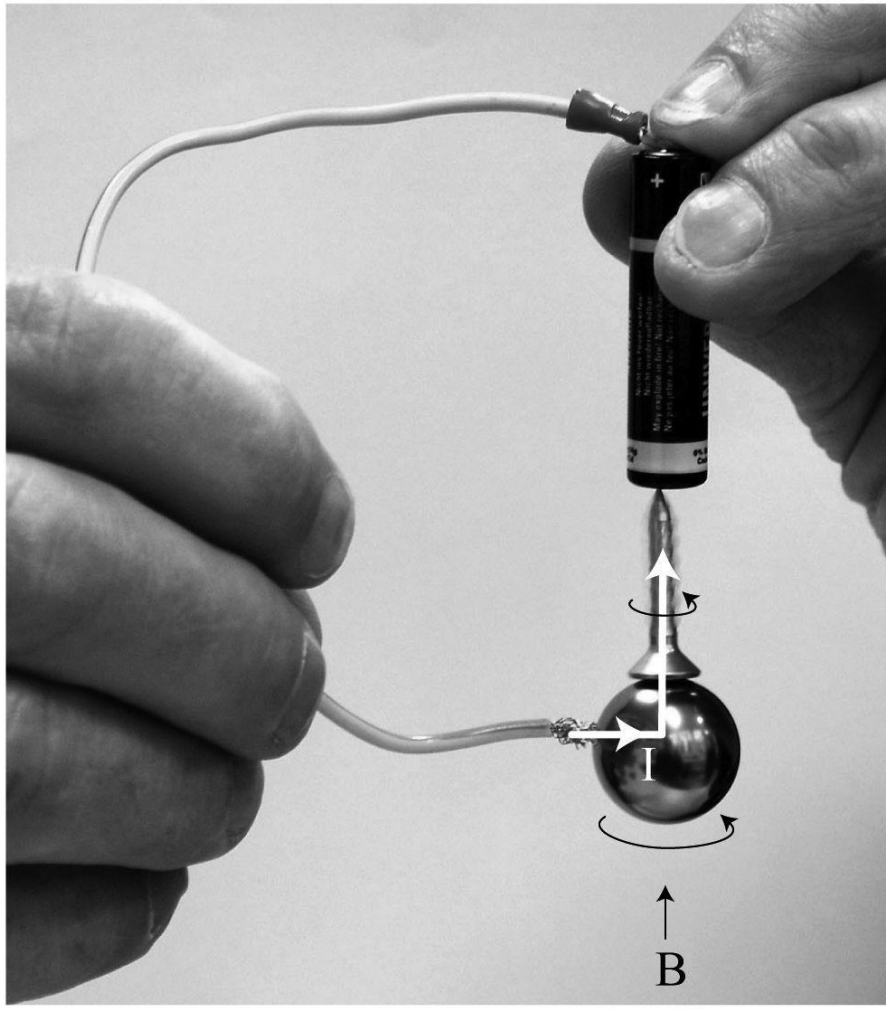
Mechanische energie $\leftrightarrow$ Elektrische energie

Rendement tot 100%

# De simpelste elektromotor ter wereld…….

# De simpelste elektromotor ter wereld……



# Van de ene energievorm naar de andere

*Bijvoorbeeld*

Mechanische/elektrische energie → warmte

Rendement 100%

# Van de ene energievorm naar de andere

Maar:

- Van warmte naar mechanische energie

# Van de ene energievorm naar de andere

Maar:

- Van warmte naar mechanische energie

met een: stoommachine,
benzinemotor
dieselmotor
enz.

Rendement: NOOIT100 % !!

Limiet: $1 - T_{laag}/T_{hoog}$ (Carnot)

# Van de ene energievorm naar de andere

- Van warmte naar mechanische energie

| | | | |
|---|---|---|---|
| met een: | stoommachine | ca. | 10 % |
| | benzinemotor | | 25 % |
| | dieselmotor | | 30 % |
| | stoomturbine | max. | 40 % |
| | STEG | max. | 60 % |

Rest van de energie? Afvalwarmte!

# Van de ene energievorm naar de andere

- Van warmte naar mechanische energie

| | | | |
|---|---|---|---|
| met een: | stoommachine | ca. | 10 % |
| | benzinemotor | | 25 % |
| | dieselmotor | | 30 % |
| | stoomturbine | max. | 40 % |
| | STEG | max. | 60 % |

(Thermische centrale → stopcontact ca. 35 %)

Rest van de energie? Afvalwarmte!

