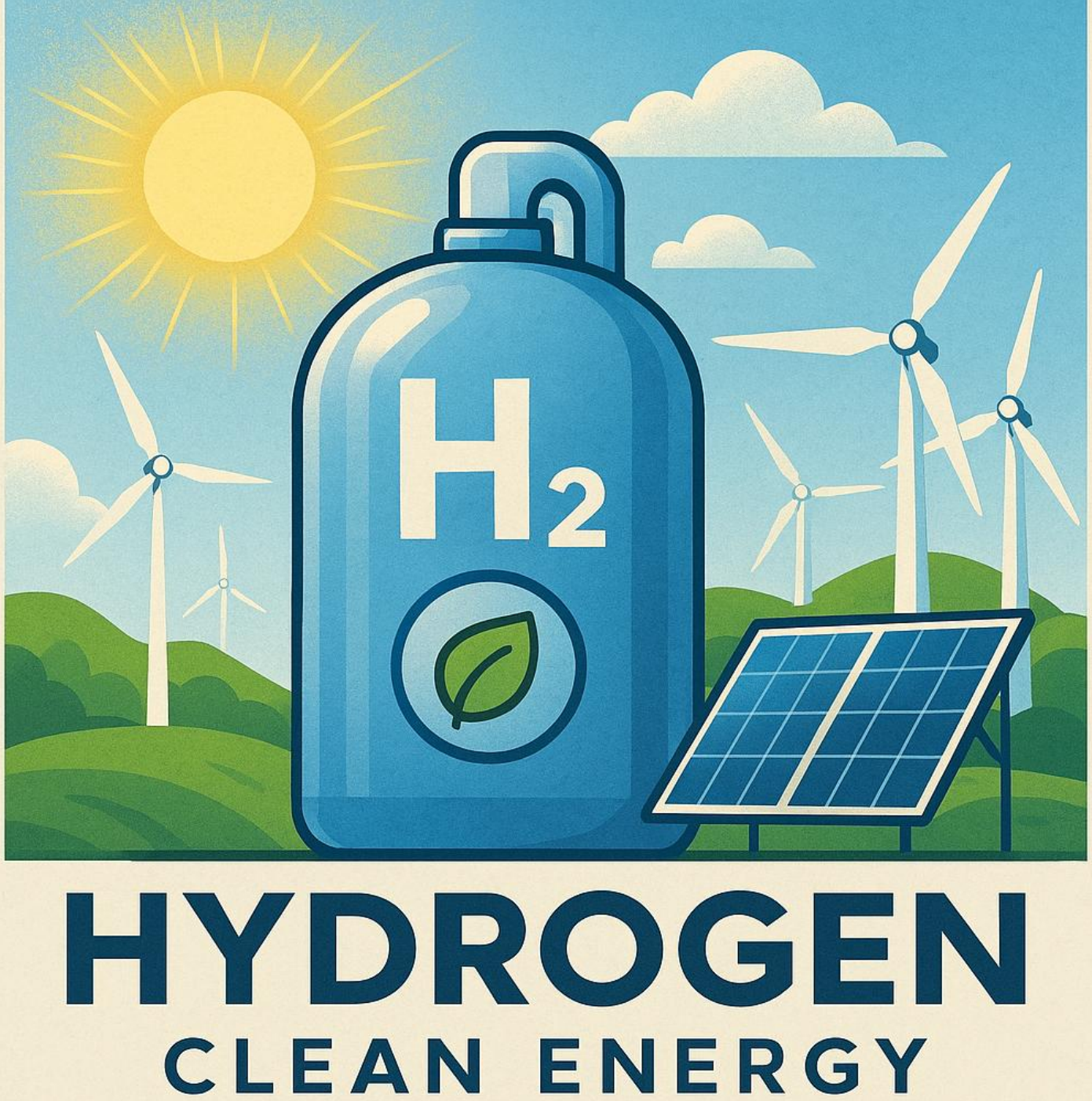
Waterstof hoe iets kleins de wereld in transitie brengt

