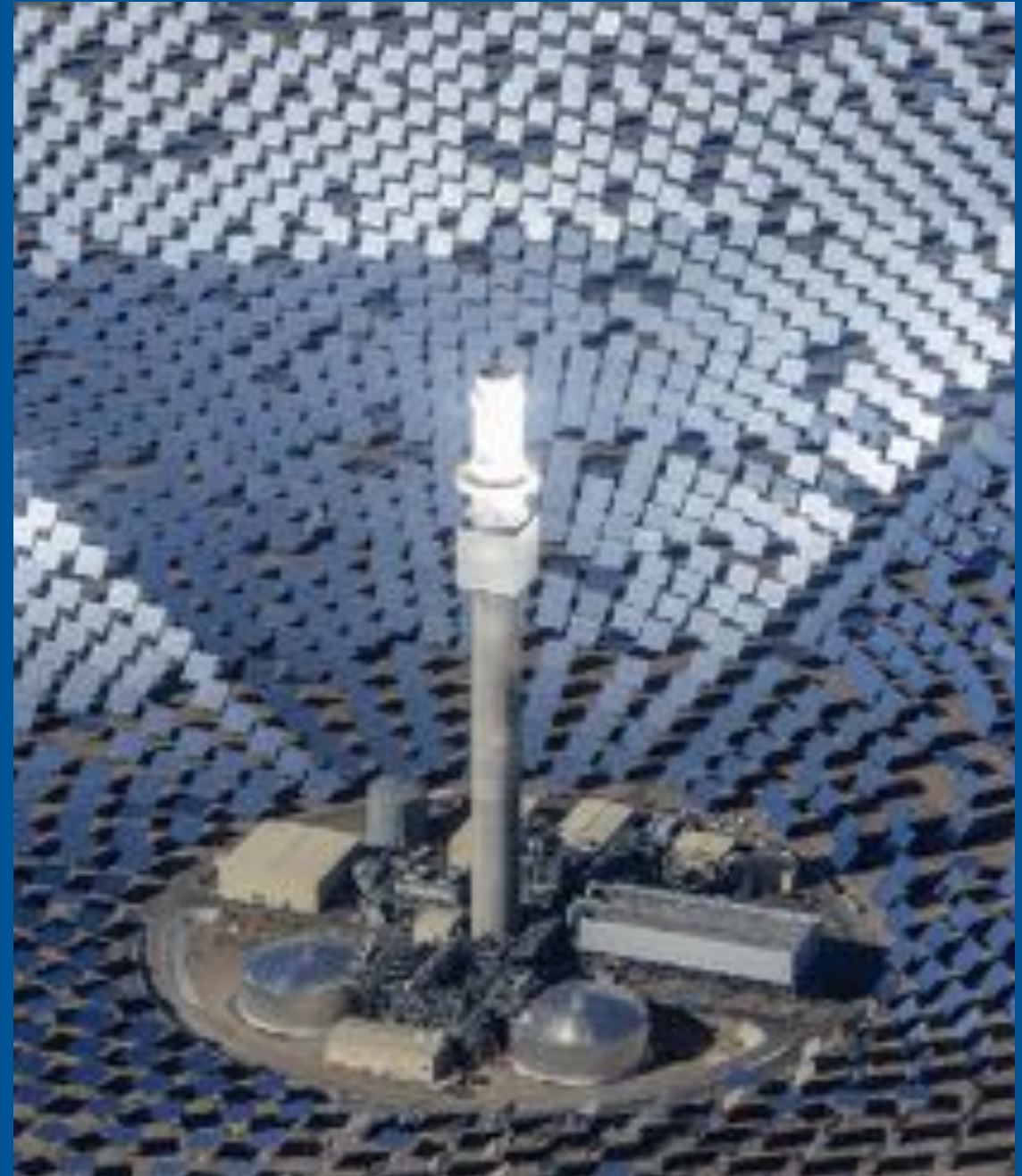


waterstof uit de woestijn

- Wie zijn wij?
Vereniging
Zonnekrachtcentrales en
projectgroep NLT module
- Hoe werkt het?
- NLT module

