



Grüner Wasserstoff

Gamechanger bei der Energiewende

Chance für den Mittelstand

Von Dr. Thomas Isenburg, Wissenschaftsjournalist mit Wurzeln in Kierspe

Die Basics

- Erneuerbaren Energien erleben schon seit etwa 3 Jahrzehnten bei einer Transition zu einer wirtschaftlichen und emissionsfreien Lebensweise einen Aufschwung.
 - Der Anteil steigt besonders in Ländern mit demokratischen Strukturen – das Protokoll von Kyoto...mehr noch das international unterzeichnete Klimaschutz abkommen von Paris erzwingen den Wandel
 - Erneuerbare Quellen wandeln die erneuerbaren Ressourcen nur fluktuierend in elektrische Energie
- Deswegen werden riesige **Energiespeicher** benötigt, die dann an Orten mit hohem Bedarf eingesetzt werden können.

Der Game Changer kann grüner Wasserstoff werden

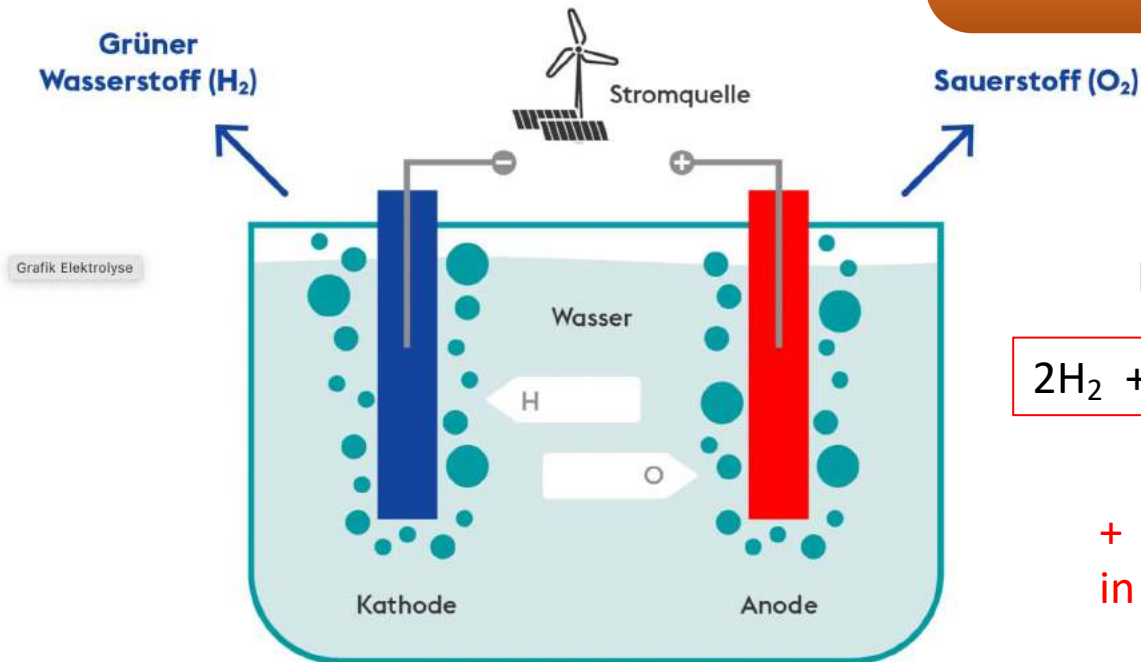
Grüner Wasserstoff ist ein sehr vielversprechender Energieträger, der im Prinzip überall aus Wasser und grünem Strom hergestellt werden kann – dann kann er die Energie wieder abgeben und wieder zu Wasser werden.

Alternativ ist ein Zugang über Erdgas möglich, dann muss das dabei frei werdende Kohlendioxid gespeichert werden

Wasserstoff gibt es in rauen Mengen

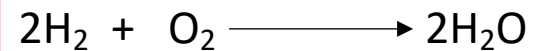
- Wasserstoff ist das kleinste und am weitesten verbreitete Atom im Universum!
- Auf der Erde vor allem in den Meeren enthalten
- Es ist leicht durch die Elektrolyse von Wasser zugänglich
- **Allerdings stellt es erhebliche Anforderungen an die Infrastruktur**

Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff



Auch der Sauerstoff
kann verwendet
werden

Knallgasreaktion



+ **Energie**
in Brennstoffzellen...