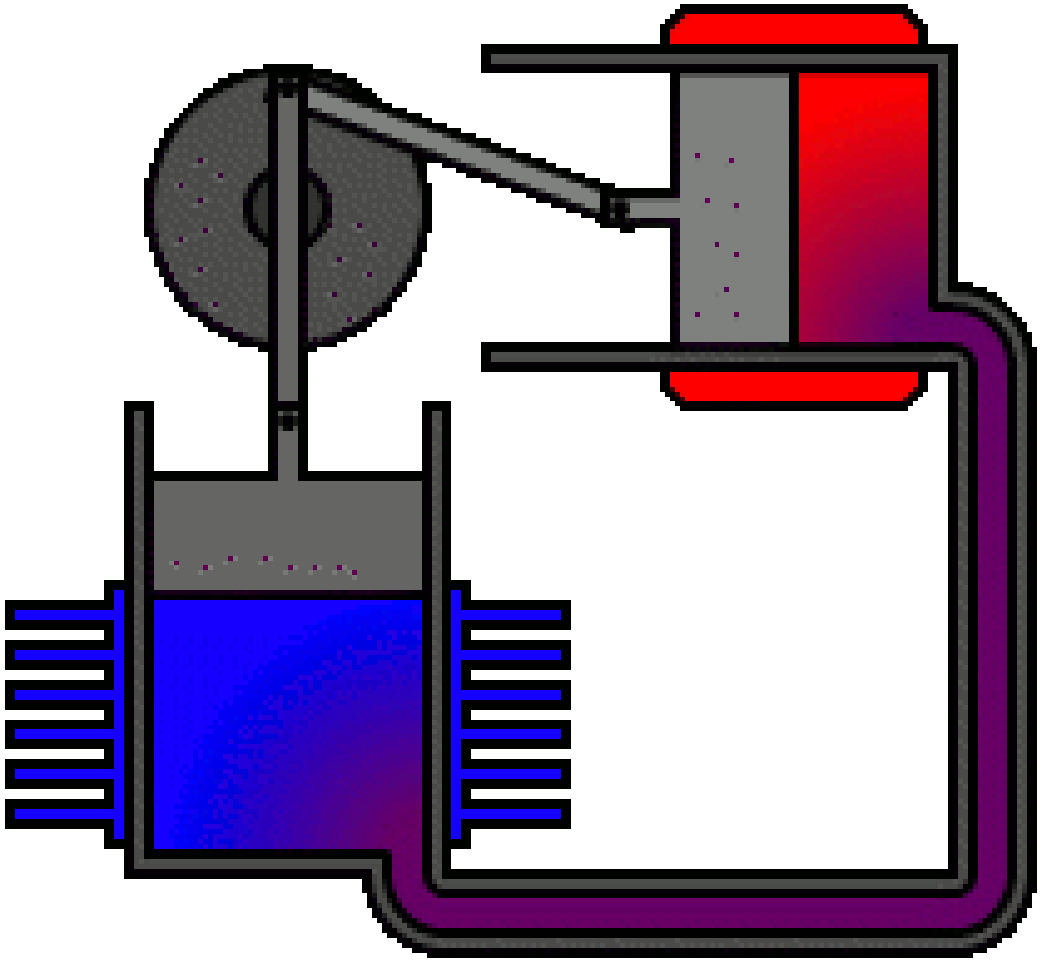
# Van de ene energievorm naar de andere

- Van warmte naar mechanische energie

| | | | |
|---|---|---|---|
| met een: | stoommachine | ca. | 10 % |
| | benzinemotor | | 25 % |
| | dieselmotor | | 30 % |
| | stoomturbine | max. | 40 % |
| | STEG | max. | 60 % |
| | Stirlingmotor | max. | 31 % |

# Stirling motor (Externe verwarming)

(*koud* comprimeren; *warm* expanderen)



# Wet van behoud van energie

Verschillende vormen van energie gaan in elkaar over, maar

De totale hoeveelheid energie blijft daarbij CONSTANT

# Wet van behoud van energie

Dit is een geweldig hulpmiddel:

- Energie moet altijd ergens blijven
- Energie is nooit gratis

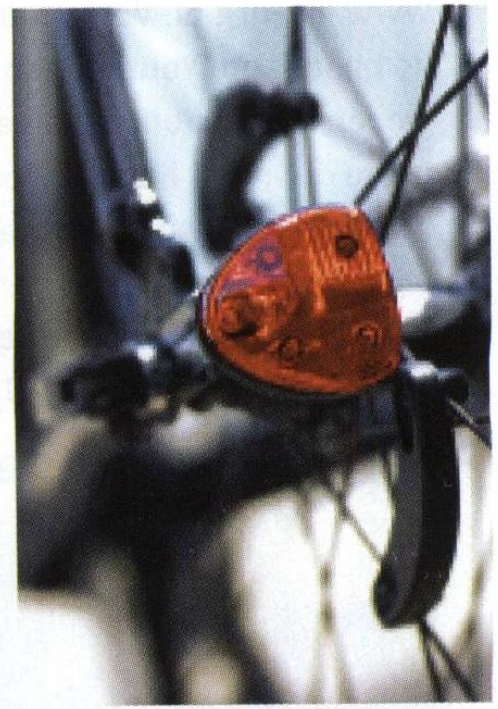
# Wet van behoud van energie

Dit is een geweldig hulpmiddel:

- Energie moet altijd ergens blijven
- Energie is nooit gratis

……al heeft niet iedereen dat door……

# ALTIJD LICHT OP DE FIETS



Nu het weer vroeger donker wordt, is goede verlichting op de fiets een vereiste. Een geweldige en energiebesparende oplossing zijn deze fietslampjes zónder batterij. Want Reelight is een setje ledfietslampen dat zijn eigen energiebron is. Magneten aan het wiel wekken via inductie, dus zonder extra weerstand bij het trappen, de benodigde energie op. En doordat de verlichting altijd brandt, ook overdag of wanneer u stilstaat voor het stoplicht, verkleint Reelight de kans op ongelukken met veertig procent. De lampjes kosten € 33,- per set. Meer weten? Kijk op www.reelight.com. De lampjes zijn verkrijgbaar via www.pointbike.nl.

# Proefje……

# Waar blijft die energie uiteindelijk???

Uiteindelijk wordt het allemaal

WARMTE

b.v. Squashbal!!

# DUS:

Energiegebruik herken je aan

WARMTEPRODUCTIE

Het draait dus allemaal om de

# WARMTE

# Dus wat zijn de grootverbruikers in huis?

# Warmte *kwantitatief*

# VOORBEELD: een lucifer

- Verbrandingswarmte droog hout: 20 kJ/gram
- Een lucifer: 0,1 gram → 2 kJ

# VOORBEELD: een lucifer

- Verbrandingswarmte droog hout: 20 kJ/gram
- Een lucifer: 0,1 gram → 2 kJ

- Stel: opbranden in 20 s
- Dan is vermogen 2 kJ / 20 s = 100 J/s = 100 W

# VOORBEELD: een lucifer

- Verbrandingswarmte droog hout: 20 kJ/gram
- Een lucifer: 0,1 gram → 2 kJ

- Stel: opbranden in 20 s
- Dan is vermogen 2 kJ / 20 s = 100 J/s = 100 W

Conclusie: vlammetje van lucifer = kachel van 100 W

# Vlammetjes tellen

- Kaars, lucifer, kleine waakvlam: 100 W
- Brander gasfornuis: 2 – 3 **k**W
- Keukengeiser, keukenboiler: 10 **k**W

Dus: warme kraan ≈ 10 kW

# Scheren met de kwast of elektrisch

- Wat is energiezuiniger: het scheerapparaat of de kwast??

# Scheren met de kwast of elektrisch

- Wat is energiezuiniger: het scheerapparaat of de kwast??

- Het scheerapparaat dus!