Marco van den Berg

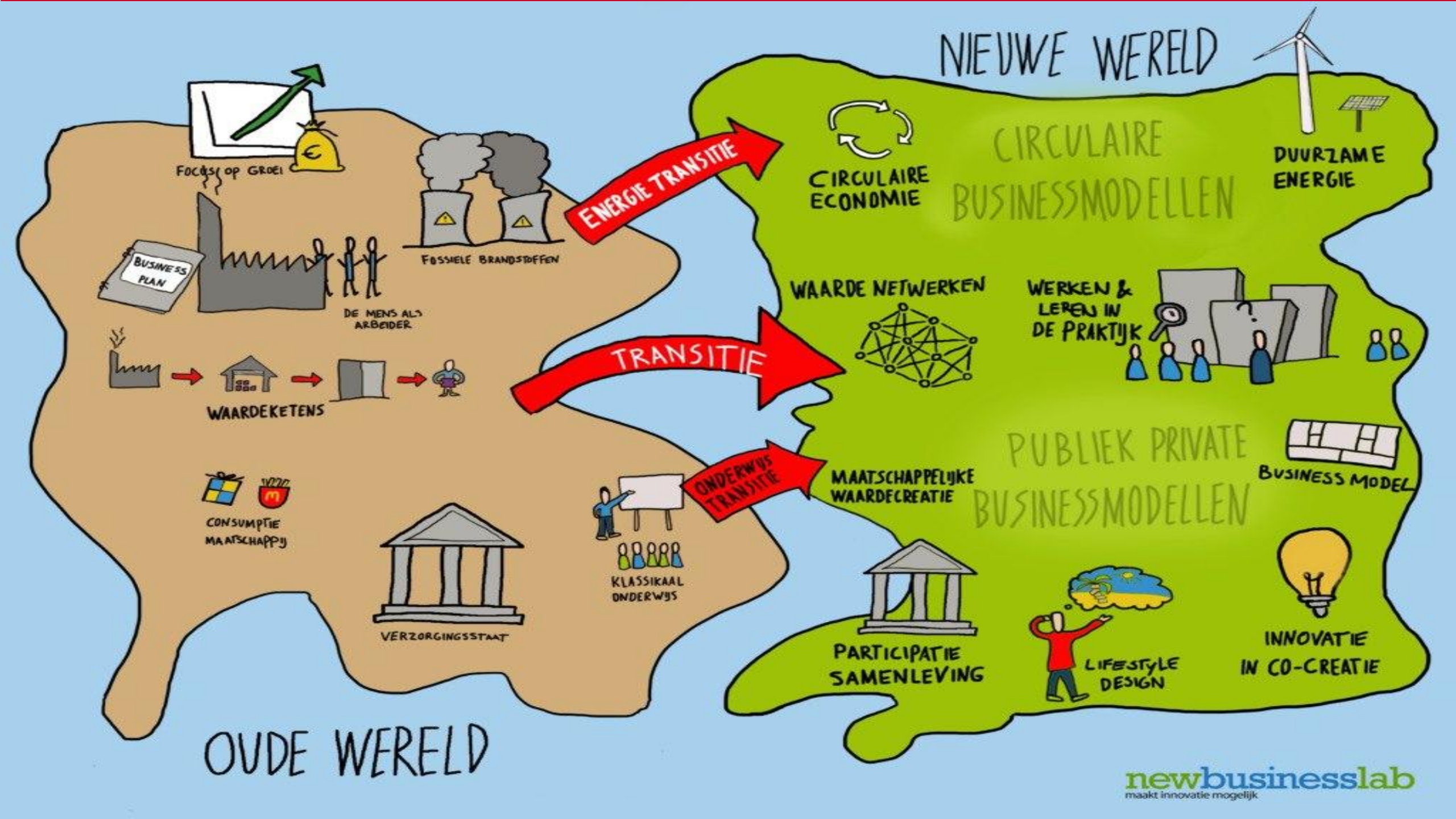
ATEX en benodigde kennis over waterstof



$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$$

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \leftarrow H_2O$$

Waterstof als uniek molecuul


NIEUWE WERELD
FOCUS OP GROEI
FOSSIELE BRANDSTOFFEN
BUSINESS PLAN
DE MENS ALS ARBEIDER
WAARDEKETENS
CONSUMPTIE MAATSCHAPPIJ
VERZORGINGSSTAAT
KLASSIKAAL ONDERWIJS
ENERGIE TRANSITIE
TRANSITIE
ONDERWIJS TRANSITIE
CIRCULAIRE ECONOMIE
CIRCULAIRE BUSINESSMODELLEN
DUURZAME ENERGIE
WAARDE NETWERKEN
WERKEN & LEREN IN DE PRAKTIJK
PUBLIEK PRIVATE BUSINESSMODELLEN
BUSINESS MODEL
MAATSCHAPPELIJKE WAARDECREATIE
PARTICIPATIE SAMENLEVING
LIFESTYLE DESIGN
INNOVATIE IN CO-CREATIE
OUDE WERELD
newbusinesslab
maakt innovatie mogelijk

Robuust energiesysteem in een veilige fysieke leefomgeving





Waterstofeconomie



Duurzaam
Betaalbaar

Leveringszekerheid

Gegarandeerd aanbod
Betrouwbare techniek
Fysiek veilig

Preparatie op fossiele incidenten blijft nodig



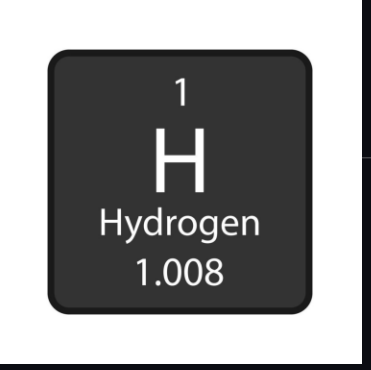
MARCO VAN DEN BERG

ADVISEUR GEVAARLIJKE STOFFEN

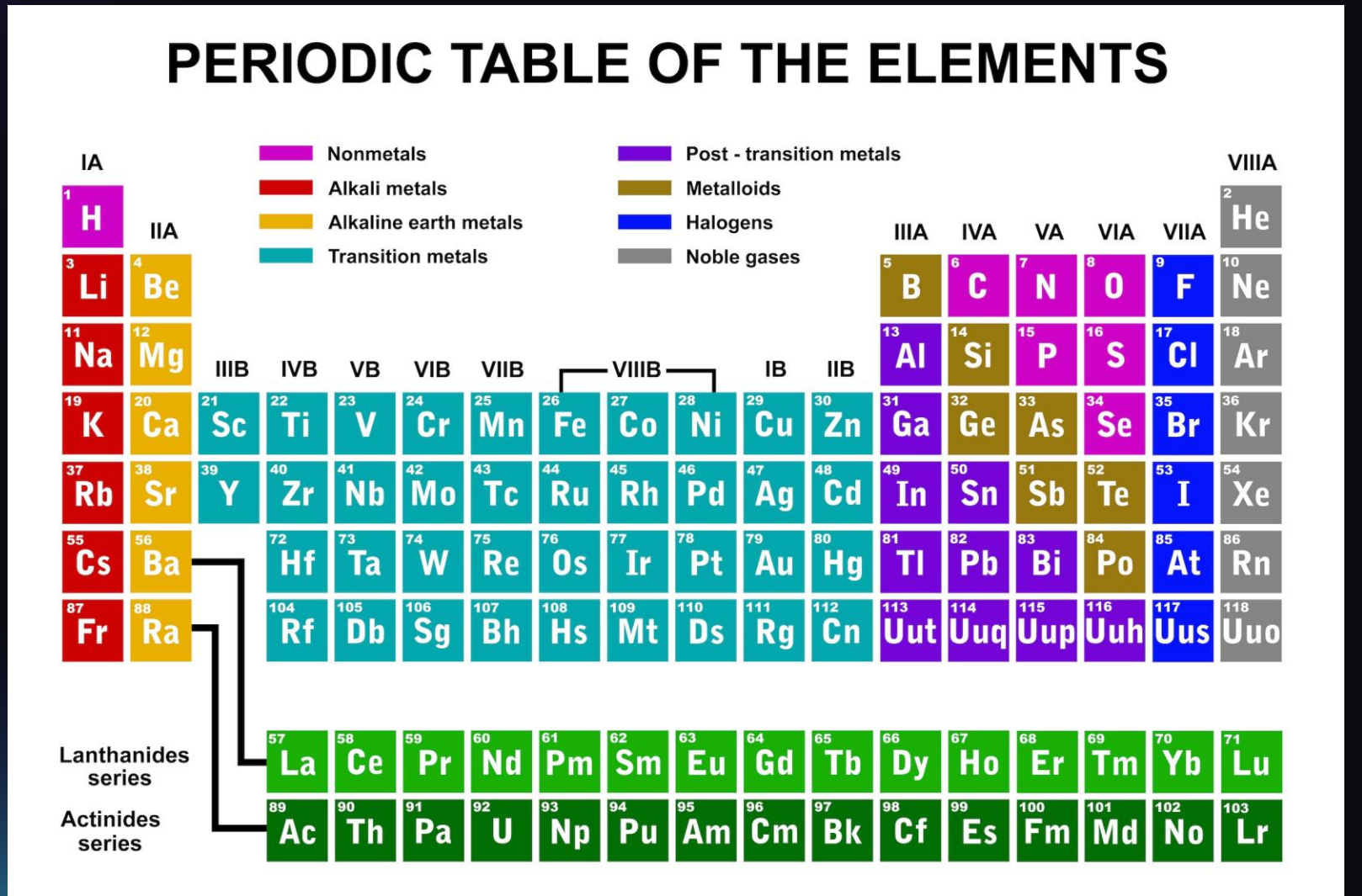
BEPERKEN GEVOLGSCHADE VOOR MENS, DIER EN MILIEU