Es ist ein
kreislauffähiger
Energieträger, der
sich nach dem
Gebrauch wieder
zu Wasser
verbindet....

International wird Wasserstoff als
Hoffnungsträger der Energiezukunft
wahrgenommen, insbesondere in
Japan und Europa....

Der grüne Wasserstoff kann per Schiff oder eine Pipeline
transportiert werden.



Chemie und Physik bieten keine einfachen Lösungen

Wasserstoff – Nicht einfach und flexibel.....

Chemisches Element mit dem Symbol H

Aggeratzzustand: gasförmig (H₂)

jetzt kommt es:

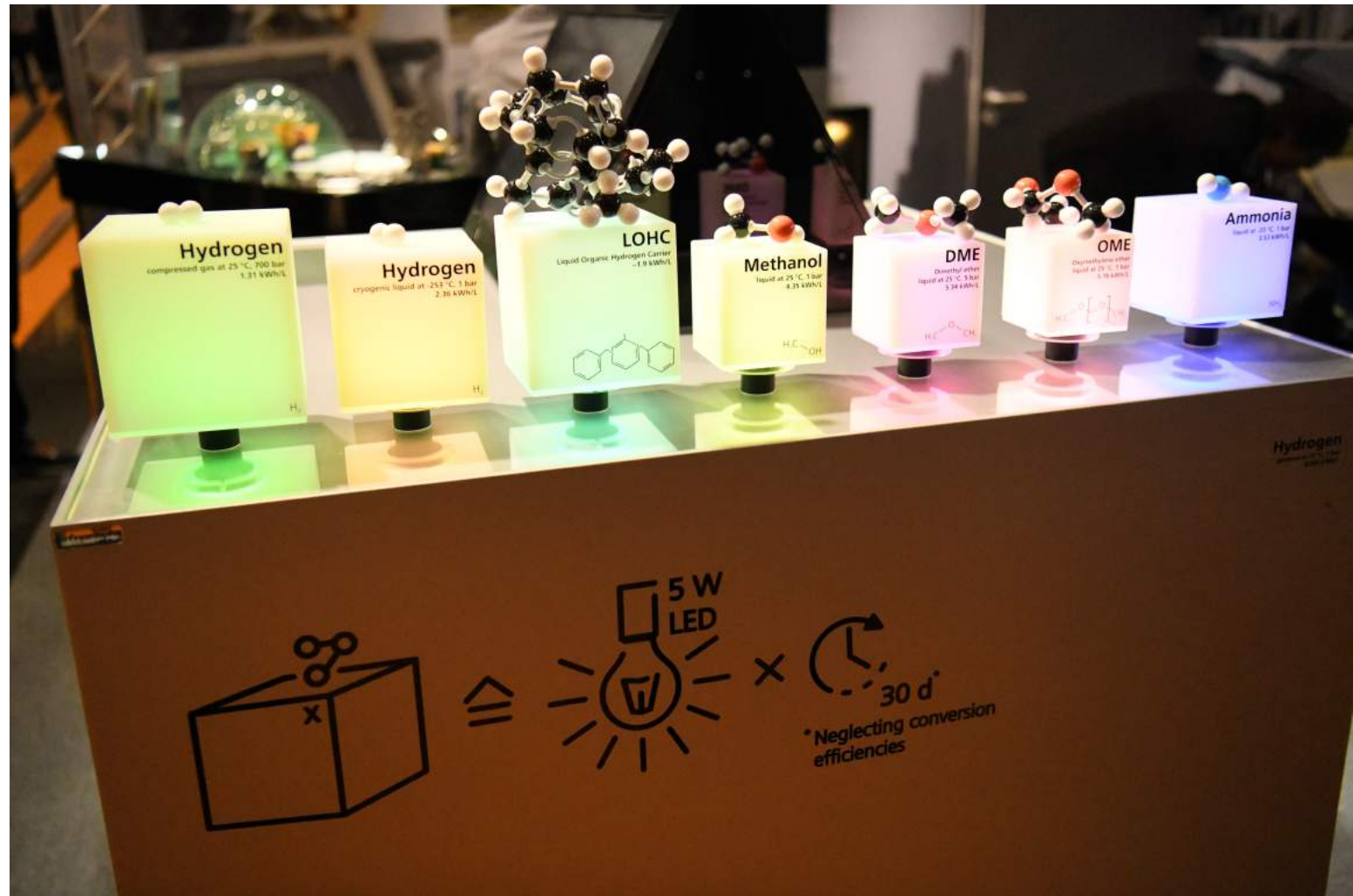
Dichte: 0,0899 kg m³ bei 0 °C
Wasser hat eine Dichte von 1

Siedepunkt: -252 °C

Verdampfungsenthalpie 0,90 kJmol⁻¹

Um hohe Energiedichten zu erreichen muss Wasserstoff unter hohen Drücken gespeichert werden oder bei sehr tiefen Temperaturen transportiert werden.