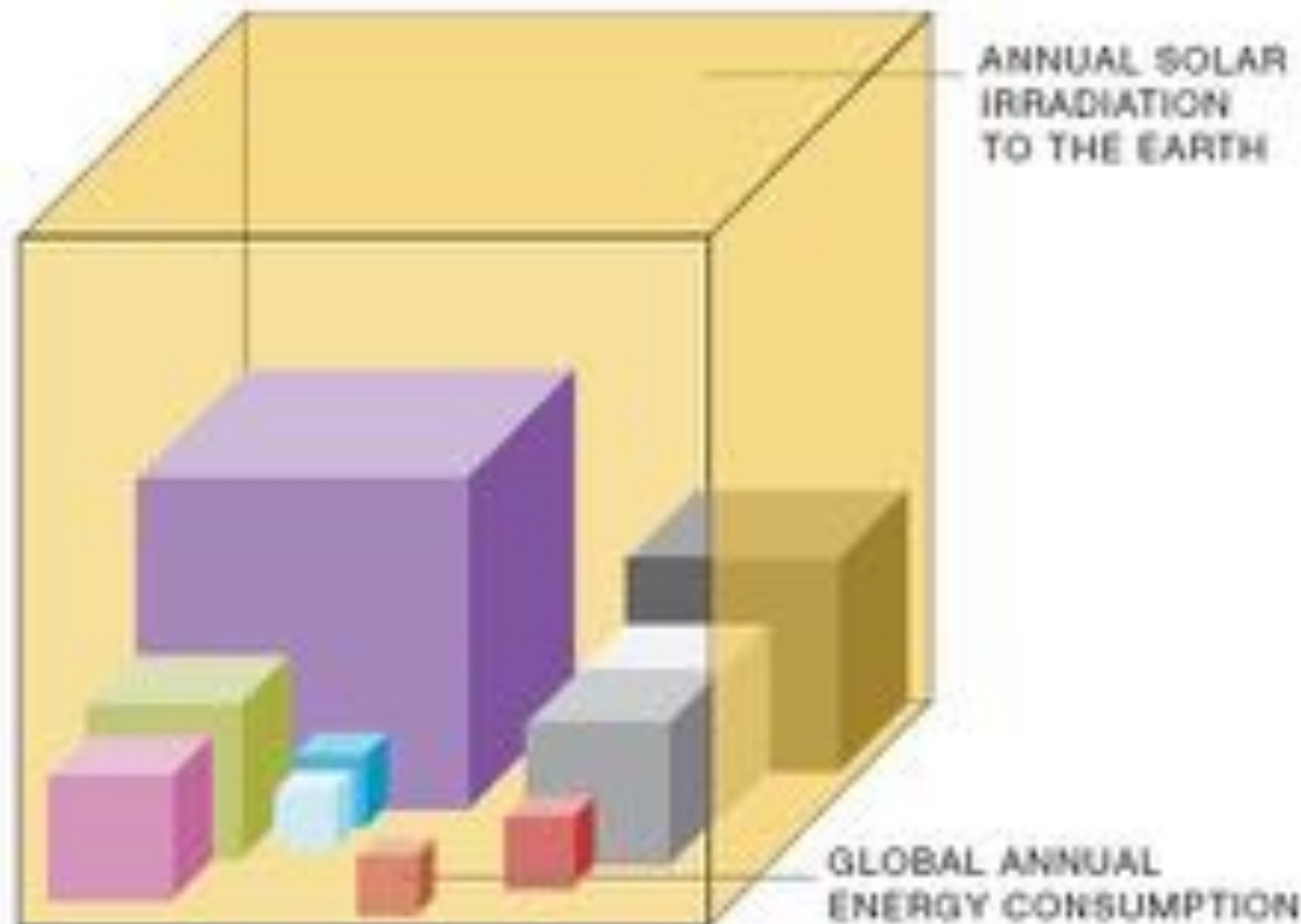


Overvloed

nodig:
éénderduizendste van wat
de zon op de aarde
straalt

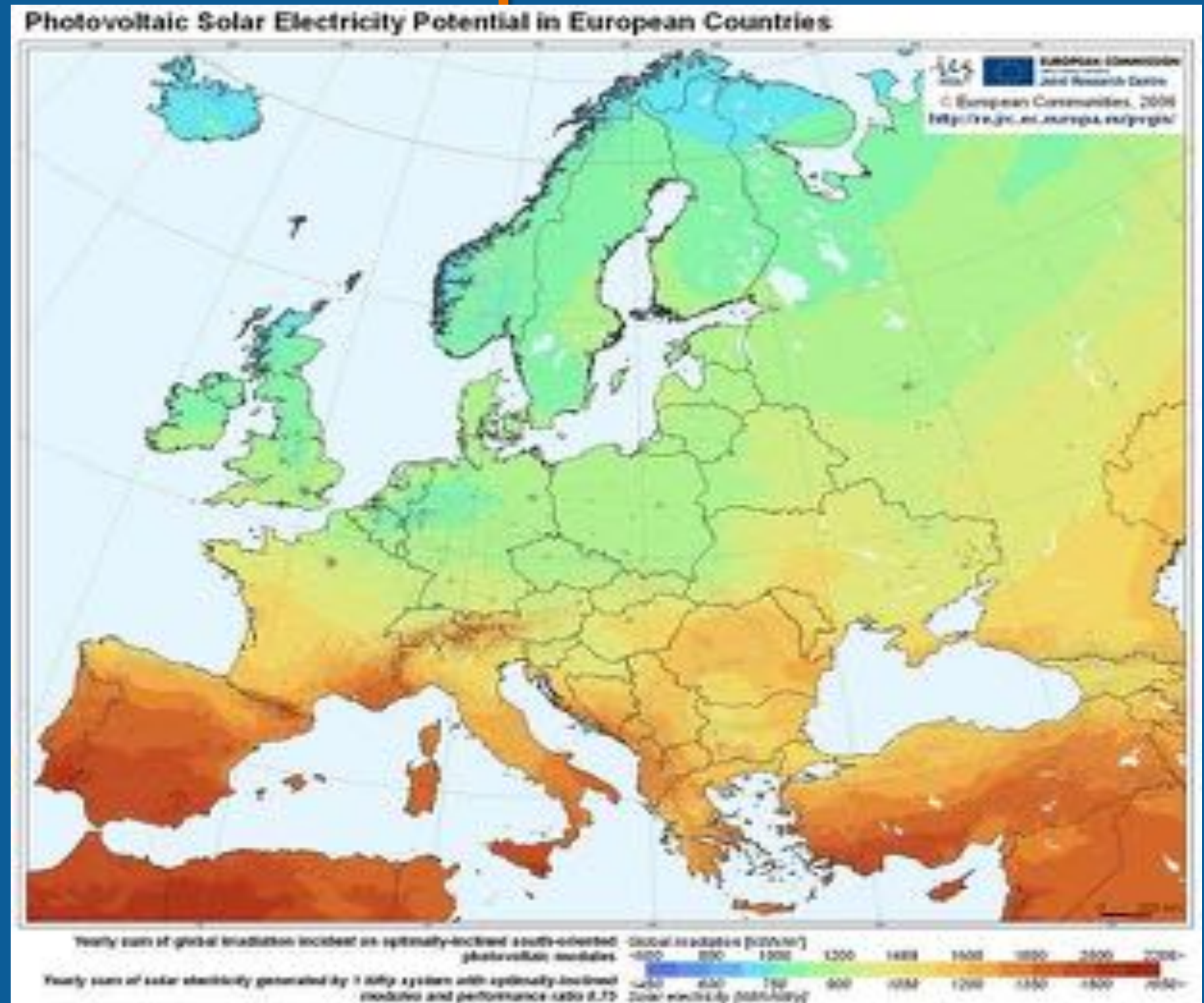
Overvloed

nodig:
éénduizendste van
wat de zon op de
aarde straalt

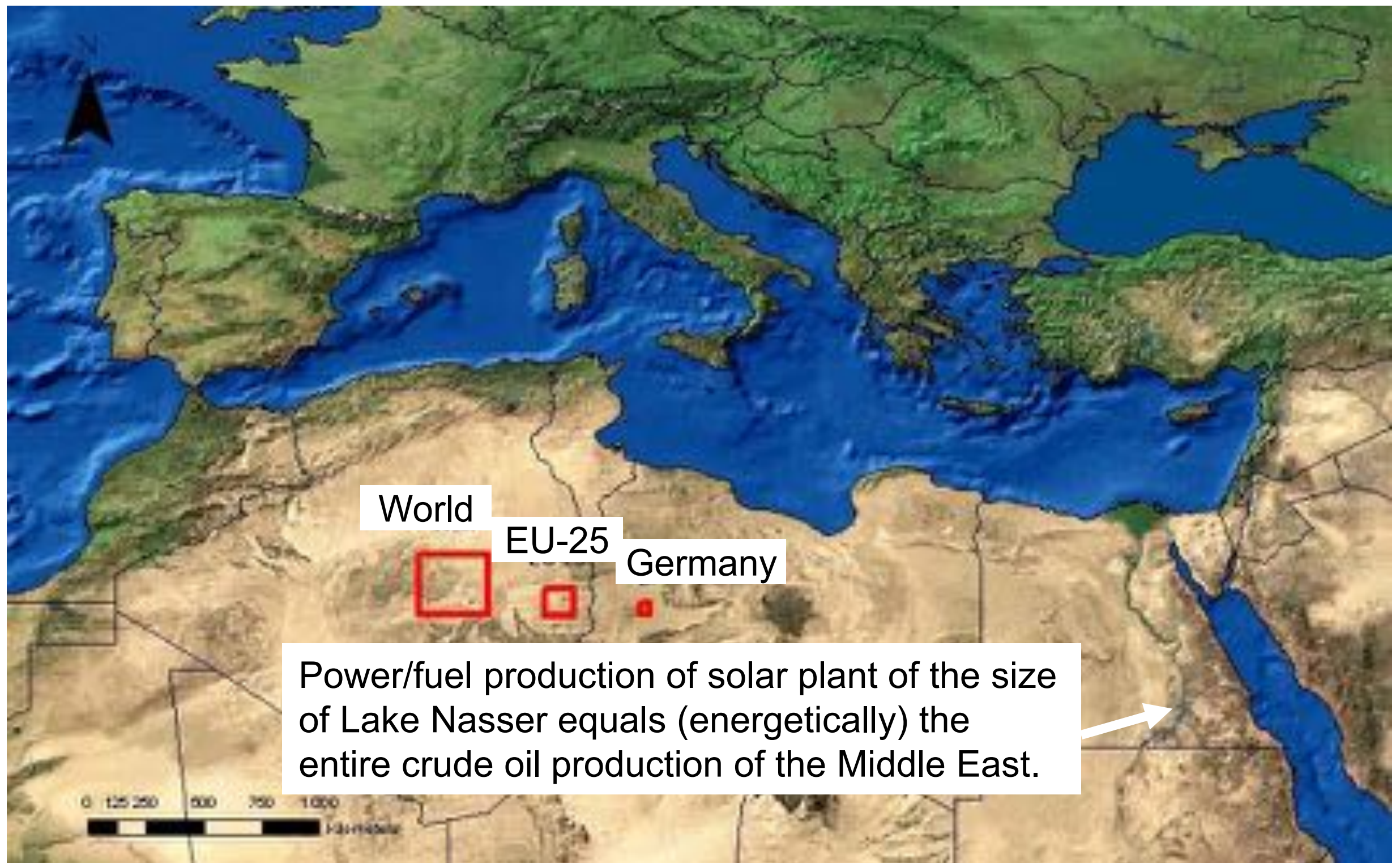


te checken
door leerlingen

Zonnekaart Europa



Potential of Solar Energy



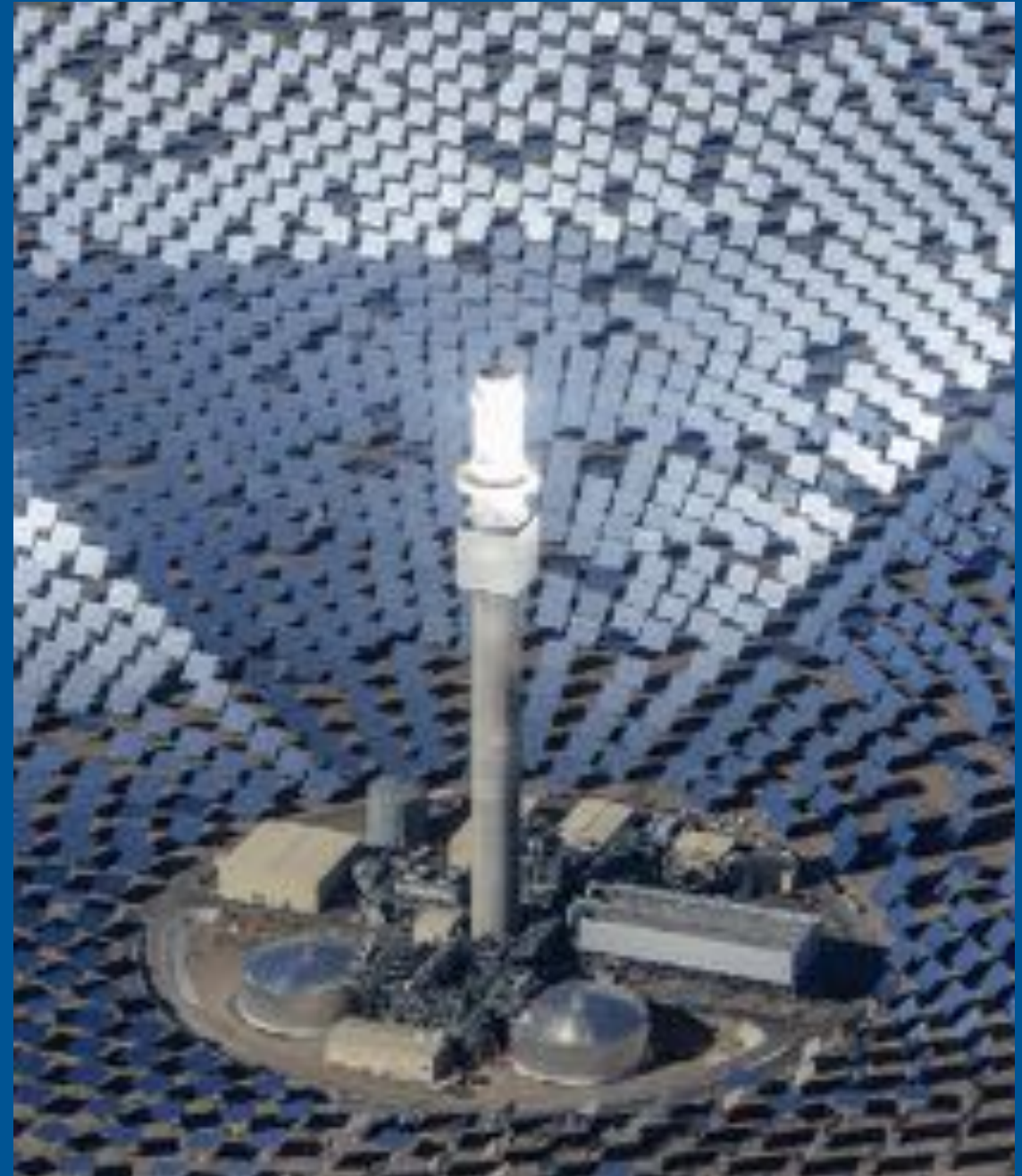
te checken door leerlingen

- zonneconstante (BINAS) tabel 32C: 1370 W/m^2
- In Nederland op zonnige zomerdag: 900 W/m^2
- Afrika: 1000 W/m^2 , gedurende 250 dagen

**basis om mee te rekenen
door leerlingen**

3 fascinaties:

- 1. Overvloed
- 2. Goedkoop
- 3. Allemaal bestaande, bewezen technologie



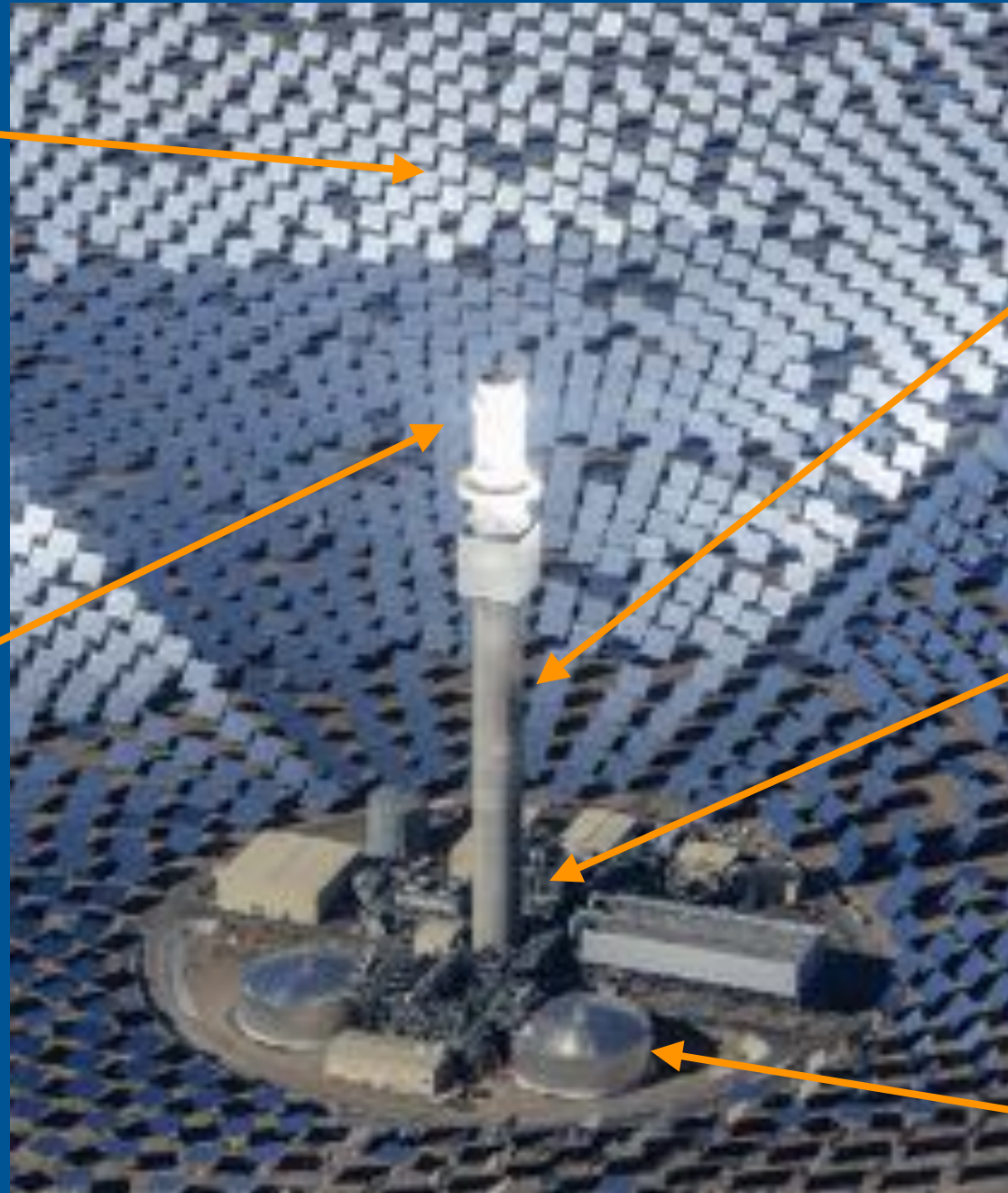
Overvloed oogsten

Hoe?

waterstof uit de woestijn

warmte van grote
oppervlakte oogsten
met draaiende
spiegels

Zeer hoge
temperatuur



Hete vloeistof
transporteert warmte
door toren naar
beneden

stoomturbine
maakt er
elektriciteit van

overtollige warmte
wordt opgespaard
in zoutkoepels



De techniek van 'spiegelcentrales' is al anderhalve eeuw oud. In 1866 toonde de Franse Ingenieur Auguste Mouchout de eerste zelfgebouwde trogspiegelcentrale (met paraboolvormige spiegels) aan Napoleon III. Mouchot was ervan overtuigd dat de brandstof van zijn eeuw, kolen, ooit uitgeput zou raken en was hiermee zijn tijd ver vooruit. Zijn stoommachine op zonne-energie – waarbij de lichtbundel op pijpen met water viel – is nog steeds de basis van de techniek van de trogspiegel.