LIOGS
Landelijk Informatiepunt
Ongevallen Gevaarlijke Stoffen

Waterstof op nummer 1



Waterstof is geen gemiddeld molecuul



BRANDWEER Rotterdam-Rijnmond

CONTACTGROEP GEZONDHEID & CHEMIE

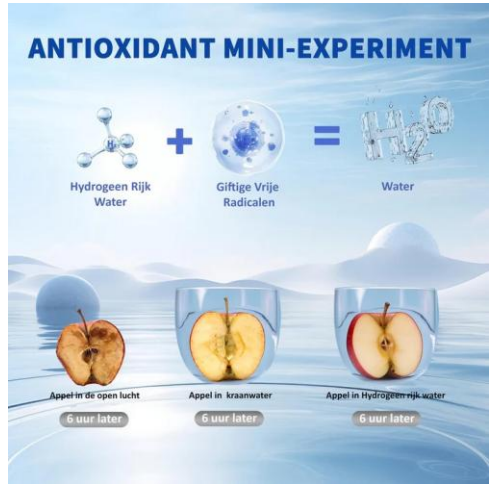
nvvk veiligheidskunde

Verbrossing

Veroudering

Hierbij nodig ik u van harte uit voor de bijeenkomst die de Contactgroep Gezondheid en Chemie (CGC) organiseert in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK):

Een veilige waterstof economie?



Waterstof toxisch???

Water kwaliteit

Stikstofoxiden emissies

WATERSTOF = 8 x GEZOND

Waterstof houd je juist jong en soepel!



Waterstof Generator – H2 Water – Water Generator – 450 ml - Hydro Water Generator – Gezo…

€ 44,95

bol.com

De waterstofdragers!



Waar halen we waterstof vandaan?