# U en ik als energiecentrale

*Voedsel*

Een mens  mens leeft van ≈ 10 MJ per dag

≈ **¼ liter olie per dag**

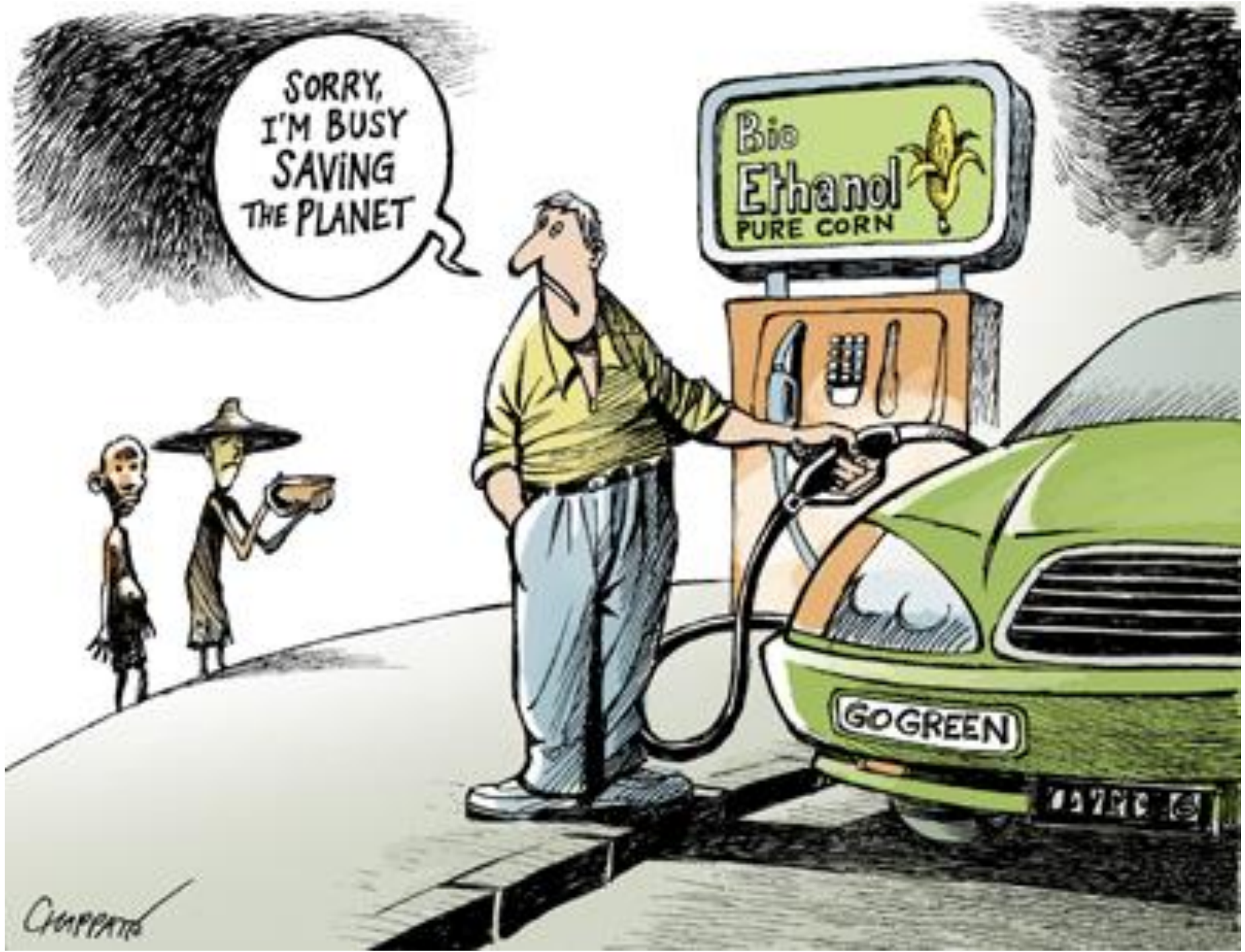
# U en ik als energiecentrale

*Voedsel*

Een mens  mens leeft van ≈ 10 MJ per dag

≈ **¼ liter olie per dag**

(…..en hoeveel gebruiken we totaal???)


SORRY, I'M BUSY SAVING THE PLANET
Bio Ethanol
PURE CORN
GO GREEN

# Arbeid/mechanische energie produceren

- Traplopen, 1 tree /s:

P = mgh per seconde

= 70 × 9,8 × 0,15 watt

= **100 W**

# Arbeid/mechanische energie produceren

- Traplopen, 1 tree /s:

P = mgh per seconde

= 70 × 9,8 × 0,15 watt

= **100 W**

*Dus kan ik ook continu 100 W Elektriciteit opwekken*

# Elektriciteit produceren met spierkracht (1)

Stel: 10 uur trappen op hometrainer met dynamo:

$$100\ \text{W} \times 10\ \text{h} = 1\ \text{kWh}$$

(en uit het stopcontact…..??)

# Elektriciteit produceren met spierkracht (2)

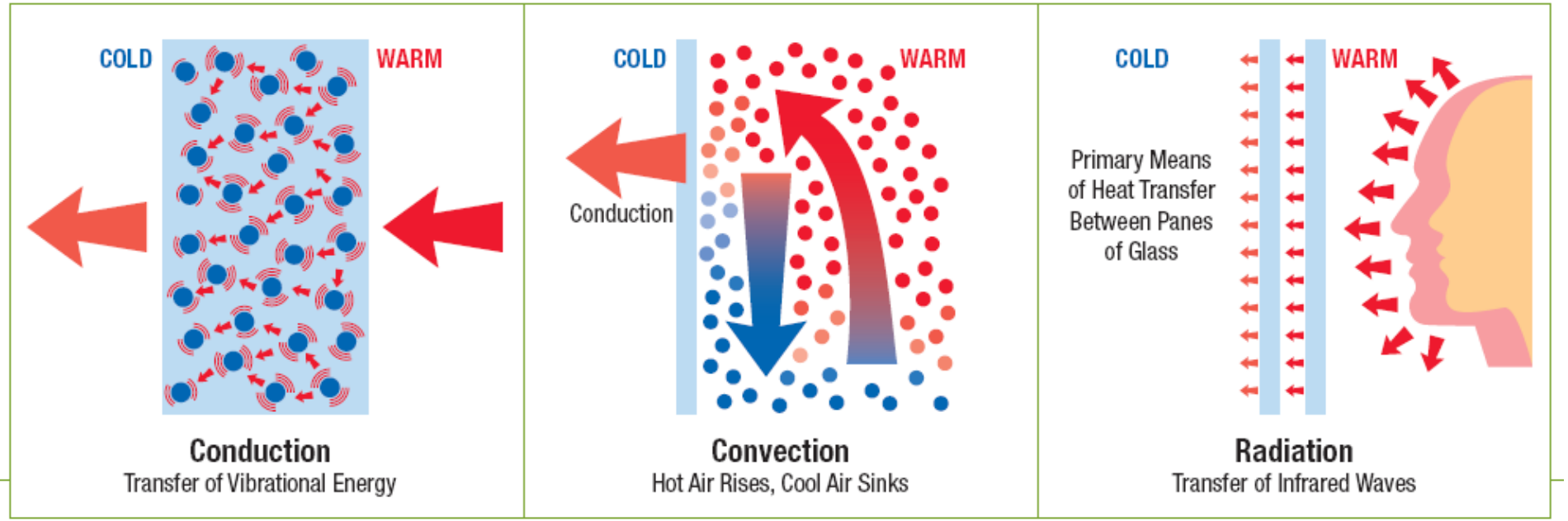
Ned. huishouden gebruikt ca. 400 W elektriciteit gemiddeld.