Historie



beproefde techniek in het klein



€ 79,-
Normaal: € 93,83

Artikel: 363829

Zonneoven, satelliet-schotel Ø1.5 m

- Zonlicht omzetten in warmte-energie om te kunnen koken.
- Kookt 250 ml water in 30 minuten (bij voldoende verlichting)
- Demonteerbaar



experimenten met modellen
in de klas, ook met 'solar cooking'



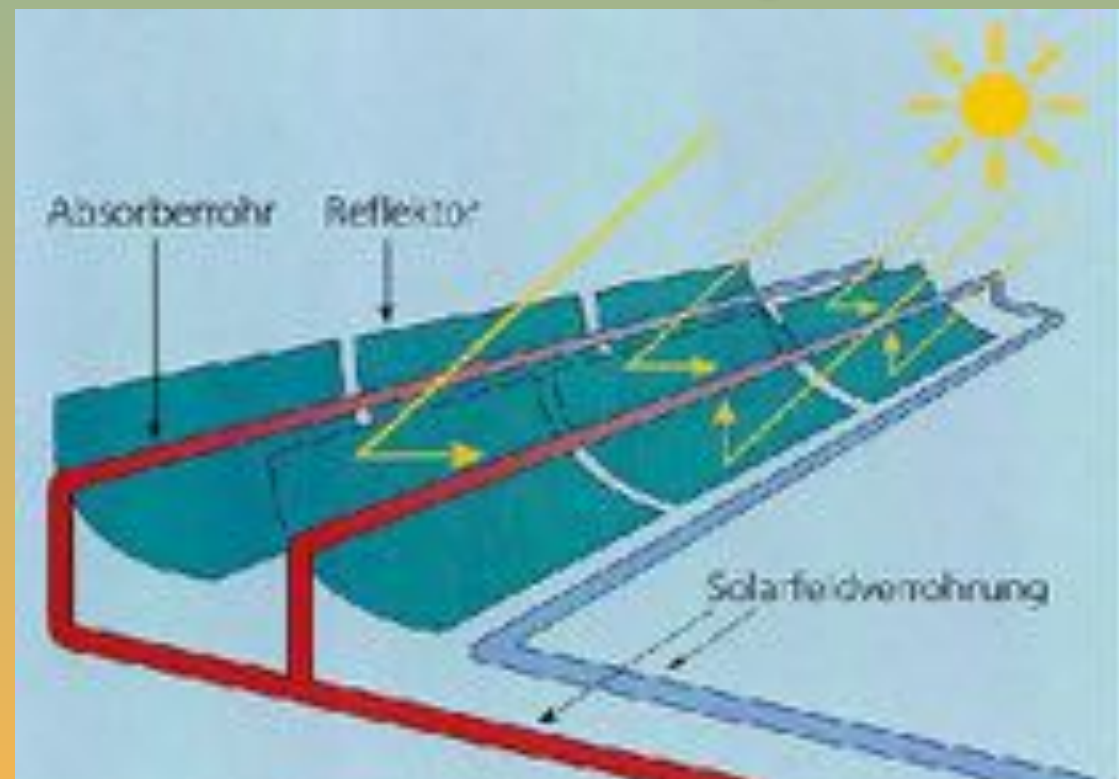
Noor Ouarzazate Solar Complex, Morocco



grootschalig gebruik
zonne-energie



The Noor Ouarzazate Solar Complex is being developed 30km north east of the city of Ouarzazate. Phase one of the project involves the construction of a 200MW concentrated solar power (CSP) plant named Noor I, with a phase two that covers the construction of the 200MW Noor II CSP plant and the 1,000MW Noor III CSP plant,





**Marokko, 4 centrales,
sinds 2018**

**Opslag in zout, 500 gr.C
Toren 150m hoog
Vermogen 500 MW, 2500 ha
7000 spiegels**





Botswana is Now Looking for Bids to Build 200 MW of Concentrated Solar Power

Under a new integrated resource plan published by the government in December 2020, Botswana plans to build 200 MW of CSP capacity by 2026. The procurement process will start this year, it said. The plan, which received the backing of Botswana and Namibia government officials and the World Bank, proposed [...]

In Afrika:

Marokko, 4 centrales, 500 MW

EU steunt plannen voor 5GW in Afrika:

Tunesie, in 2020

Mauritanië

Benin, 25MW

Niger, 43 MW

Nigeria, 100 MW

Tsjaad, 30 MW

Botswana 200 MW

bron:juistmagazine.nl/sahara-zonnestroom

5 GW Mohammed Bin Rashid Al Maktoum Solar Park in Dubai



Largest CSP project in the world

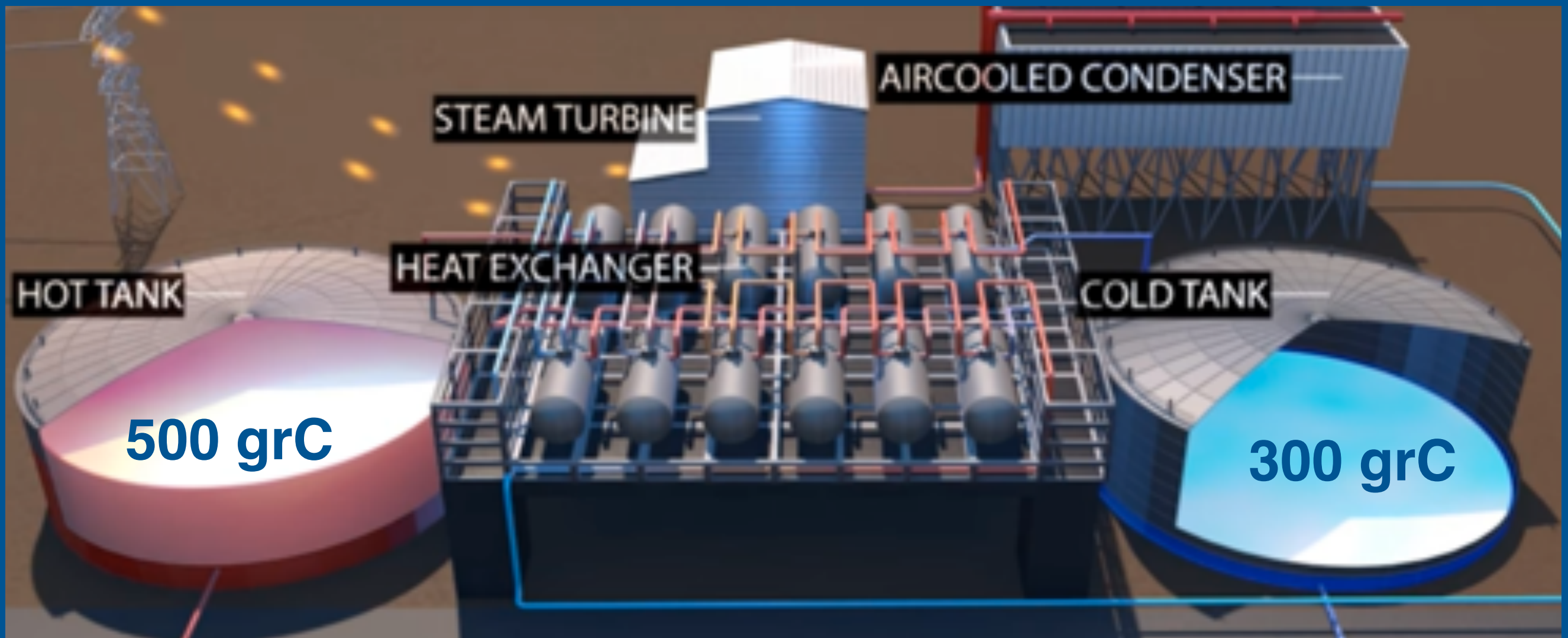
- 700MW CSP,
 - \$3.9 billion investment
 - Central Tower
 - Parabolic Troughs
 - Auxiliary solar PV
 - Tariff
 - PPA
 - Dispatch:
- 15 hours storage
- 100 MW
3x200 MW
4x33 MW
7.3 ct/kWh
35 years
between 4pm and 10am

Wereldwijd staat nu een vermogen van 43
Gigawatt
aan CSP-centrales opgesteld.

20 grote centrales, > 100MW
verwachte verdubbeling in 3 jaar.

site die dit bijhoudt: helioscsp.com

opslagprobleem opgelost



zoutmengsel 40% KNO_3 + 60% NaNO_3

lessen natuur- en scheikunde

PV en CSP vergeleken

(natte vinger)

Opbrengst per ha.

PV: 3 a 4 GWh/ha
(zonder opslag)

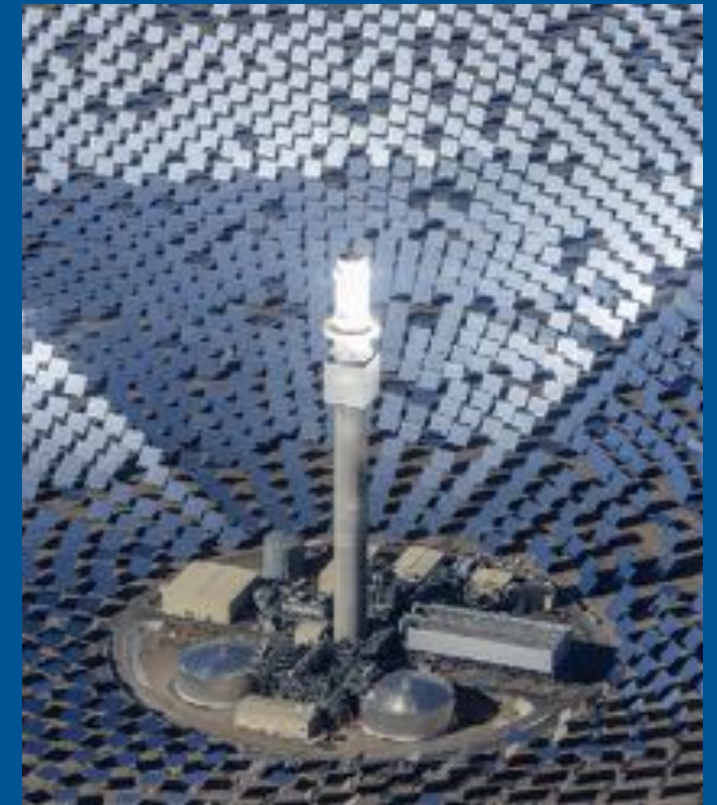
CSP: elektrisch
ongeveer gelijk aan PV.