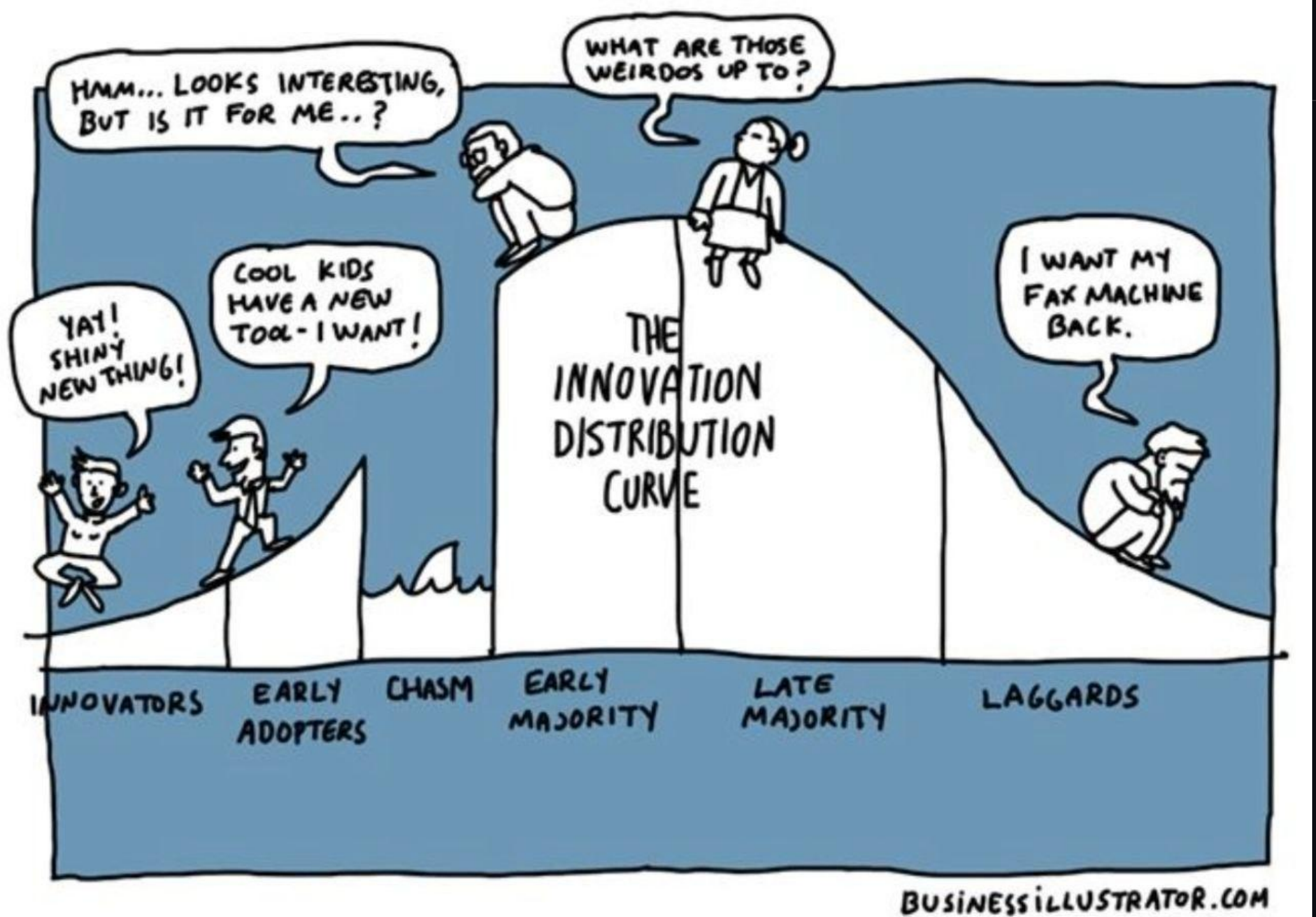


Productie binnen Nederland





Productie binnen Nederland in de achtertuin en opslag in…

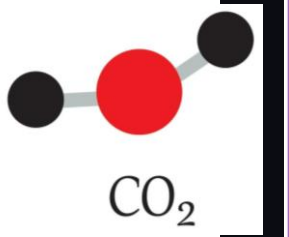


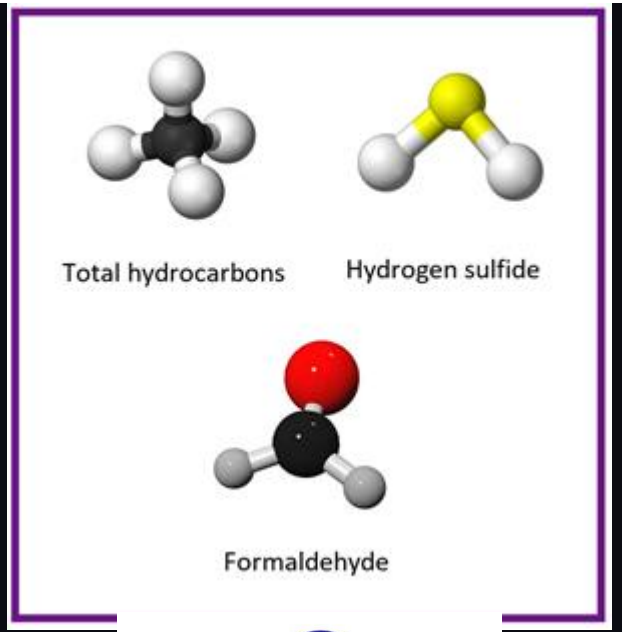
In welke fase zitten we nu?

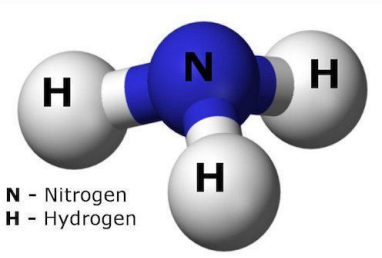
Vele waterstof productiestromen mogelijk

Colour	Fuel	Process	Products
Brown/Black	Coal	Steam reforming or gasification	$H_2 + CO_2$ (released)
White	N/A	Naturally occurring	H_2
Grey	Natural Gas	Steam reforming	$H_2 + CO_2$ (released)
Blue	Natural Gas	Steam reforming	$H_2 + CO_2$ (% captured and stored)
Turquoise	Natural Gas	Pyrolysis	$H_2 + C$ (solid)
Red	Nuclear Power	Catalytic splitting	$H_2 + O_2$
Purple/Pink	Nuclear Power	Electrolysis	$H_2 + O_2$
Yellow	Solar Power	Electrolysis	$H_2 + O_2$
Green	Renewable Electricity	Electrolysis	$H_2 + O_2$

Gasunie, die de komende jaren €1,5 miljard investeert in de aanleg van het waterstofnetwerk, stelt dat vooral gekeken naar een initiële zuiverheidsgraad van 98%. 'Mocht Nederland hiervan afwijken, dan heeft dat ook weer kosten tot gevolg.'







Shell bouwt grote waterstoffabriek van 100 megawatt in Keulen

IN 2027 OPERATIONEEL

Shell gaat een grote waterstoffabriek in Duitsland bouwen. Het concern heeft daarover een definitief investeringsbesluit genomen. De elektrolyser van 100 megawatt op de productielocatie in Keulen is naar verwachting in 2027 klaar voor gebruik.

REDACTIE NT / ANP 26 juli 2024 11:45



© Op de Rotterdamse Maasvlakte bouwt Shell aan 'Hydrogen 1', vooralsnog Europa's grootste waterfabriek met een vermogen van 200 megawatt. Foto: Aerovista Luchtfotografie, Shutterstock


LIMACH
innovatief
100% ELEKTRISCH
Koninklijke oosterhof holman
E88.1
HERASI


R4469
Bredenoord
H_2
HYDROGEN POWER
MOBILE ENERGY
Bredenoord
H_2


HyER
H2IPO
Powered by Toyota
HP
INPUT
KWS

Waterstof op de bouwplaats




WATERMELN
ATEX zone
Wij vervoeren
waterstof
H_2
voor zero-emissie
mobiliteit
van Kessel
www.vankesselenergie.nl


H2


Ik rij op waterstof
Ik rij op waterstof


Ik rij op waterstof
Jos Scholman.nl

Eerste ADR-gecertificeerde waterstoftruck in Europa ingezet voor chemisch transport

donderdag 5 maart 2026 om 10:10 uur




XF

WVIP
Waterstof Veiligheid Innovatie Programma

WATERSTOF & VEILIGHEID

Waterstof wordt in de toekomst een belangrijke duurzame energiedrager, ter vervanging van bijvoorbeeld aardgas, diesel of benzine. Een andere energiedrager betekent andere voorschriften rond veiligheid. Daarom ontwikkelt en deelt het Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP) informatie over risico's en hoe die zo klein mogelijk gemaakt kunnen worden.