Kosten!!!!



Die Alternative für den Flugverkehr sind E-Fuels oder in Ammoniak

Ammoniak siedet bei -33 °C und ist auf Stickstoff (Luft) und Wasserstoff zugänglich

Drucktanks und Brennstoffzellen



Wasserstofftanks

Produkte...
Die Drucktanks aus Stahl
oder Kunststoff müssen
Drücke zwischen 200 –
700 bar aushalten

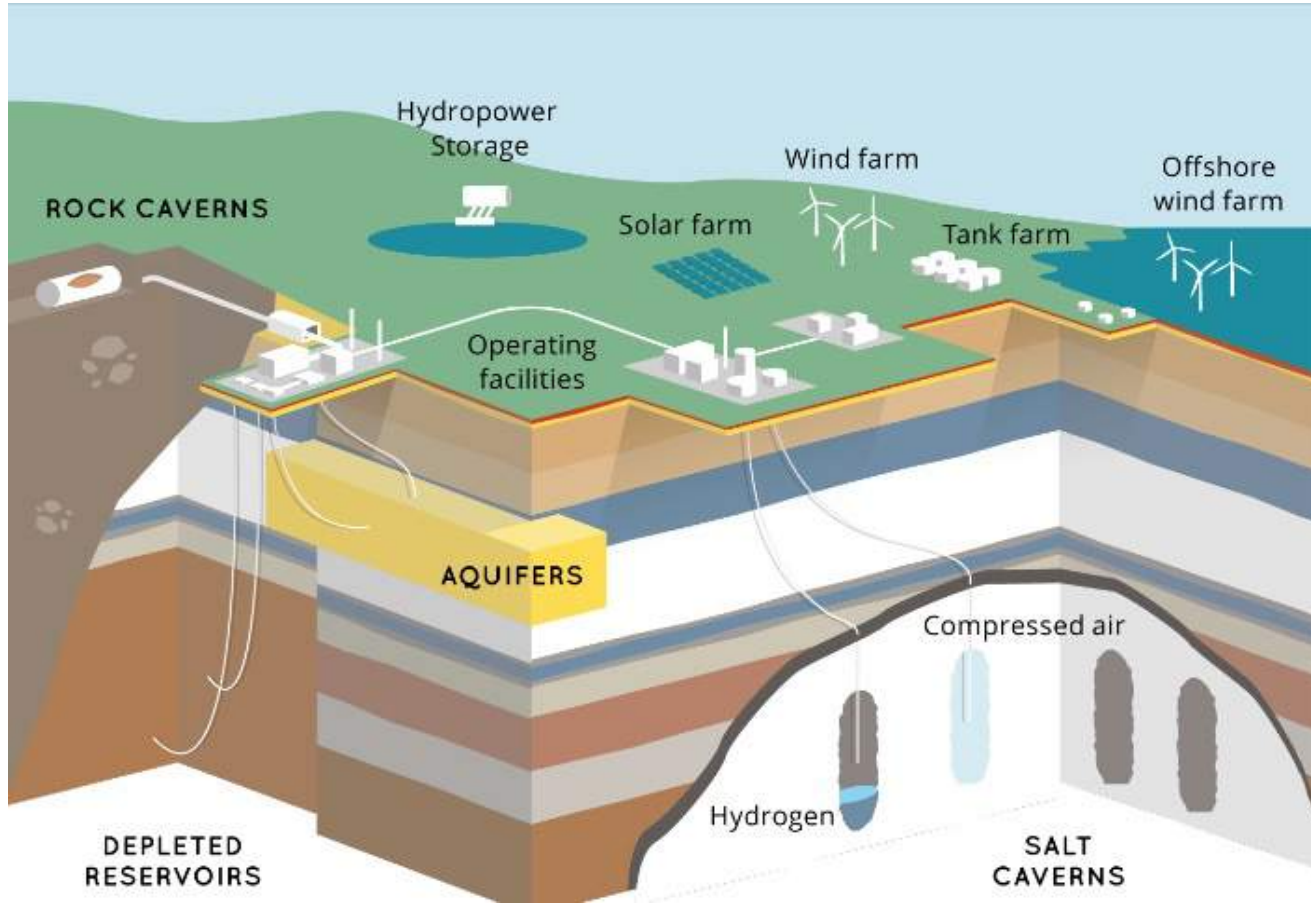


Brennstoffzelle