Als restwarmte benut
wordt opbrengst CSP 2 à 3x meer

Kosten

2 ct/kwh

(nu nog) 5 ct/kwh
Maar incl. opslag 24/7

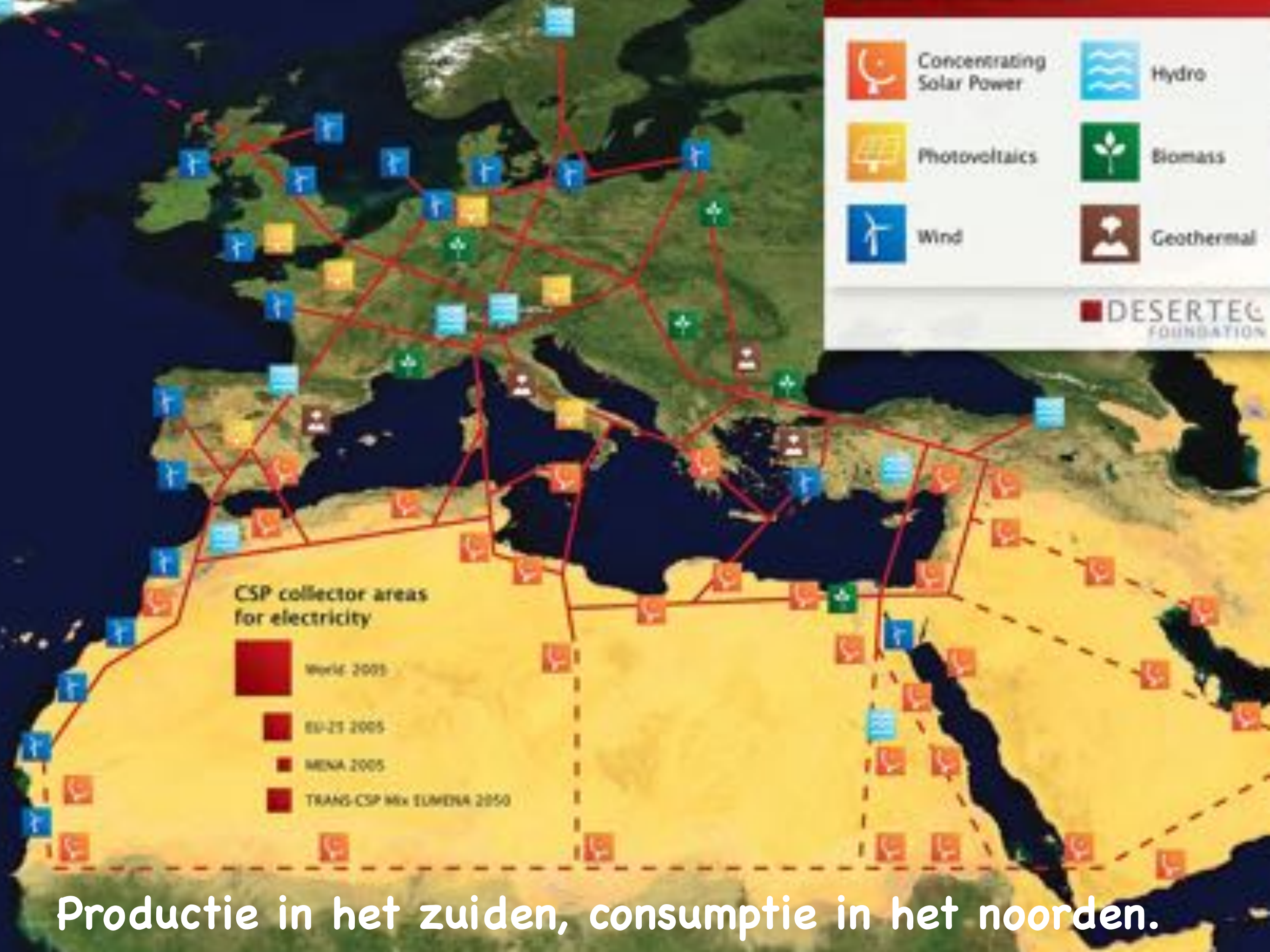


andere voordelen

- schoon drinkwater maken, vooral in ontwikkelingslanden
- ontzilting, door omgekeerde osmose. Slechts 3 kWh/m³
Vruchtbaar maken van dorre woestijn!
- directe verdamping zoals in de natuur: 'Solar Stills'
- hydrofuels NH₃

lesstof natuur- scheikunde





Productie in het zuiden, consumptie in het noorden.

Waterstof

IRENA =

International
Renewable
Energy
Agency

irena.org

rapport
vrij te downloaden

HYDROGEN FROM RENEWABLE POWER

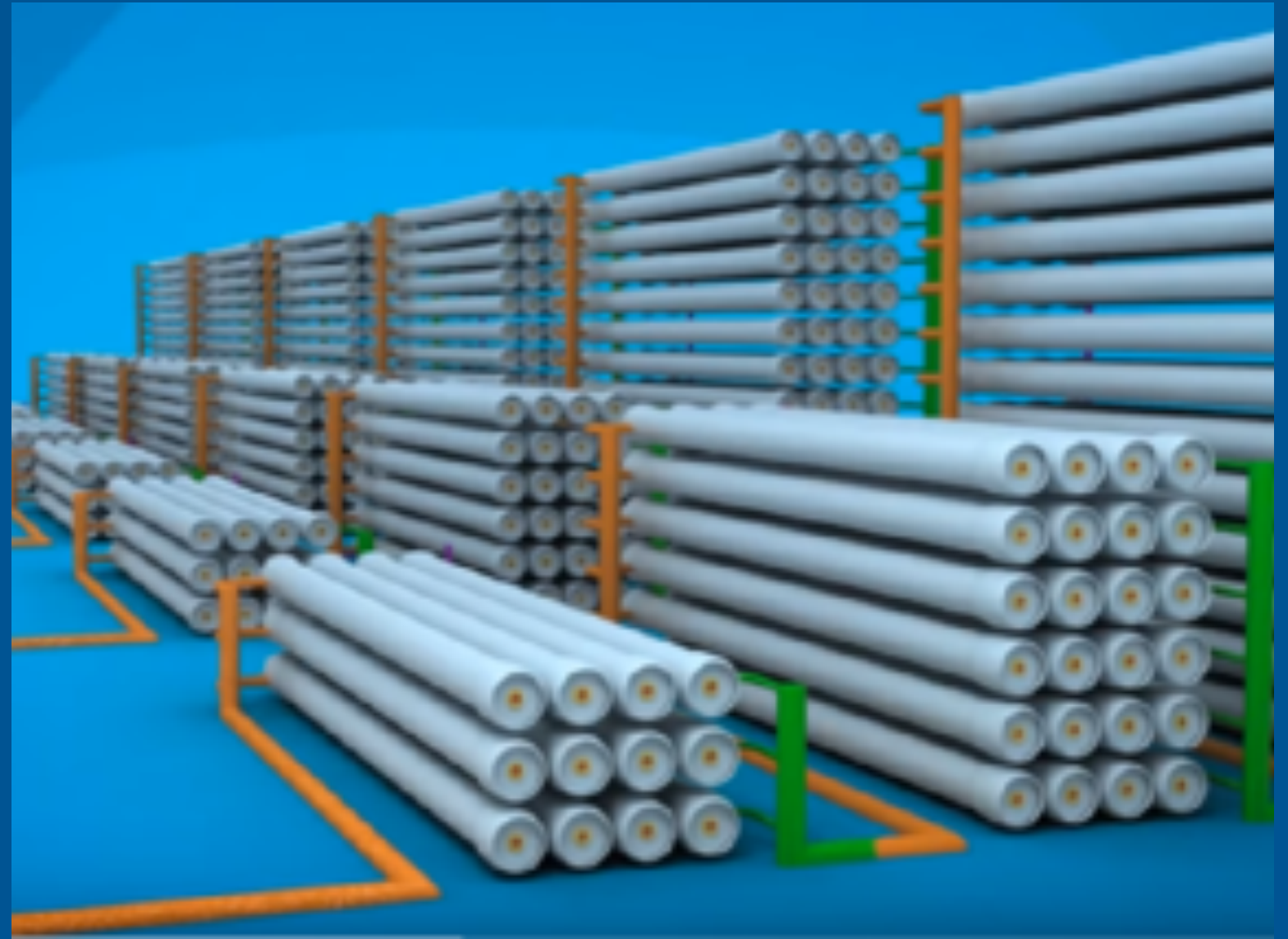
TECHNOLOGY OUTLOOK
FOR THE ENERGY TRANSITION



Waterstof
uit
Wind
en
Woestijn



elektriciteit —> waterstof



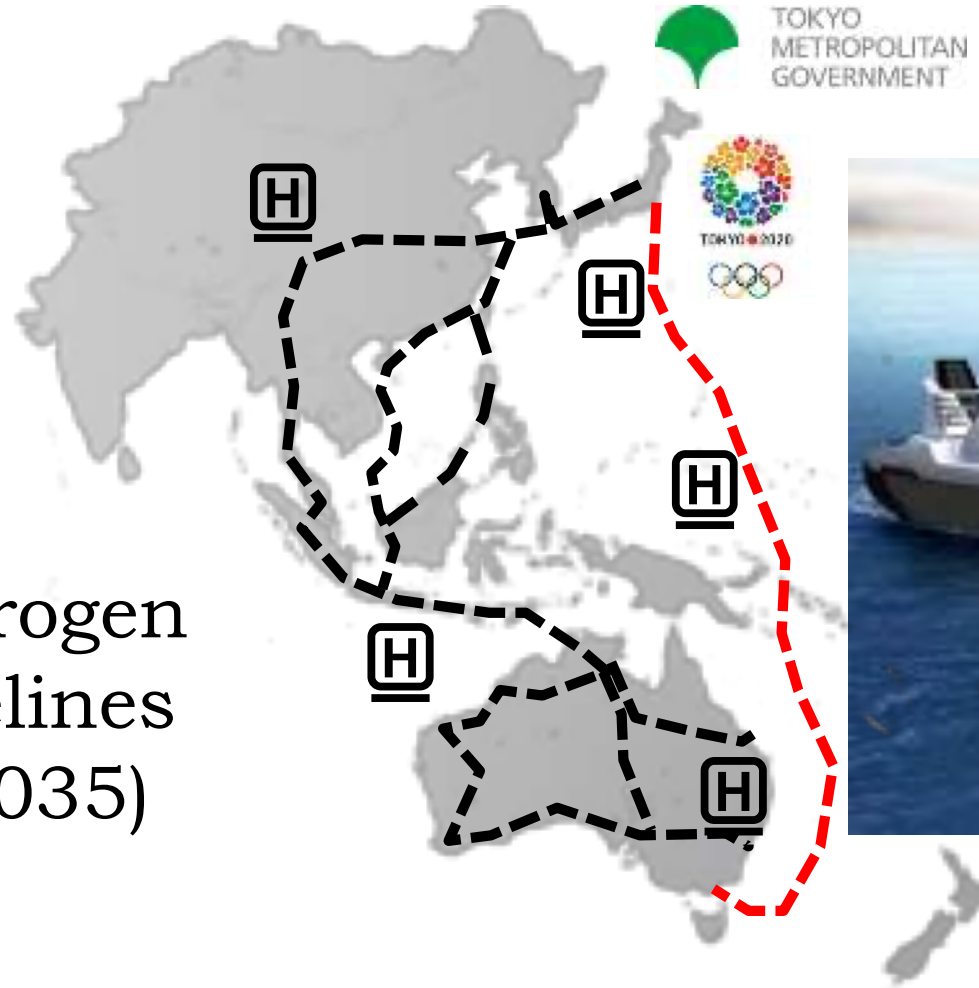
- elektrolyser van 50 MW

natuur- scheikunde les

Tokyo Olympic Games 2020



Hydrogen
Pipelines
(~2035)

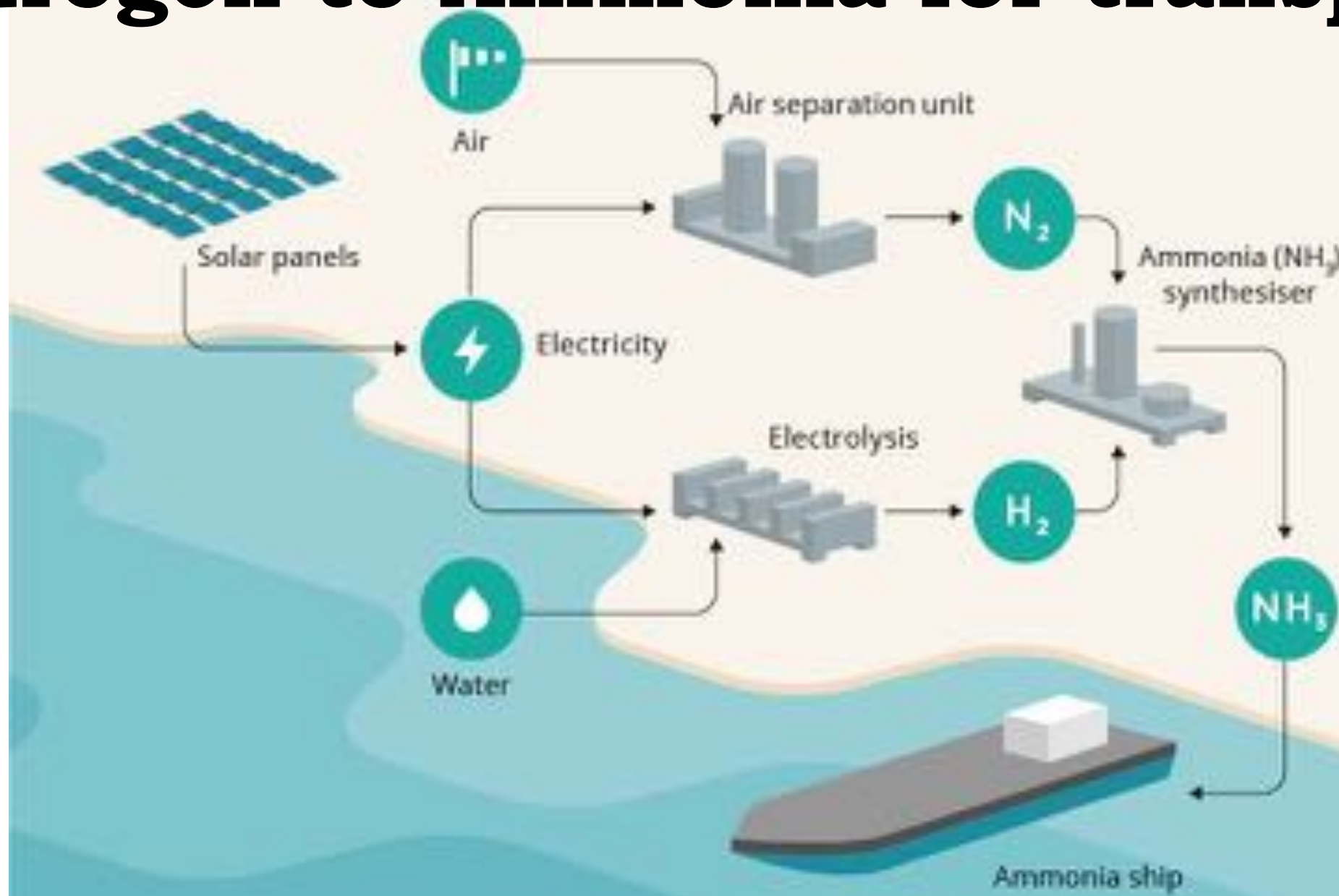


Hydrogen
Shipping
(~2025)



olympische toorts op waterstof

Hydrogen to Ammonia for transport



Transport

als elektriciteit via DCHV leidingen
(3% verlies per 1000 km)