Het WVIP is een consortium bestaande uit industriële partijen, kennisinstanties, lokale overheden, Veiligheidsregio's, Omgevingsdiensten, en de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Infrastructuur en Waterstaat en Justitie & Veiligheid. Door het samenbrengen van deze brede groep experts is het mogelijk vraagstukken over de gehele waterstofketen te behandelen.



PRODUCTIE & OPSLAG



TRANSPORT



TANKSTATIONS



WET & REGELGEVING EN BELEID



HULP-DIENSTEN






CALVERA
CALVERA
Hydrogen


VOLL
UN 1049


H2


EN 9245
WATERMELN
H2
WATERSTOF
GIVES YOU ENERGY
WATU2300037

ATEX zonering

Hoe organiseren?

RISK ASSESSMENT

(WITH ILLUSTRATIONS)



A person enters into the cage and is feeding the lion

Possibility: 5

Severity: 5

Possibility X Severity = 25

EXTREME RISK



A person wearing protective devices enters into the cage and is feeding the lion

Possibility: 4

Severity: 5

Possibility X Severity = 20

MODERATE RISK



A person is feeding the lion through a specially desinged feed opening

Possibility: 3

Severity: **5**

Possibility X Severity = **15**

TOLERABLE RISK



A person is feeding the lion in a specially desinged feeding cage

Possibility: **1**

Severity: **1**

Possibility X Severity = **1**

MINIMUM RISK

BRANDWEER
Rotterdam-Rijnmond



Repressief optreden

Doelstellingen veiligheidsbeleid







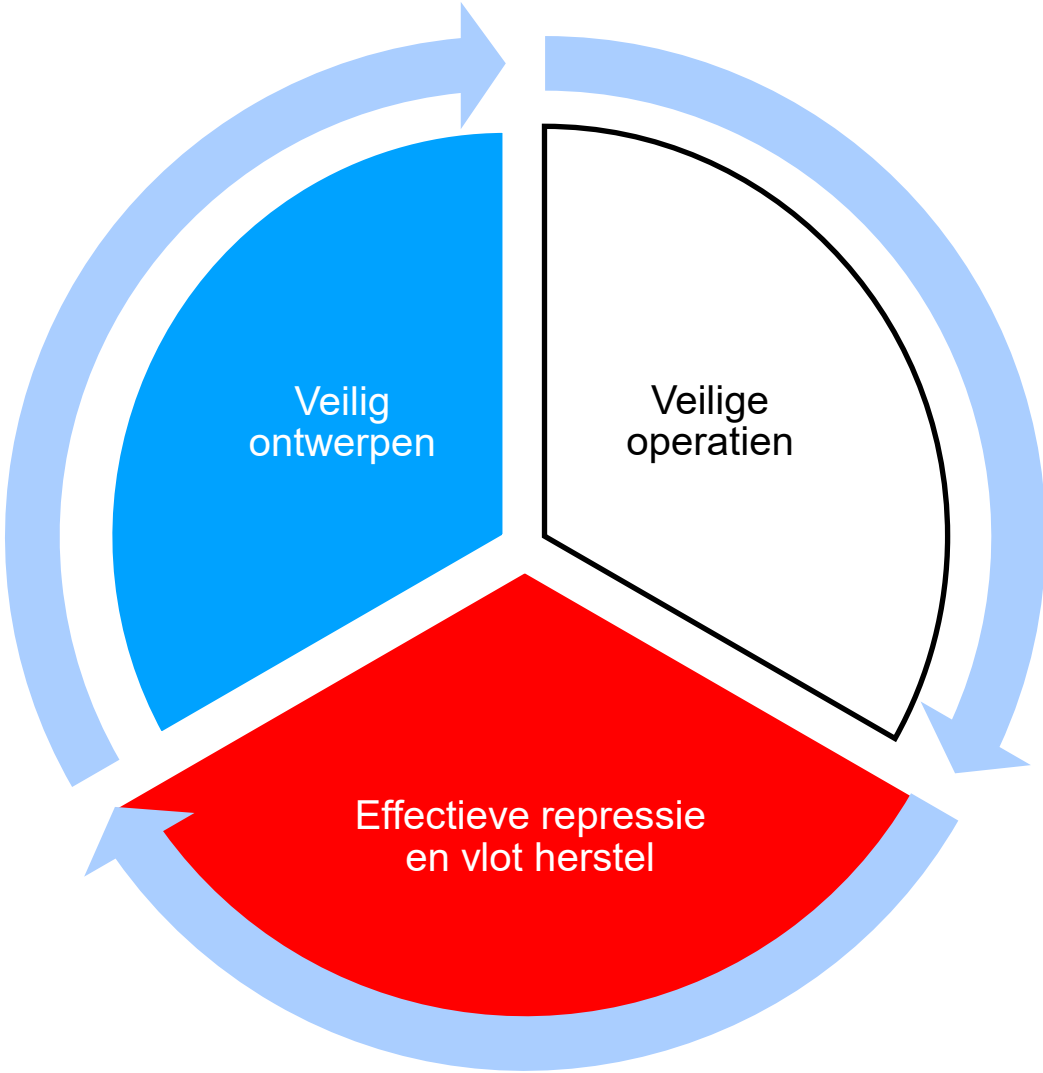




BRANDWEER Rotterdam-Rijnmond

DE IDEALE WERELD





Een veiligheidsplan is situationeel

DE PRAKTIJK



Ministerie van Klimaat en
Groene Groei

Knowledge Day Hydrogen Safety and Explosion Dynamics

Het genuanceerde verhaal

11 April 2025

Kees Theune, Risicobeleid
dir. Strategie Energiesysteem

Intern gebruik

Het genuanceerde verhaal

Elk materiaal kent toepassingen met beperkingen.