Op hometrainers dus 4 mensen continu!

(12 mensen met 8-urige werkdag!)

# Warmtetransport in huis

- Via Geleiding, Stroming (convectie) en Straling



# Warmte**geleiding**

# Warmtegeleidingscoëfficiënt

- Afgeronde waarden van λ (in W/mK)

| | |
|---|---|
| Koper | 400 |
| Al | 200 |
| Messing | 100 |
| Staal | 50 |
| Glas | 1 |
| Lucht | 0,025 |
| Argon | 0,016 |
| Krypton | 0,009 |
| Xenon | 0,005 |

# Warmtegeleidingscoëfficiënt

- Afgeronde waarden van λ (in W/mK)

| | |
|---|---|
| Koper | 400 |
| Al | 200 |
| Messing | 100 |
| Staal | 50 |
| Glas | 1 |
| Lucht | 0,025 |
| Argon | 0,016 |
| Krypton | 0,009 |
| Xenon | 0,005 |

Dus glas is goede geleider **t.o.v lucht**

# Warmtegeleidingscoëfficiënt

- Afgeronde waarden van λ (in W/mK)

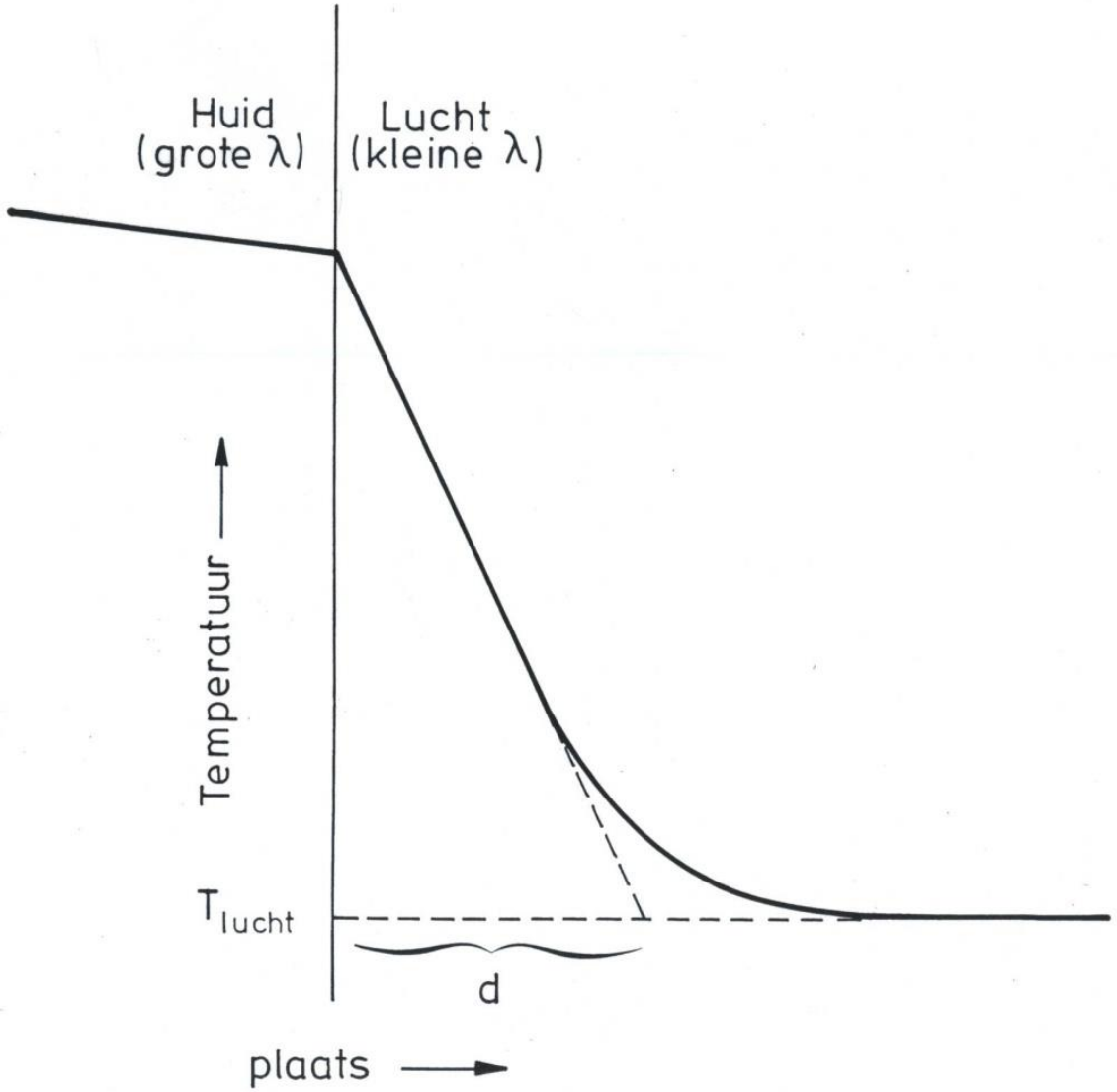
| | |
|---|---|
| Koper | 400 |
| Al | 200 |
| Messing | 100 |
| Staal | 50 |
| Glas | 1 |
| Lucht | 0,025 |
| Argon | 0,016 |
| Krypton | 0,009 |
| Xenon | 0,005 |