Of

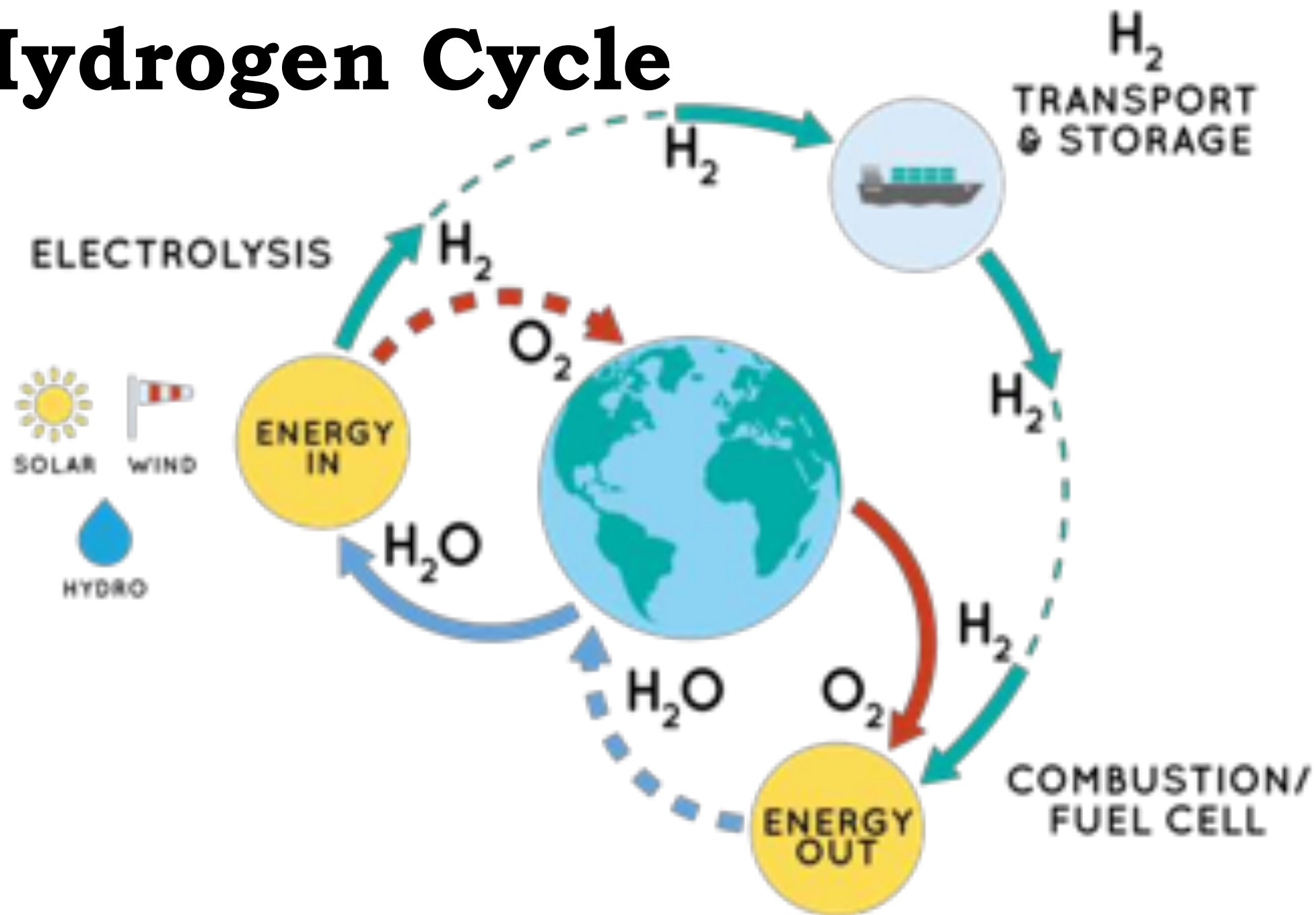
als NH₃ met bestaande tankervloot

Transport van woestijn naar Nederland

- bestaande tankervloot (LPG)
- koelen
- omzetten in ammoniak (hoger kookpunt, -33 ipv - 253 gr)
- in Nederland weer omzetten in H2
- N2 bijmengen —> bestaand gasleidingen-net



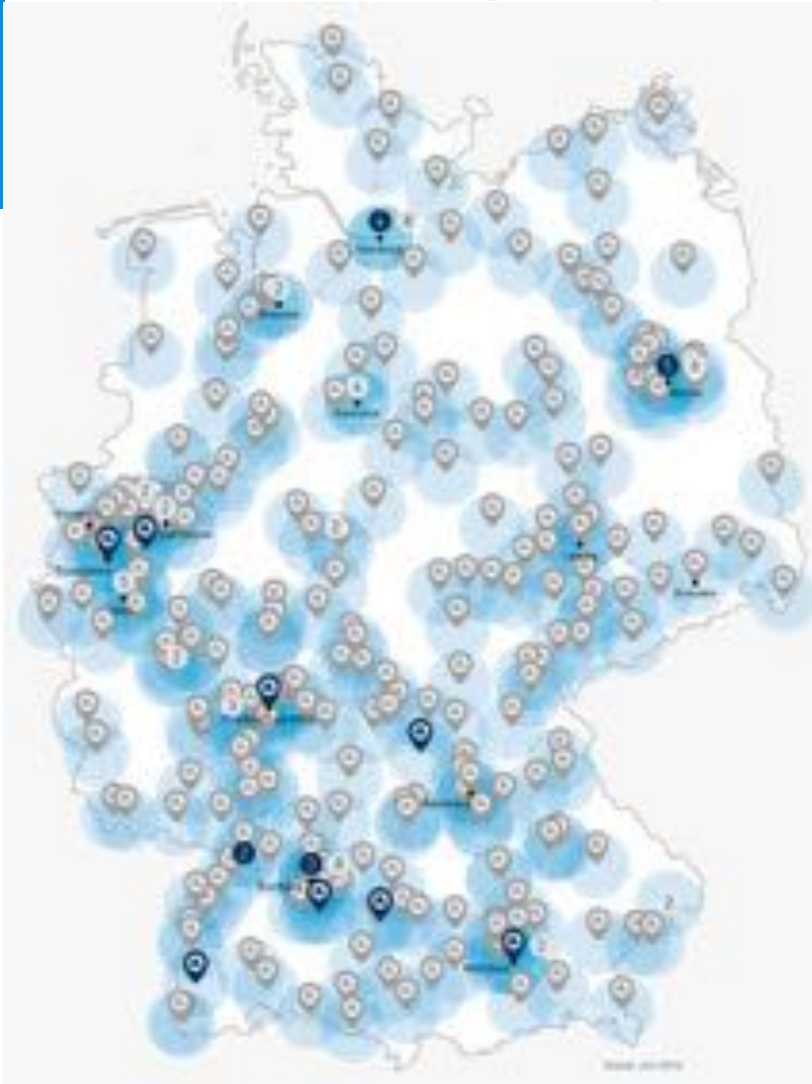
The Hydrogen Cycle



Toyota Mirai; Fuel cell car



Duitsland 400 waterstof tankstations in 2023



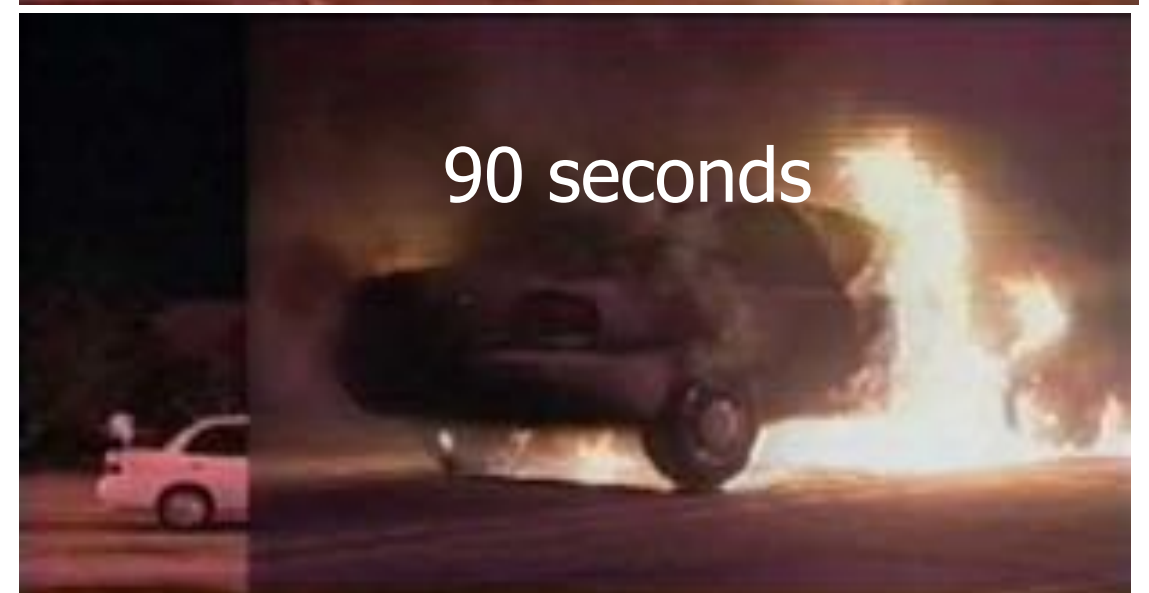
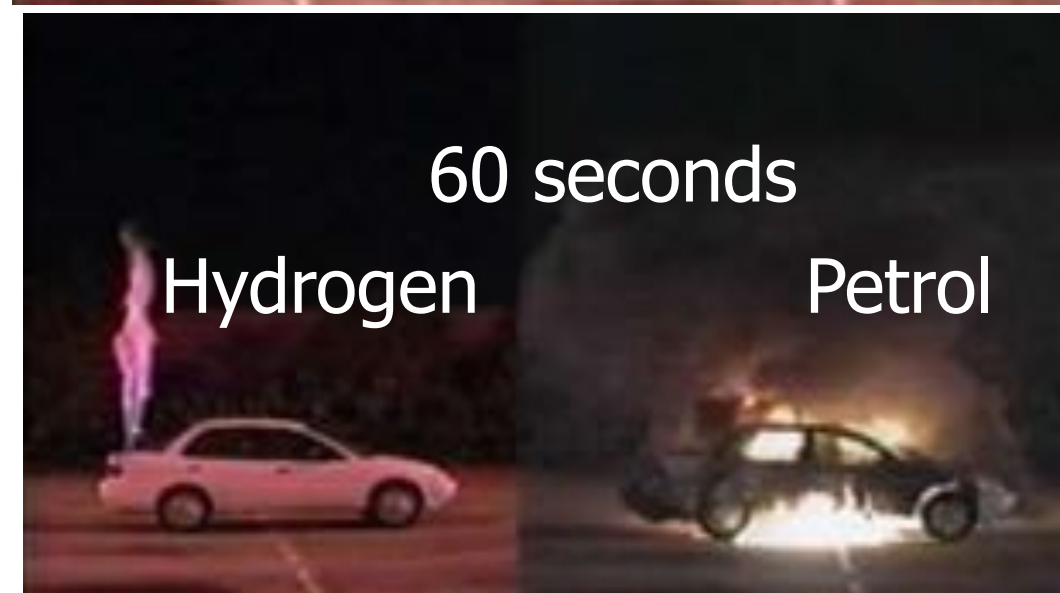
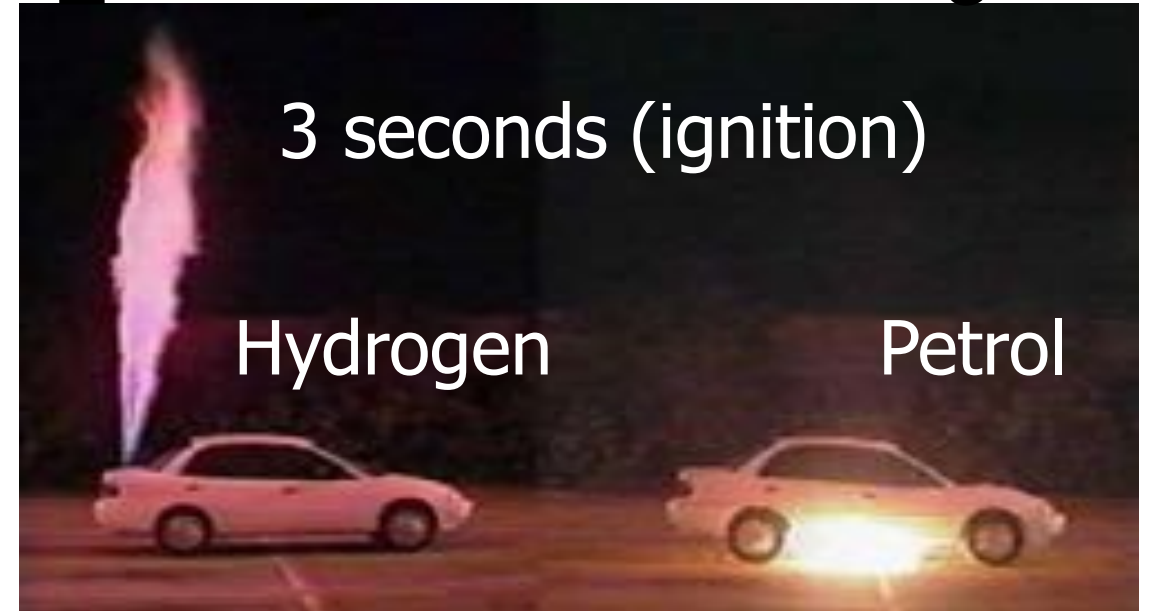
400 waterstof tankstations in 2023, bij bestaande tankstations.