Waterstof wordt al decennia veilig gebruikt.

Zolang het maar is:

- **Fit for Purpose (FFP)**
- **Fit for Service (FFS)**

› En voldoet aan de wetgeving, normen, richtlijnen.

Intern gebruik

Fit for Purpose (FFP)

Materialen en techniek

Hydrogen Materials Technical Database – Sandia National Laboratories

EIGA
https://www.eiga.eu/elearning-courses/hydrogen-elearning/

NEN 3650 transportleidingen
https://www.nen.nl/nen-3650-1-2020-nl-266927

Richtsnoeren waterstof
https://www.rvo.nl/onderwerpen/waterstof/richtsnoeren-waterstof

Tebodin 2019
https://www.gasunie.nl/expertise/waterstof/waterstof-door-gasleiding-veilig-en-duurzaam/relevante-rapporten

Mitigerende maatregelen
https://www.rivm.nl/publicaties/signalen-waterstoftransitie

ATEX 114, PED, NFPA, API, CEN, …

Intern gebruik

Fit for Service (FFS)

Onder andere zijn passende risicoanalyses van groot belang:

HAZOP, HAZID/HIRA, SIL assessments, SIL, QRA, RI&E, QA/QC, Certificatie (PED, ATEX 153), …
Publications - EIGA : European Industrial Gases Association

Project Safety Reviews (PSR), MoC (Management of Change)
https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/81474/1664358046-pgs_35_v0-2_april_2020.pdf

QA/QC, PED / Keuring (KVI) / Certificatie
WBDA - Keuring voor Ingebruikneming – PED

Inline Inspecties
https://pipelineoperators.org/

Instrumenten:
Toolbox Waterstof - Gevaren - Nederlands Instituut Publieke Veiligheid

En vele anderen

Intern gebruik

Tot slot

Informeer uzelf. Kijk ook eens naar bijvoorbeeld:

Waterstof | Netbeheer Nederland
https://reports.hydelta.nl/technology-safety

Kennisdocumenten waterstof:
https://nlhydrogen.nl/ons-werk-rond-veiligheid-wvip/

Repurposing onshore pipelines for hydrogen: Guiding operators through the re-evaluation process

DVGW e.V.: G 202006 H2-Tauglichkeit von Stählen

COMPLIANCE HYDROGEN & DERIVATIVES | Benelux

Vragen? Waterstof | RVO.nl

Intern gebruik

TAKTIK WASSERSTOFF: VERGLEICH DER EINSATZSZENARIEN

ZUSTAND BESTIMMT TAKTIK!

SZENARIO A: HOCHDRUCK-GAS-BRAND (CGH2)

PHYSIKALISCHER ZUSTAND

GASFÖRMIG (KOMPRIMIERT)

350 - 1000 bar

UMGEBUNGSTEMPERATUR



AUSBREITUNG



STEIGT SCHNELL SENKRECHT AUF



GEFAHRENSCHWERPUNKTE

UNSICHTBARE FLAMME (WBK!)

SCHNEIDBRENNER-EFFEKT

EXTREMER LÄRM



EINSATZTAKTIK

FLAMME BRENNEN LASSEN!

UMGEBUNG KÜHLEN (RIEGELSTELLUNG)

SCHIEBER SCHLIESSEN (UNTER SCHUTZ-SPRÜHSTRAHL)

UNBANNED MOBILE WASSER-MONITO



TAKTISCHES VERBOT



FLAMME NICHT LÖSCHEN! (EXPLOSIONSGEFAHR)

Petter/2025

SZENARIO B: KRYOGEN- & BODENWOLKEN-FREISETZUNG (LH2)



PHYSIKALISCHER ZUSTAND

FLÜSSIG (TIEFEKT)

-253 °C

FAST DRUCKLOS

AUSBREITUNG



KRIECHT AM BODEN (SCHWERER ALS LUFT)



GEFAHRENSCHWERPUNKTE

TIEFKALTE ERFRIERUNGEN

RPT (DRUCKWELLEN)

SAUERSTOFF-KONDENSATION



EINSATZTAKTIK

WEITRÄUMIG ABSPERREN (WIND BEACHTEN!)

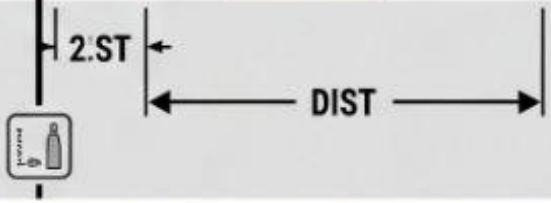
ZÜNDQUELLEN ELIMINIEREN

WASSERNEBEL-TECHNIK: GASWOLKE VERDÜNNEN (NICHT IN DIE LACHE SPREGEN!)

TAKTISCHES VERBOT



KEIN WASSER IN DIE LACHE! (DAMPF-EXPLOSIONSGEFAHR)