dus Ar of Kr in spouw beter dan lucht

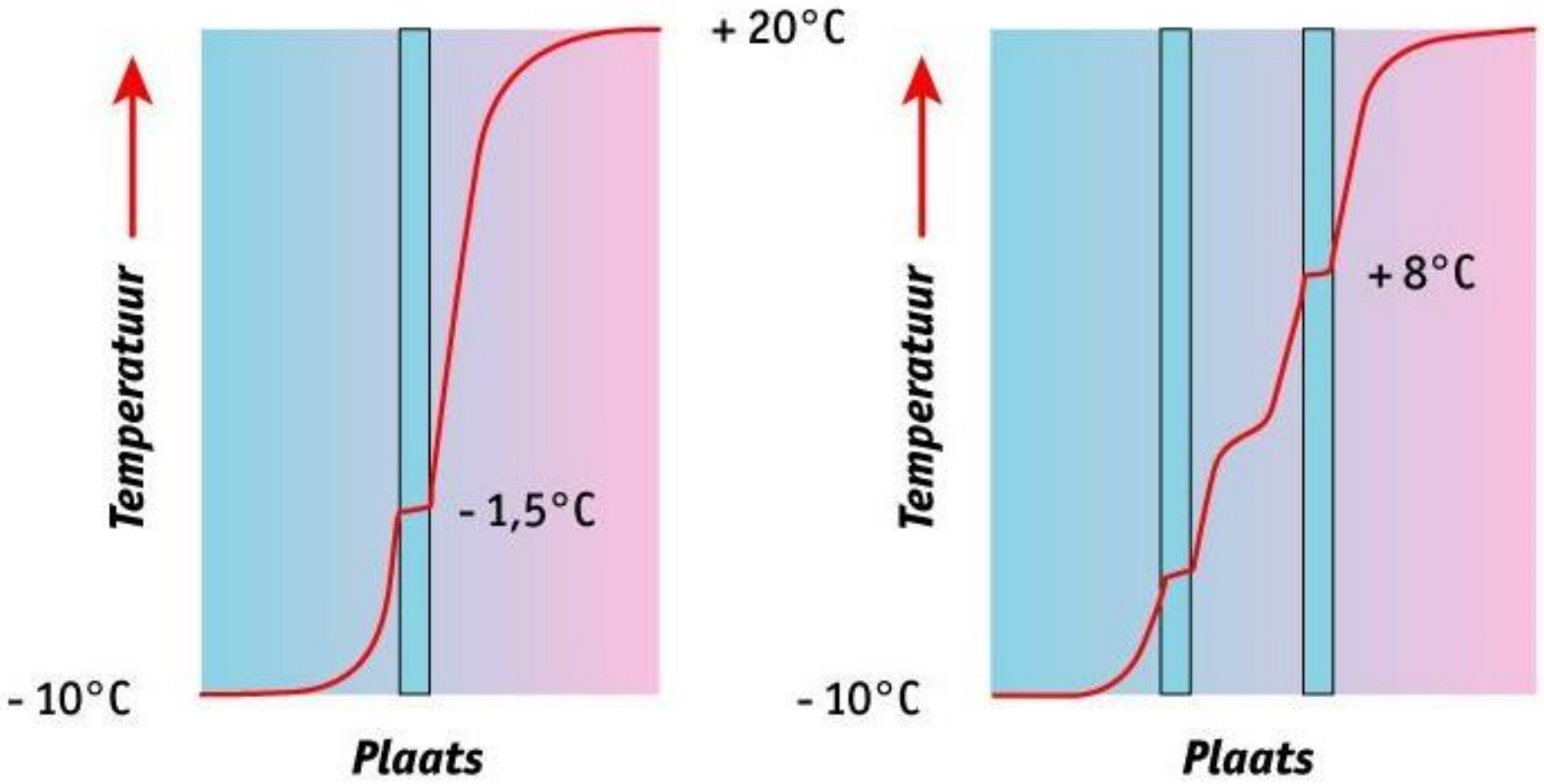
# Overgang convectie-geleiding bij onze huid

- Lucht kan niet een vaste stof *in*stromen
- Dus in grenslaag d moet transport door *geleiding*

- Praktijk: d ≈ 3 mm
- Idem bij ramen!



# Enkel en dubbel glas: Temperatuur-profiel



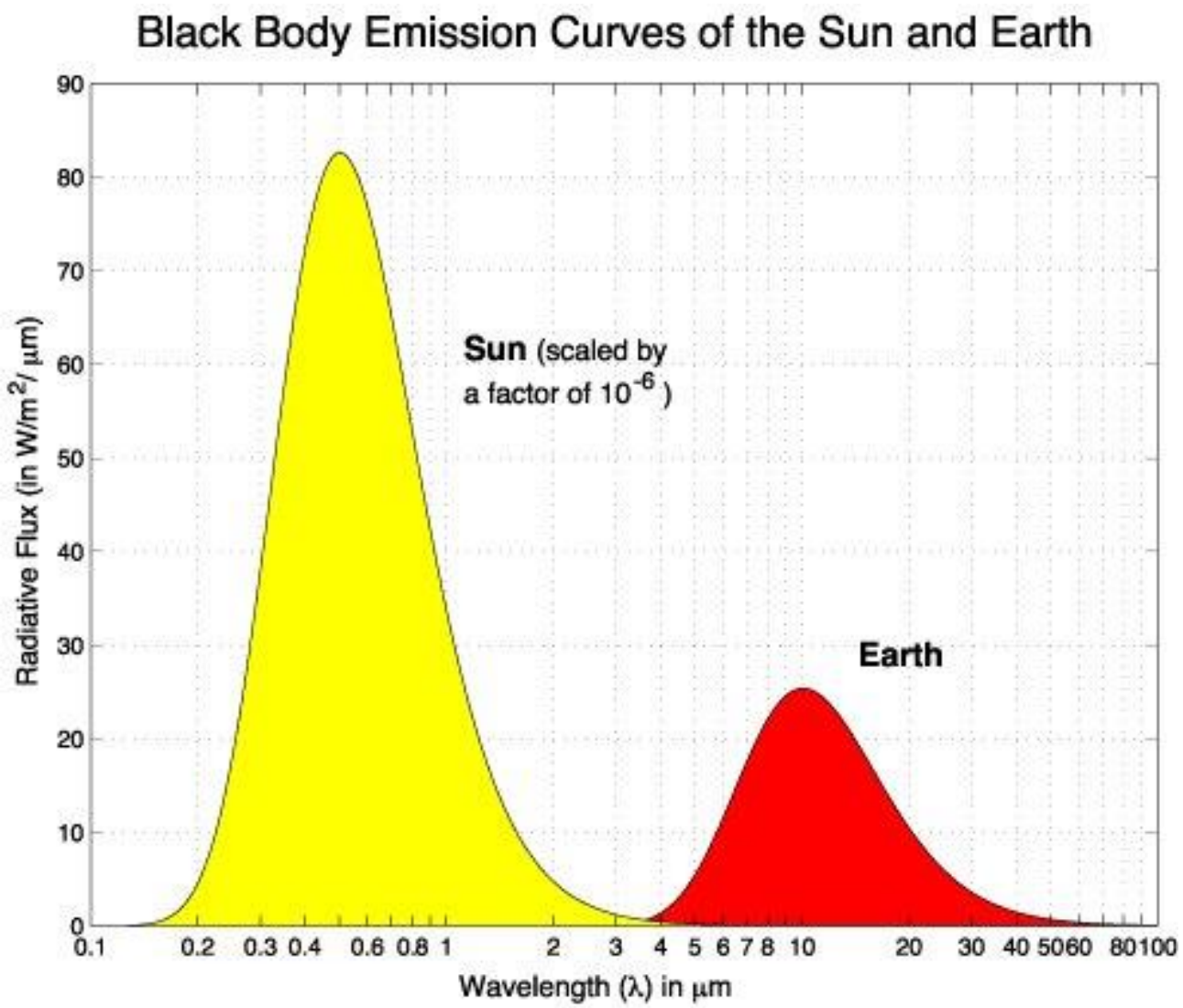
# Voorzetramen en gordijnen

- Voorzetraam even effectief als gewoon dubbel glas (Dikte irrelevant)