Investerings: 350 miljoen Euro, half overheid, half bedrijven.

Consortium: Shell, Total, Linde, Air Liquide, OMV, Daimler, BMW, Volkswagen, Toyota, Honda, Hyundai, NOW (Duitse Overheid)

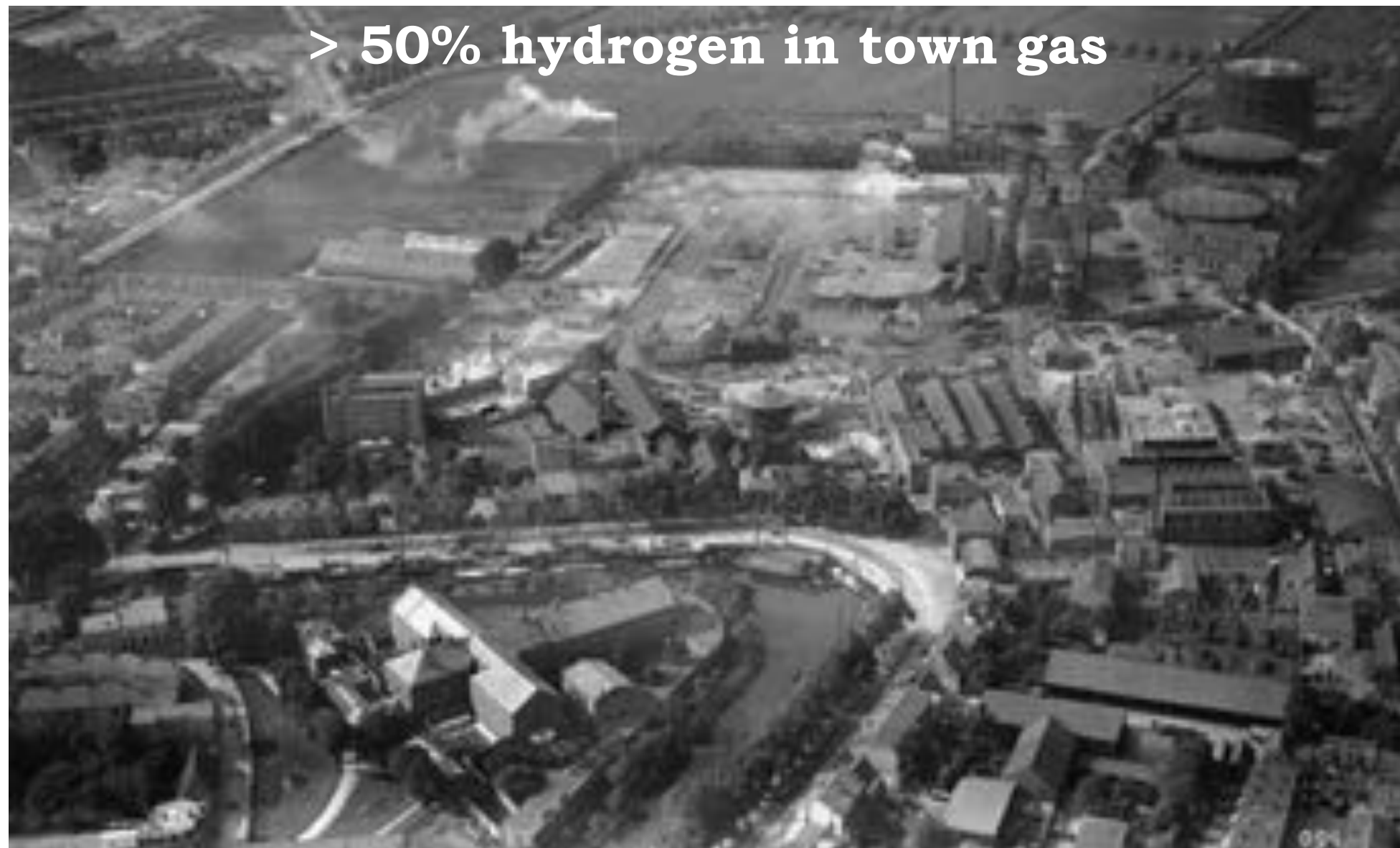
Veilig ?

Hydrogen versus petrol safety



Het bestaande gasnet kan gebruikt worden,
mits gemoderniseerd

Town Gas production Utrecht 1862-1959



Zijn onze gasleidingen straks geschikt voor waterstof?

Voorzichtige ramingen van energieleveranciers.nl:
10€ per huishouden. aug 2018

Lochem, 3 december 2019:

Het begon met de bewoners van de wijk Berkeloord (BBSB) in stad Lochem die contact zochten met LochemEnergie en de monumentencoach.

Hun al wat oudere monumentale huizen zijn nauwelijks te isoleren en zonnepanelen zijn niet toegestaan.

Hoe zouden ze ooit van het aardgas af kunnen als elektrisch verwarmen dus eigenlijk onmogelijk is.

Vanuit nood ontstond een prachtige pilot met verwarmen op waterstof waarbij het bestaande gasnetwerk gebruikt wordt voor de levering van waterstof.

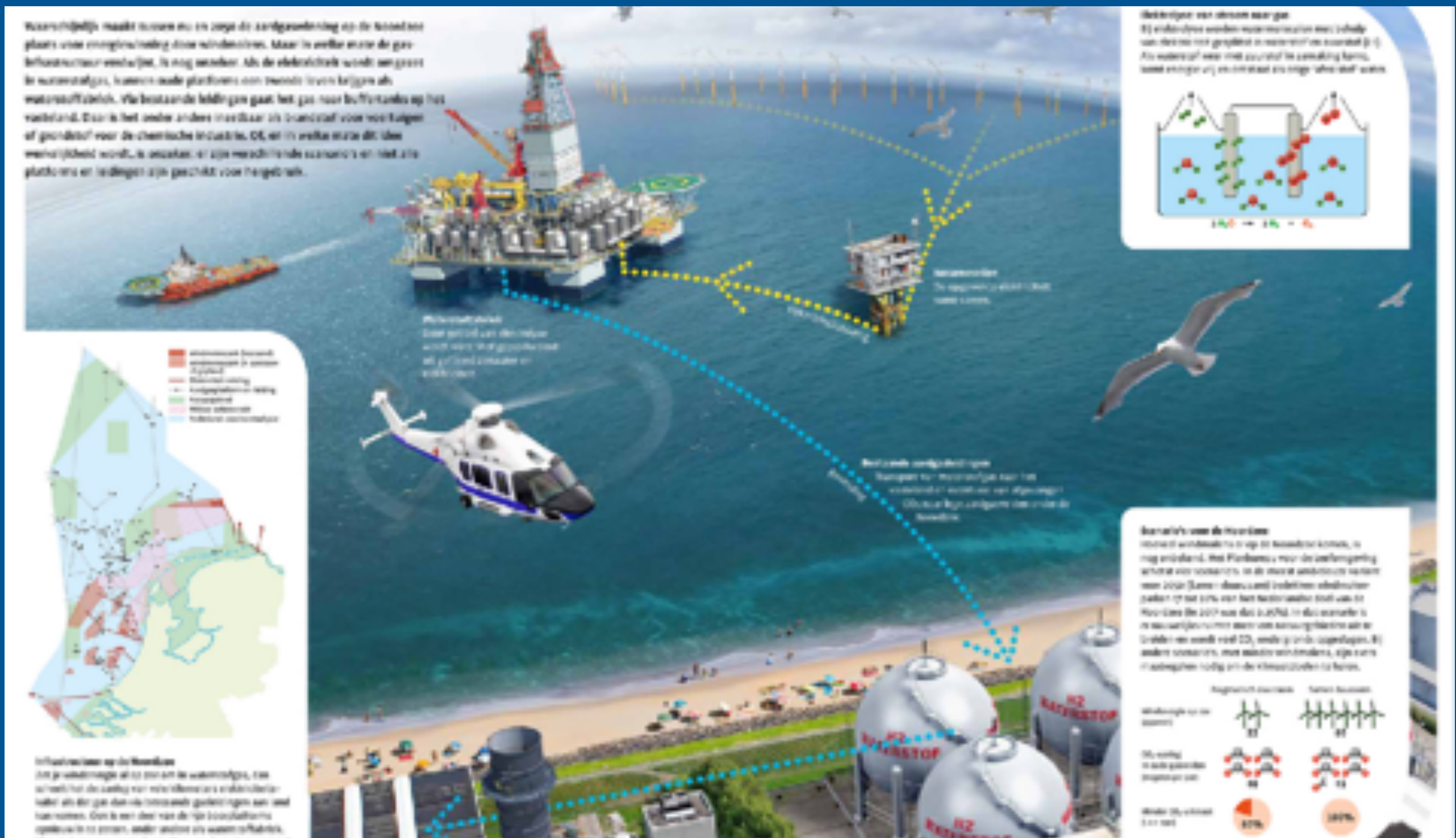
Waterstof uit de Noordzee



**‘Waterstof is het nieuwe aardgas’ –
A sustainable energy supply for everyone
pdf, te downloaded. Prof. Ad v. Wijk, Delft**

**Huidige gasleidingen kunnen deels
gebruikt worden voor
transport van waterstof**

Waterstof uit de Noordzee



WETENSCHAP

Ultieme energiebron heeft één nadeel: de prijs

Waterstof is niet te stuiten

Lange tijd was waterstof het buitenbeentje bij de energieproductie. Maar het tij keert, waterstof wordt populair als energiebron in het vervoer, de industrie en in huis.