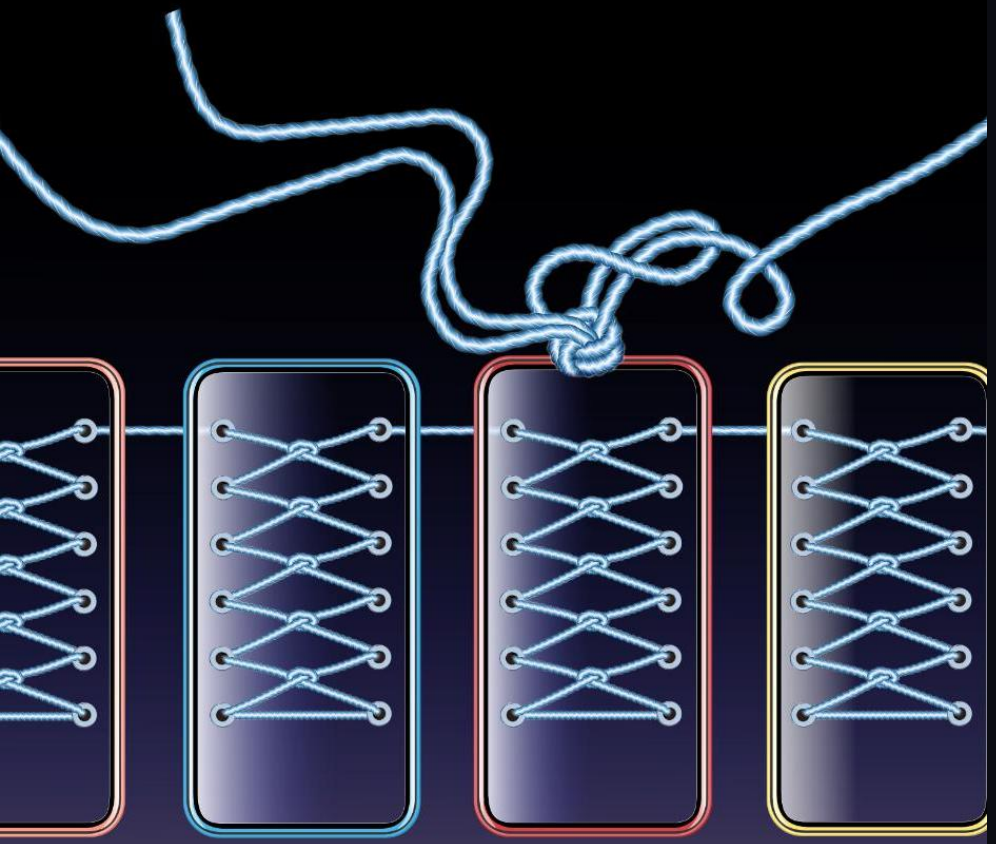
De grenzen verkennen





We moeten de natuurkundige wetten respecteren!!

Samen leren beheersen !!



Natuurkunde als fundament van waterstofveiligheid

Fysische eigenschappen van waterstof

Waterstof heeft een lage dichtheid en snelle vlamverspreiding, wat invloed heeft op ventilatie en detectiesystemen.

Veiligheidsuitdagingen en detectie

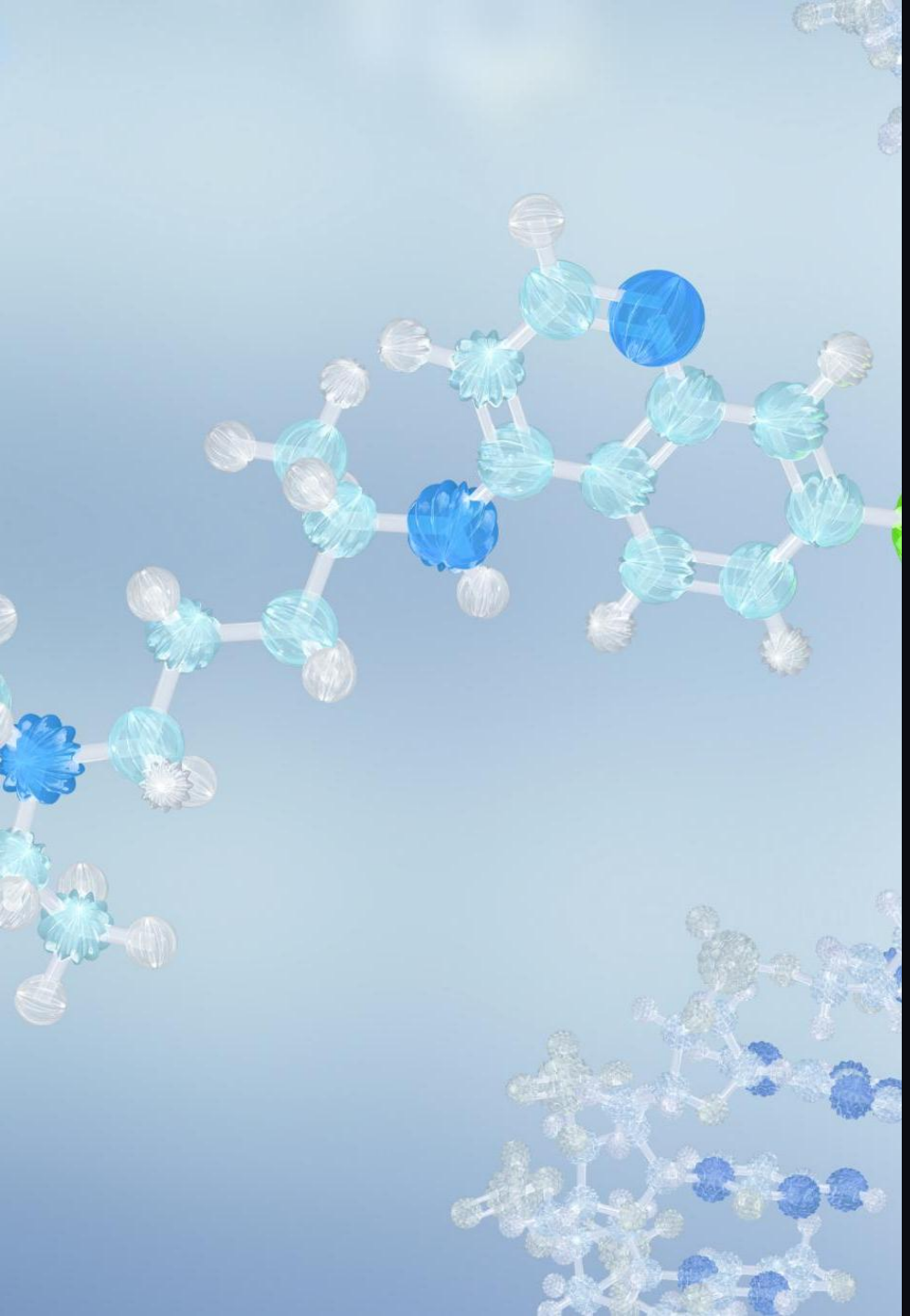
Snelle lekkages en lage ontstekingsenergie vereisen kortere detectietijden en aangepaste veiligheidscriteria.