- Gordijn (dicht geweven, goed aansluitend): idem

# Straling

# Straling zon (6000 K) *vs.* omgeving (300K)



# DEMO met IR thermometer

Drie metalen bekers met heet water:

1. wit
2. zwart
3. kaal metaal

- Meet hun temperatuur via <u>uitgezonden IR straling</u>

# CONCLUSIE uit dit experiment

- Kleur van verf onbelangrijk voor stralingsverliezen
- Alleen kaal metaal heeft lage stralingsverliezen
- Dus Aluminiumfolie achter radiator helpt
  (en RVS of Aluminium ketel blijft langer warm)

# Spectraal-selectieve film reduceert verliezen

Bijvoorbeeld ITN **Low-e** film:

- Zichtbaar licht: 90% doorgelaten
- Thermisch infrarood straling: 90% gereduceerd

# Spectraal-selectieve film reduceert verliezen

Bijvoorbeeld ITN **Low-e** film:

- Zichtbaar licht: 90% doorgelaten
- Thermisch infrarood straling: 90% gereduceerd

*Toepassingen*

- *Tussen* dubbel glas (HR++)
- Bij enkel of gewoon dubbel glas: isolerende raamfolie
  ofwel glasfolie (direct op binnenkant ruit; vakman!)

# Kozijnfolie

*Alternatief voor glasfolie*:

Kozijnfolie : enkel glas -> dubbel glas (zelf doen!)

- zie https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolerende-raamfolie/

# U-waarde: warmteverlies per $m^2$ en per graad

| | |
|---|---|
| • Enkel glas | 5,7 |
| • Dubbel glas | 2,8 |
| • HR++ glas | 1,1 |
| • Spouwmuur 50 mm | 1,9 |
| • Spouwmuur 50 mm, geïsoleerd | 0,6 |
| • Spouwmuur 100 mm, geïsoleerd | 0,35 |

# U-waarde: warmteverlies per $m^2$ en per graad

| | |
|---|---|
| • Enkel glas * | 5,7 |
| • Dubbel glas | 2,8 |
| • HR++ glas | 1,1 |
| • Spouwmuur 50 mm | 1,9 |
| • Spouwmuur 50 mm, geïsoleerd | 0,6 |
| • Spouwmuur 100 mm, geïsoleerd | 0,35 |

*Enkel glas met dubbel plisségordijn met Aluminium coating: 2,1

# Vaak gebruikt: R (Weerstand) = 1/U

- Dus streven naar *LAGE* U ofwel *HOGE* R

# Efficiënte verlichting (veel Lumen per watt)

- Kaars 0,15 Lumen/watt
- Gloeilamp 10
- Halogeenlamp 15
- Spaarlamp 50
- LED 80
- TL 100

# Efficiënte verlichting (veel Lumen per watt)

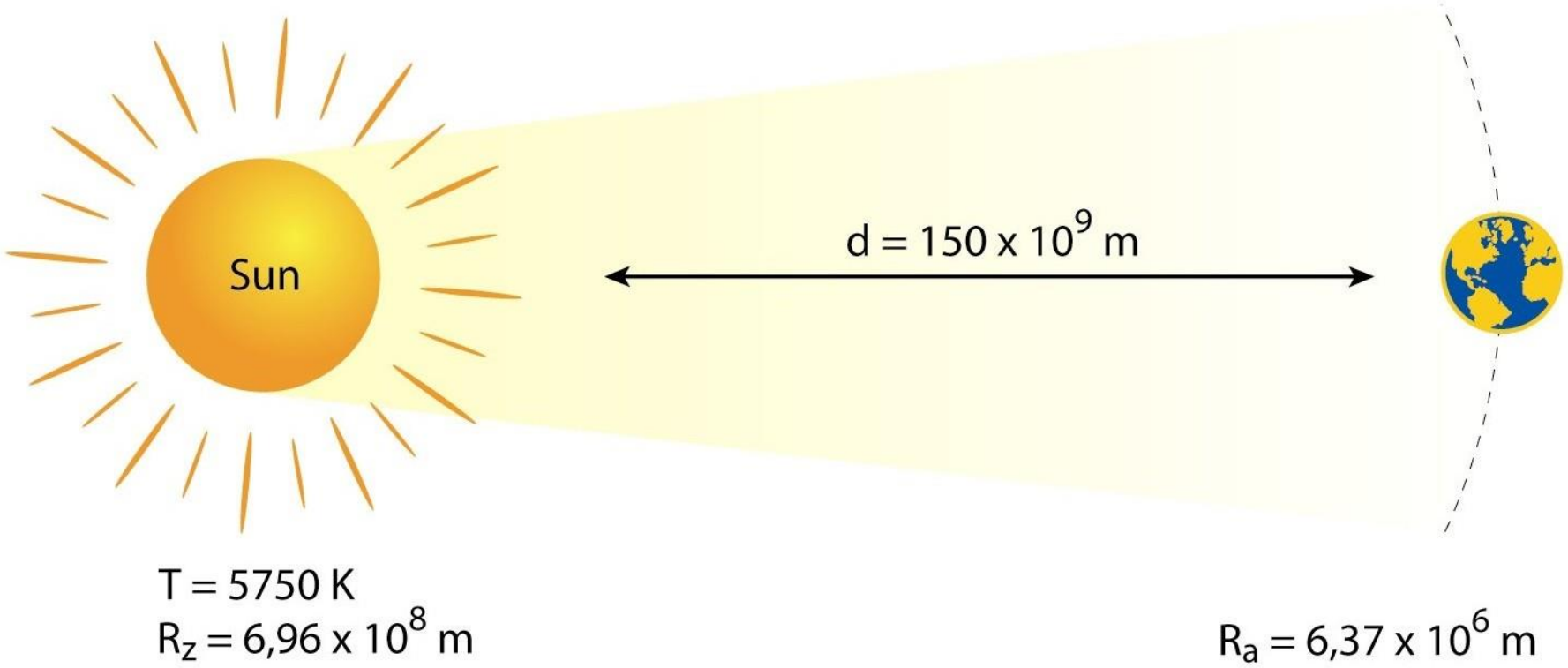
- Kaars 0,15 Lumen/watt
- Gloeilamp 10
- Halogeenlamp 15
- Spaarlamp 50
- LED 80
- TL 100