HANS VAN ZON

Als waterstof maar een schuldtag", zegt René Peters (links), directeur Gas Technology bij TNO, de organisatie voor ongepast natuurwetenschappelijk onderzoek in Den Haag. "Goed ook dat het internationaal gebeurt. Waterstof heeft een enorme potentie. Het lijkt op aardgas maar dan zonder CO₂. Het schone dus."

Peters duikt nog wel een stapje verder te gaan. Er worden veel projecten aangekondigd, alleen al bij TNO lopen er vijftig, maar de opkomst van waterstof gaat daarmee in zijn ege niet snel genoeg. "Waterstof is een overgangstechniek die de overgang naar een duurzame toekomst moet overbruggen, aldus Peters. "Op voorwaarde dat de productieketen omhoog gaat. De keten strekt van een op de ontwikkeling."

Waterstof is geen grondstof, het moet worden geproduceerd en dat kost energie. Ook de installaties om het duurzame energie groene waterstof te maken, zijn nog duur. Die installaties maken gebruik van elektrolyse, splitsing van water met behulp van elektriciteit. "Nu kan waterstof de overgang naar een met andere energiebronnen. Het is daarom uitermate belangrijk om de keten te verbeteren. Als dat lukt, ligt de weg voor waterstof open", zegt de specialist van TNO.

Ook zal de politiek moeten aanpakken bij het bedrijven en de wetenschap. "Zij lopen achter met vergoeding. We wachten ook nog op de waterstofvrije van de overheid", aldus Peters. Daarom is bij hij met de Green Deal van Ruimtevaart en Waterstof. Tussen twee ambitieuze plannen om de Europese economie te versterken, en dan komen met waterstof. "Dat kan

druk op het Nederlandse beleid. Er komt geld vrij, in totaal een miljard, waarmee grote, gemeenschappelijke programma's kunnen worden opgezet. Waterstof moet daarbij een mooie plek krijgen", legt de wetenschapper uit.

Veilig
TNO's Peters is een hoger tempo schiet niet zelfstandig. "De maatschappij moet het kunnen bijhouden. Het moet komen zien dat het gebruik van waterstof veilig is, dat het te betalen is. Het moet zich manifesteren als een goed alternatief voor aardgas."

Het is nu aan het bedrijven om de wetenschap te danken dat Nederland de achterstand op de belangrijke Europese waterstoflanden, Duitsland en Groot-Brittannië, inhaalt. "We hebben het onderwerp veel later opgepakt, maar nu dankzij allerlei mooie initiatieven in Europa op plek 3. Bedrijven, van groot tot klein, zijn heel actief bezig met waterstof." De fabrikant

van verwarmingsketels en warmtepompen, Kefalis heeft zijn eerste productie van waterstof al klaar. Ook andere fabrikanten staan te popelen om de waterstofketen te bouwen. In eerste instantie gaat het om bijproducten, de overgang tot een zuiver waterstof aan aardgas.

"Waterstof kan zich perfect mengen", aldus Peters. Maar het grootste probleem is dat het een heel duur proces is om waterstof te maken. Het is nu aan het bedrijven om de wetenschap te danken dat Nederland de achterstand op de belangrijke Europese waterstoflanden, Duitsland en Groot-Brittannië, inhaalt.

De woningbouw blijft niet achter. De gemeente Hengelo heeft de jaarlijkse waterstof-wijk. Daarvoor hebben ze een netwerk van warmte en koude waterstof. Dit eigen netwerk heeft een milieuvriendelijke, waar in de zomer het

overstroomt aan zonnepanelen wordt omgezet in waterstof. De winter kan in de winter weer worden omgezet voor elektriciteit en warmte. Dit project moet het voorbeeld worden voor andere gemeenten.

Het project is Hengelo ook de kern van het groene probleem met energie, de opslag. "Groene elektriciteit van een wind turbine kan lang opslaan. In het ook flink verlies over lange afstanden", aldus Peters. "Waterstof is wel

'Het gasnet is zeer geschikt om waterstof te transporteren'

goed op te slaan en dat kan je pieken en dalen in de energievoorraad prima opvangen. Met stroom is dat veel lastiger. Als het aanbod van zonne- en windenergie en het gebruik van warmtepompen enorm toeneemt, kan het huidige elektriciteitsnet dat niet meer weer verwerken."

Peters bewaart de overheid het aardgasnetwerk in Nederland niet af te breken. "Het is een kostbaar bezit. Het is uitermate geschikt om waterstof naar te transporteren. We kunnen het nu al bijvoegen met aardgas. Als we het alleen voor waterstof willen gebruiken, zijn de gasnetten leidend al oké, moeten we nog wel alle sluis, koppelingen, kleppen en componenten aanpassen en misschien al dichters van waterstof in het kleine molecuul, kan daarom wel vergelijken."

Als groene waterstof het gas maken, hoe dat het toekomst-

plaatje van René Peters en dan wilt "Waterstof vormt al een plek in de toekomst. Over vijf jaar zal een groeiend aantal huizen en vrachtwagens op waterstof rijden met behulp van een tankstation."

De TNO-specialist ziet ook grote mogelijkheden voor de luchtvaart. "Die zijn groen en schone. Die zijn groen en schone, vooral de scheepvaart met waterstofgebruik een belangrijke bijdrage geven aan de verbetering van het milieu."

In 2020 zal ook het project in Hengelo op verschillende plekken navolging krijgen. "Hopelijk heeft de overheid bijwerking van waterstof in het gasnet dat verplicht wordt. Daarnaast komt al een die bijwerking met zo'n proces geen problemen geeft bij de tweede installatie. In korte tijd kan met 1 proces, dat is het einde van de keten, en wel de 'ambassadeur' van de waterstof voor."

Het toekomstplaatje wordt nog mooier. Peters. "Op de Noordzee wordt groen gas met waterstof. Op een platform. Die fabriek moet in 2020 gaan draaien. De waterstof gaat met leidingen naar Rotterdam en kan daar, bijvoorbeeld, het aardgas in. In 2020 draait ook de eerste groene waterstofketen op land."

In 2020 moet, als het aan Peters ligt, de 'waterstofmarkt' in de vijfde versie. "Dan heeft de capaciteit van het elektriciteitsnet van 100 de kans geven dat waterstof zich heeft bewezen als een veilige, betrouwbare en betaalbare energiebron. Dan komt het ons waarschijnlijk groene waterstof te produceren."

Wat is waterstof?

Waterstof is een kleurloos, geurloos, niet giftig gas. In de natuur komt het al voor maar in kleine hoeveelheden. Het wordt gewonnen uit water (H₂O). Het kan niet worden gewonnen, moet worden geproduceerd.

Er is 'grijs', blauw en groen waterstof. De kleuren staan voor het productieproces. Grijs is gemaakt op basis van aardgas met afval van CO₂ in de lucht. Bij blauw is de CO₂ afgevangen. Groen is duurzaam, gemaakt door opslag van water met behulp van stroom.

Waterstof is ondergrond op te slaan, in grote hoeveelheden of lange afstanden. De keten van energieopslag. Rijksoverheid heeft een plan om de energievoorziening met waterstof.

Transport van waterstof door pijpleidingen is niet geschikt. Het transport van waterstof door pijpleidingen is niet geschikt. Het transport van waterstof door pijpleidingen is niet geschikt.



In Den Haag rijden waterstofauto's rond. De Toyota's Mirai worden ingezet voor het testen van de technologie met een beperking.



Waterstof in Nederland



Hoogeveen waterstofwijk. Kassa, za. 7 maart 2020, BNNVARA
video vanaf 21'

Kan CSP ook in Nederland?

Ja

Geschikt voor warmtetoepassingen in industrie

75% van ons energiegebruik draait om warmte!

CSP installatie in Denemarken



Kan CSP ook in Nederland?

Ja

Geschikt voor warmtetoepassingen tot 400 gr. Celsius

AZTEQ

[Home](#)

[technisch](#)

[Over ons](#)

[Nieuws](#)



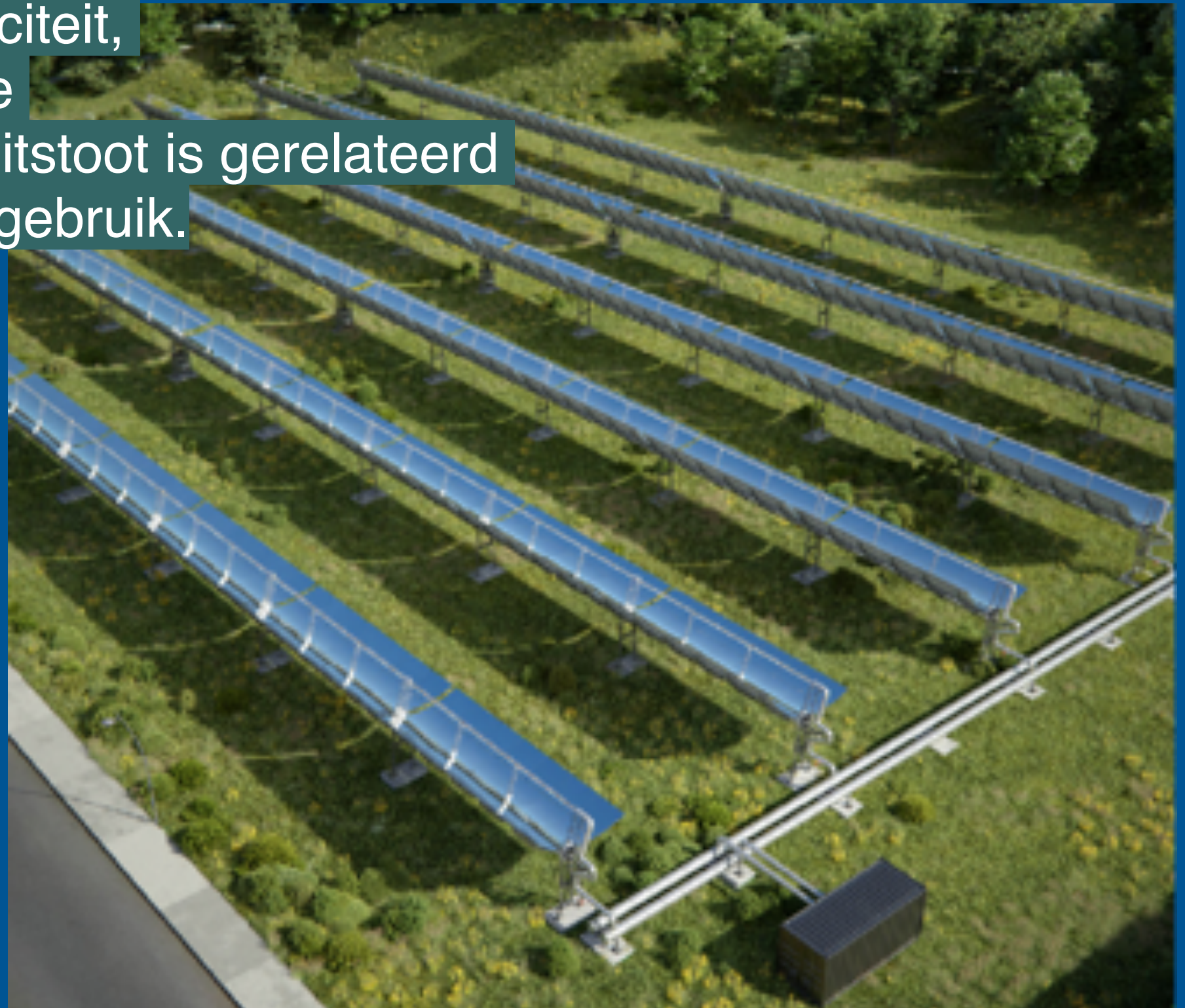
[Contact us →](#)



Warmte / stoom

90 % van de klimaatinspanningen
gaat naar elektriciteit,
maar twee derde
van onze CO₂-uitstoot is gerelateerd
aan ons warmtegebruik.

CSP in de
industrie of in
warmtenet



CSP in de haven van Antwerpen



Het Genkse energiebedrijf Azteq bouwde
zonnespiegelpark met 1.100m² parabolen, in Beveren.

Tot nu toe gas voor de productie van stoom voor reinigen en opwarmen
van tanks en containers.

Vervangt jaarlijks 500 MWh gasverbruik.