Materiaaluitdagingen

Waterstofembrittlement kan metalen verzwakken en falen veroorzaken, wat engineeringpraktijken beïnvloedt.

Noodzaak van natuurkundig inzicht

Natuurkundige principes moeten leidend zijn voor regelgeving en modellering, niet gemiddelde aannames.



Waarom traditionele vuistregels niet werken voor waterstof

Onjuiste aannames in modellen

Traditionele vuistregels baseren zich op zwaardere brandbare gassen, wat niet geldt voor waterstof met zijn lage molecuulgewicht.

Snelle diffusie en menging

Waterstof mengt zich zeer snel met lucht door hoge diffusiesnelheid, wat onverwachte ontstekingsrisico's veroorzaakt.

Microlekkages en veiligheidsrisico's

Door de kleine moleculaire grootte kan waterstof ontsnappen via microlekkages, wat traditionele veiligheidsmaatregelen ondermijnt.

Noodzaak aanpassing modellen

Modellen moeten waterstof's fundamentele eigenschappen respecteren om risico's adequaat te beoordelen en regelgeving te verbeteren.

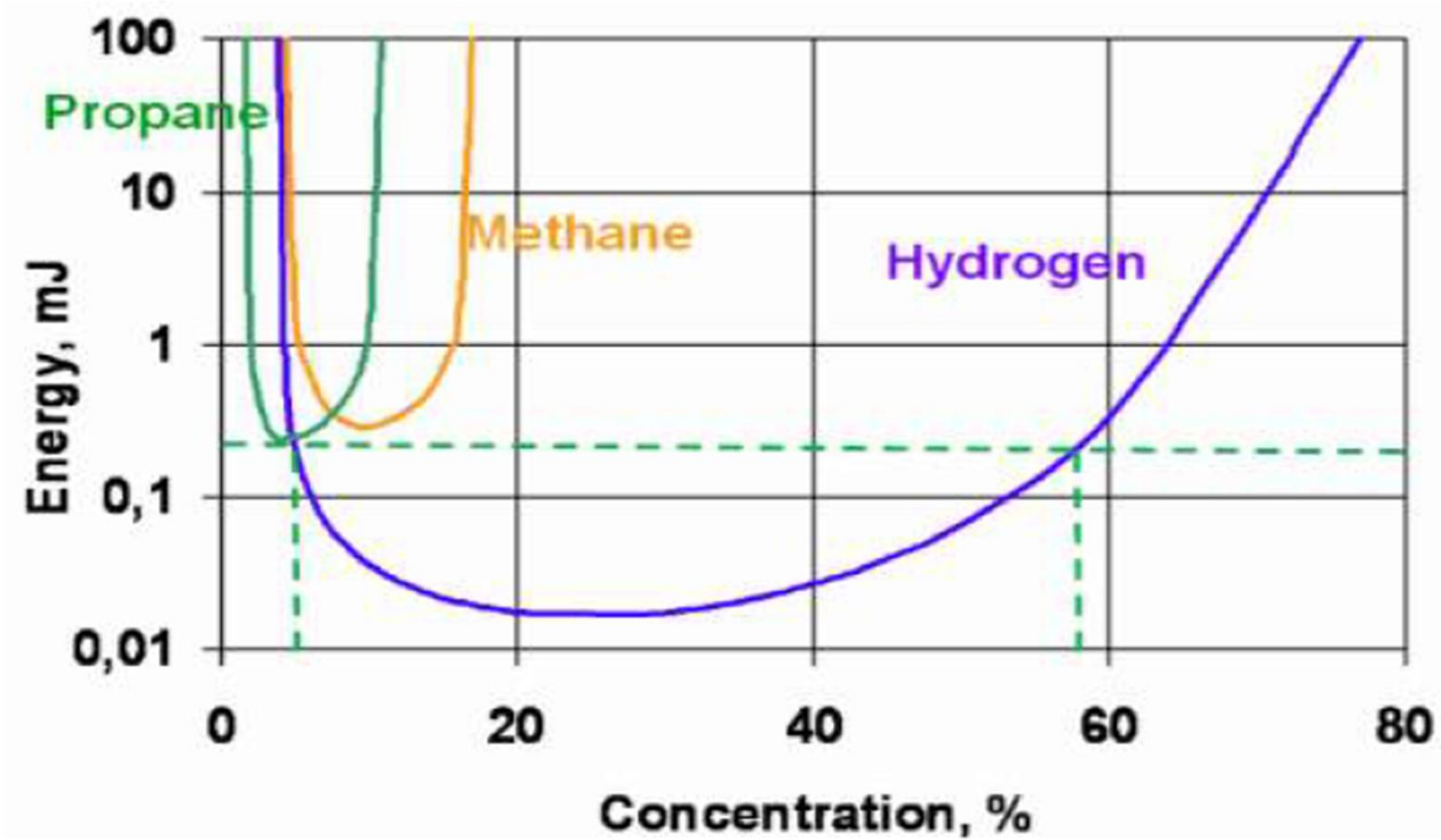


Figure 1: The ignition energy is depending on the amount of gas in air.



Synthese: waarom waterstof aparte aandacht binnen de regelgeving vereist

Unieke eigenschappen van waterstof

Waterstof heeft hoge diffusiesnelheid en lage ontstekingsenergie, wat standaardanalyses ontoereikend maakt.

Diversiteit opgestelde strenge regelgeving en normen

Internationale kaders zoals ATEX, PGS en ISO eisen aanvullende veiligheid en strengere materiaalkeuzes voor waterstof.

Natuurkundig verantwoorde aanpak

Modellen moeten empirisch worden geverifieerd om de unieke eigenschappen van waterstof juist te reflecteren.

Toekomstige waterstofeconomie

Veiligheid en efficiëntie vereisen regelgeving die aansluit bij natuurkundige inzichten en wetenschappelijke onderbouwing.