(binnenverlichting helpt verwarming)

# Zonne-energie

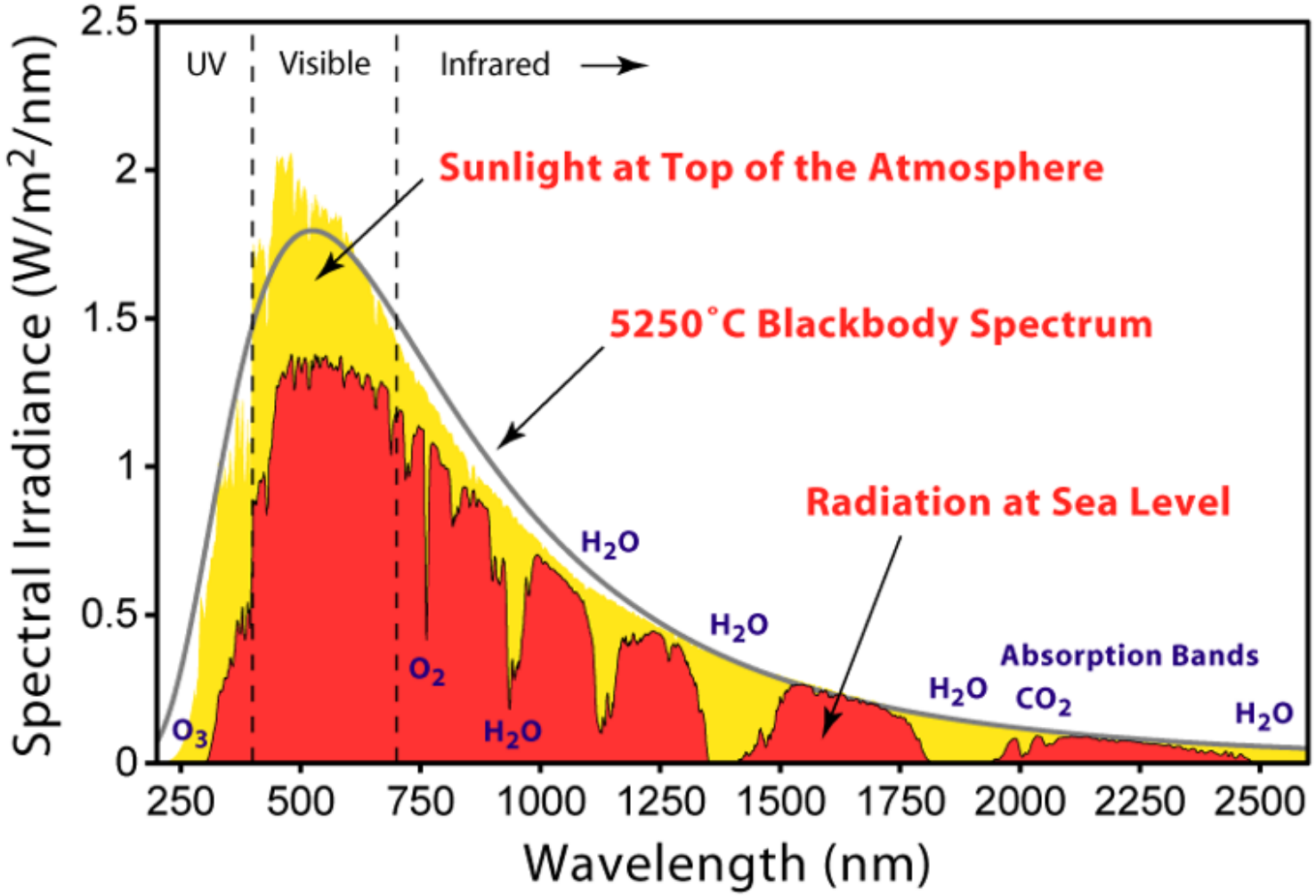
# Zonne-energie

## Instraling buiten aardatmosfeer: 1350 W/m$^2$



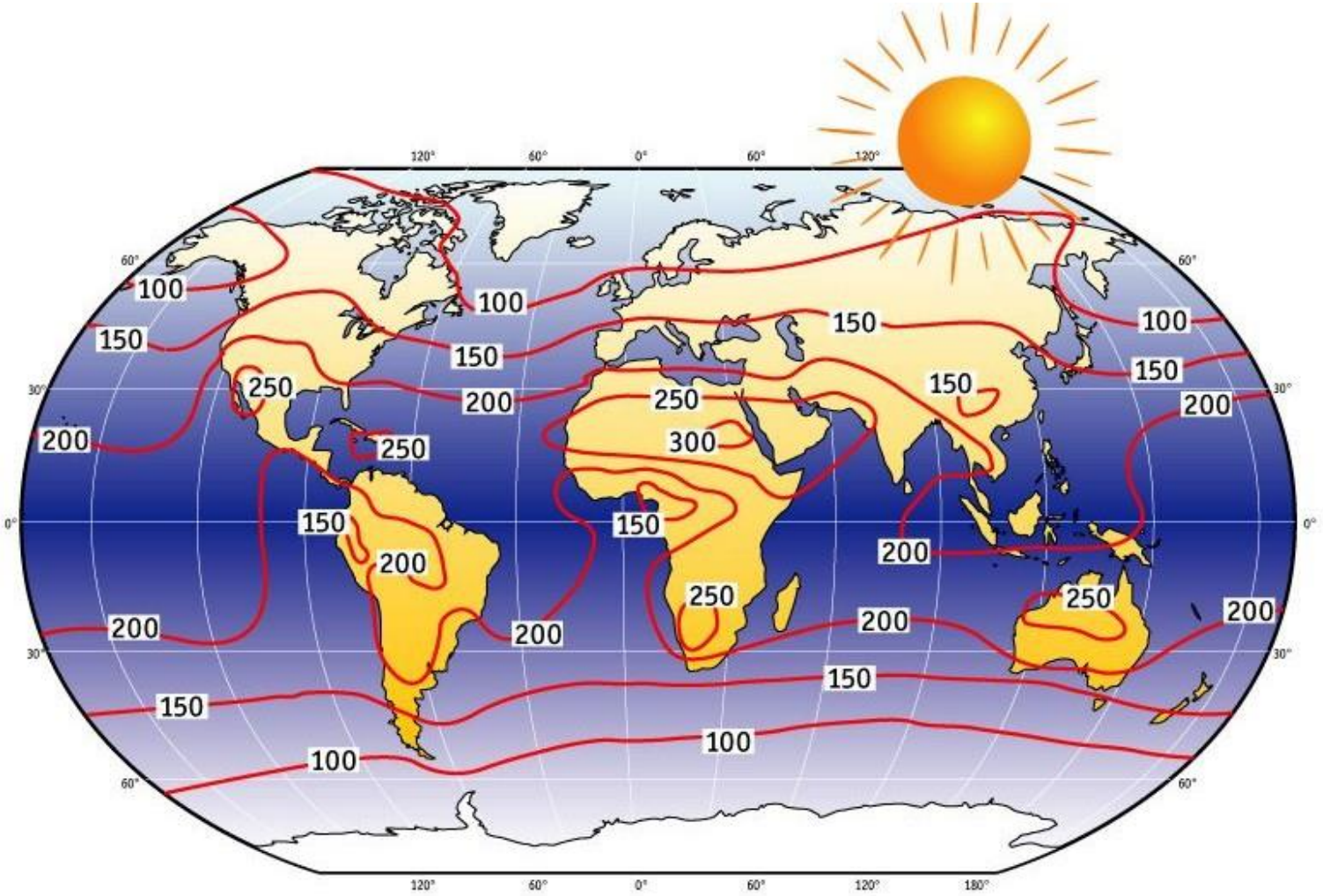
# Zonne-energie

## Instraling op zeeniveau: 1000 W/m$^2$

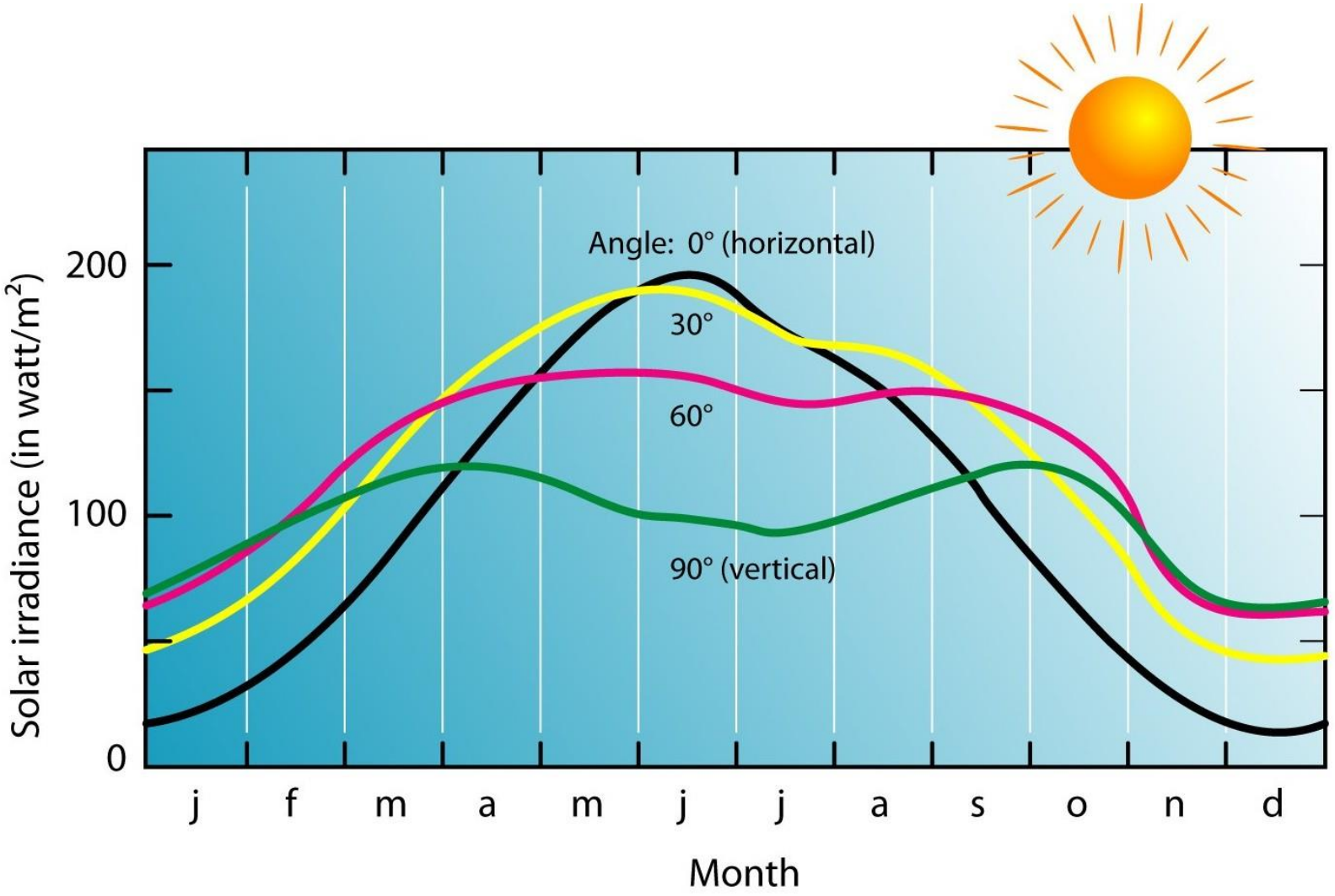


# Zonne-energie

## instraling *jaargemiddelde* (max. 300 W/m$^2$)



# Zonne-energie in Nederland door het jaar heen (oriëntatie Zuid; 110 W/m$^2$ gemiddeld)



# Een paar conclusies

- We gebruiken teveel energie
- Energie is te goedkoop
- Huishoudelijk energiegebruik:
    - allereerst goed isoleren
    - zuinig met warmte-producerend apparaten
    - zonne-energie gebruiken: *passief* (ramen op zuiden)
    - zonne-energie gebruiken: *aktief* (zonnepanelen)
    - warmtepompen i.p.v. CV-ketel:

# Een paar conclusies

- We gebruiken teveel energie
- Energie is te goedkoop
- Huishoudelijk energiegebruik:
    - allereerst goed isoleren
    - zuinig met warmte-producerend apparaten
    - zonne-energie gebruiken: *passief* (ramen op zuiden)
    - zonne-energie gebruiken: *aktief* (zonnepanelen)
    - warmtepompen i.p.v. CV-ketel: zie C. Thijsse!