Gebouwd bovenop de parking van het bedrijf, boven een spoorlijn en
onder een hoogspanningslijn.

Eerste industriële CST project in NW-Europa.

NLT

Nieuwe module
Waterstof uit wind en woestijn
W3

NLT
Module
W3



Bijna
klaar

Projectgroep W3



Sietse de Haan, projectleider , Harrie Jorna hoofdredactie,
Paul Feldbrugge, Jan Molenaar, Arnoud Pollmann

Inhoud Module W3

Deel A: INLEIDING	5
1. Over de module	5
1.1 Leerdelen en andere doelstellingen	5
1.2 Een voorbeeldparagraaf	
2. Waarom waterstof?	12
2.1 Energie	13
2.2 Broeikaseffect	21
2.3 Ontstaan van fossiele brandstoffen en verbruik	29
3. Waterstof: eigenschappen en productie	33
3.1 Algemene en relevante eigenschappen	33
3.2 Explosiviteit	37
3.3 Grijs, blauw en groen waterstof	41
Deel B: HOE KOM JE ER AAN?	46
4. Waterstof uit de Woestijn	46
4.1 Drie manieren om zonne-energie te oogsten	46
4.2 Ideale stralenvangers	55
5. Waterstof uit Wind	65
5.1 Windmolens, de huidige ontwikkelingen	65
5.2 Waterstof uit wind op zee	67
5.3 Waterstofproductie op ijs via naar pagina 73	73
5.4 Bekijk het binnende van een turbine	75
6. Vervoer en opslag van waterstof	77
Deel C: WAT KUN JE ERMEE?	83
7. Waterstof in de industrie en in het vervoer	83
7.1 Zware industrie	83
7.2 Waterstof in het vervoer	93
8. Waterstof thuis?	96
9. Waterstof voor onze toekomst	102
Voorkennis-begrippenlijst	108
Bijlage 1 URL-lijst	111

In leerlingtekst:

- * Vele soorten opdrachten.
- * Vele actuele links.
- * Contact met bedrijven mogelijk, via H2-platform
- * Verschillende ontwerp-opdrachten
- * Vaak fact-checken:
 'hoe weet je of iets waar is?'

Differentiatie:

- * Rekening houden met eigen inbreng van docent en leerlingen.
- * Eigen leerroute mogelijk.
- * Zowel havo als vwo.

Docentenhandleiding:

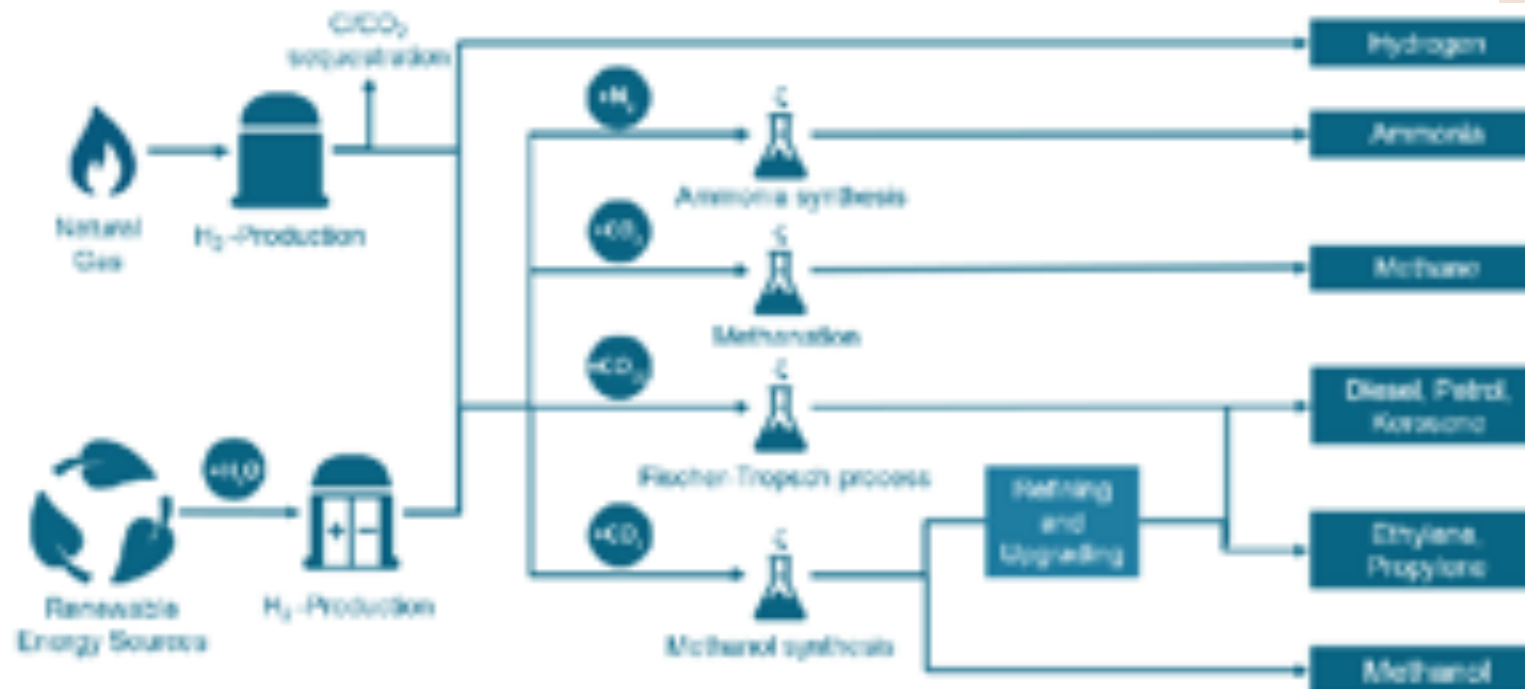
- * toetsvoorbeelden
- * toa-assistentie
- * leerling-antwoorden

Experimenten

- * Maak een stoomturbine mbv fluitketel en ventilator



Power-to-X for Applications Production and products

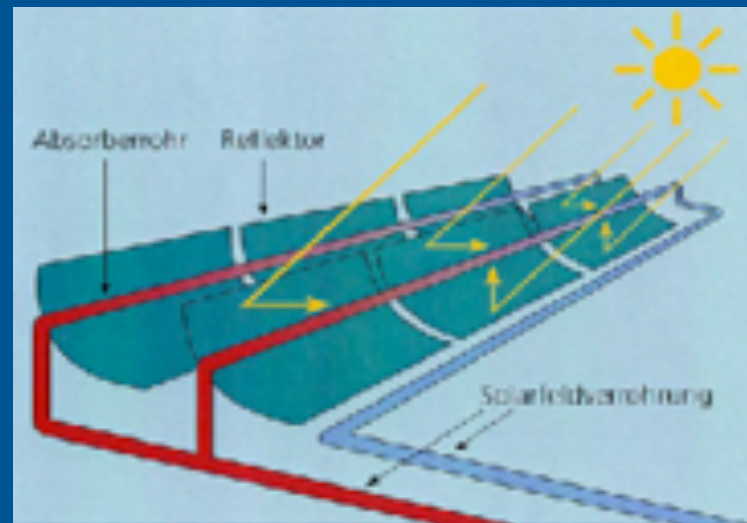


Voorbeelden van ontwerp-opdrachten

- * Verticale molen

- * Trogspiegel,

- * Heliostaat,

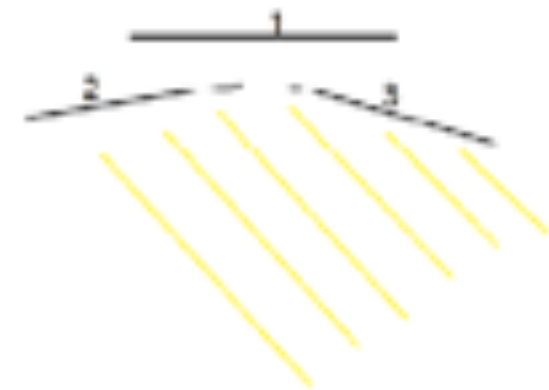


Heliostaat

Met verwijzing
naar:

‘Werken met
Arduino,’
Door Freek Pols

Zonnepanelen worden neer gezet om stralingsenergie, afkomstig van de zon, om te zetten in elektrische energie. De panelen vangen het meeste licht op als ze loodrecht op de zon staan. De aarde draait en we zouden de panelen mee moeten laten draaien om zoveel mogelijk energie op te vangen. Dat gaan we in deze opdracht doen.

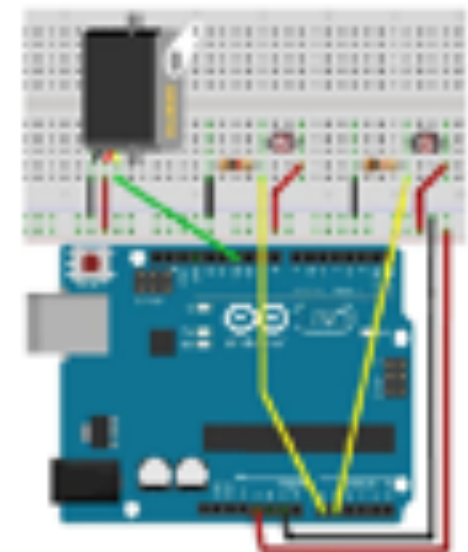


Op een groot veld staan alle zonnepanelen opgesteld zoals zonnepaneel 1. Zonnepaneel 2 en 3 staan beide een beetje gedraaid ten opzichte van paneel 1. Je kunt nu goed zien dat de zonnepanelen de meeste elektrische energie produceren als zonnepaneel 2 en 3 even veel elektrische energie produceren. Paneel 2 vangt nu meer lichtstralen op dan paneel 3. Het hele systeem zou dus linksom gedraaid moeten worden.

In plaats van een zonnecel beginnen we met een LDR.

- Bouw de schakeling en programmeer het eerste stuk waarbij je de waarden van de LDR kan uitlezen.
- Zet de flitser van je telefoon aan en lees met behulp van `Serial.println(LDR1);` de waarden van LDR 1 en LDR2 uit. Beweeg je telefoon van links naar rechts en bekijk hoe de waarden variëren.
- Schrijf nu het stukje code voor de servo. Laat de servo naar links draaien als LDR1 meer licht ontvangt dan LDR2 en andersom. Denk eraan dat de servo gebruik maakt van een potmeter en je dus ook gebruik kan maken van de `map` functie.

- Leg uit dat al aardig in de buurt komt van het draaien van de zonnepanelen.



Eindopdracht naar keuze:

Optie 1:

Presentatie voor op een ouderavond of in de gemeenteraad en waarbij jonge mensen kunnen meedenken in het debat over oplossingen op grote schaal.

Optie 2:

Richt een eigen bedrijf op met als doelstelling het bieden van goederen en/of diensten op het gebied van waterstof.

Optie 3:

Stel jullie gaan een onbewoond eiland inrichten, maar wel zo groot als een continent zodat het selfsupporting is wat betreft grondstoffen, voedsel en energie.

Eindopdracht naar keuze:

Optie 4:

Maak iets naar aanleiding van de site H2-platform. Daar staat geweldig veel geweldig nieuws op. Daar kun je een milieufanaat mee ontroeren. Kun jij een **eigen site maken?** Ga je gang!

Optie 5:

Je kunt een ochtend of middag of een dag **les geven op de basisschool** ... jij in een rol kunt kruipen en je zo ook verkleden. Bijvoorbeeld een waterstofmannetje.

Misschien is Greta Thunberg (Zweedse milieuactiviste die op haar 16-de Klimaatop in New York toesprak) een nuttig toverwoord.

Optie 6:

Een **ontwerpopdracht volledig uitvoeren.**

Je kunt de ontwerpopdracht die als route ⑤ ter afsluiting van paragraaf 5.1 is opgenomen mede gebruiken als uitgangspunt van deze ontwerpopdracht.

Testscholen gezocht.

Of:

Wie wil (een deel) van de
module uitproberen?



mail naar

voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Of voer hieronder je mailadres in de chat van zoom

Vragen ?

Mail naar
voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Of **nu** in de chat.

Geef je op als geïnteresseerde.



dank

- bronnen:
- Vereniging zonnekrachtcentrales.nl
- IRENA.org
- houdt CSP-situatie globaal bij: helioscsp.com
- Ad van Wijk, universiteit Delft profadvanwijk.com
- Chemie-actueel, Toon de Valk