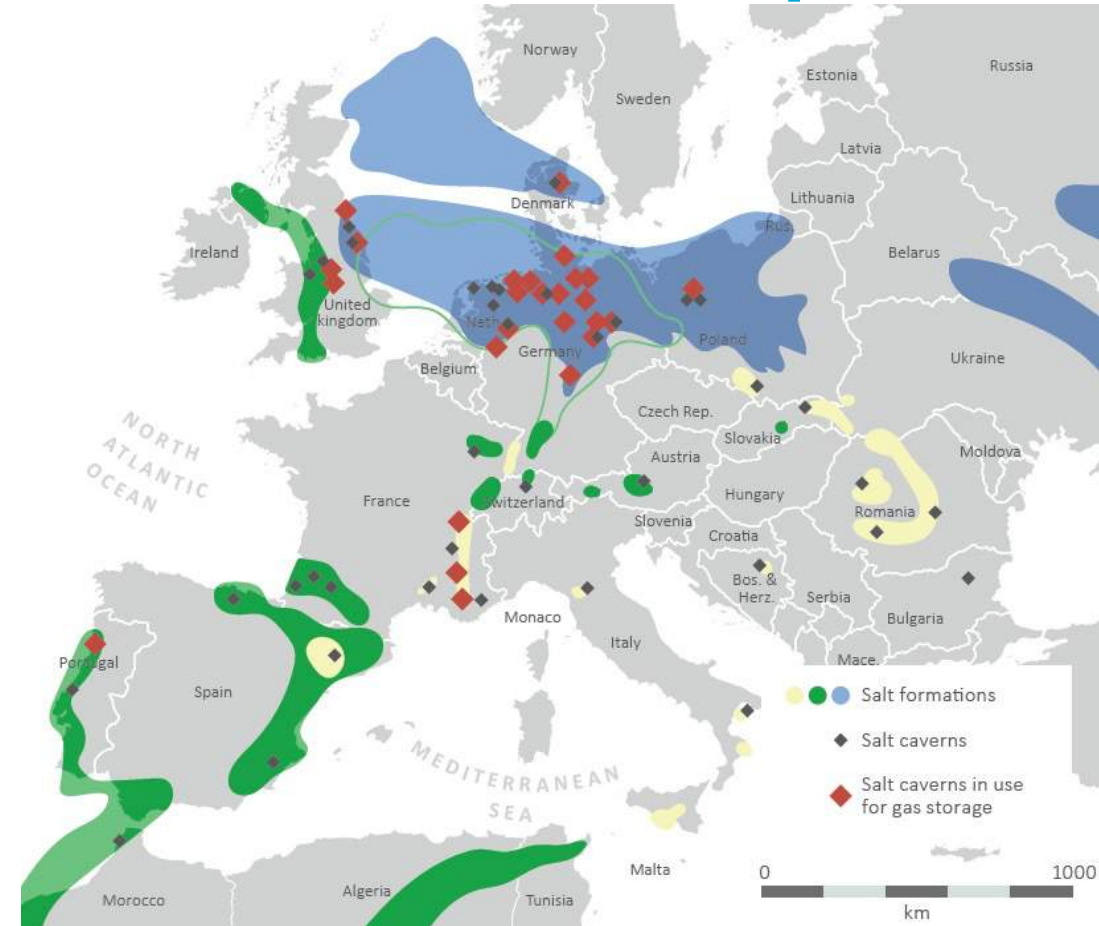
Der Wasserstoff kann in Brennstoffzellen in
elektrischen Strom und Wasser - Kein Kohlendioxid im
Prozess – umgewandelt werden.... Mit dem Strom wird
ein Elektromotor angetrieben....

Interessant für den Schwerlastverkehr, Busse und
Züge. Das Gewicht Von Batterien ist einfach zu groß....

Hydrogen storage in salt caverns



Salt formations and caverns in Europa



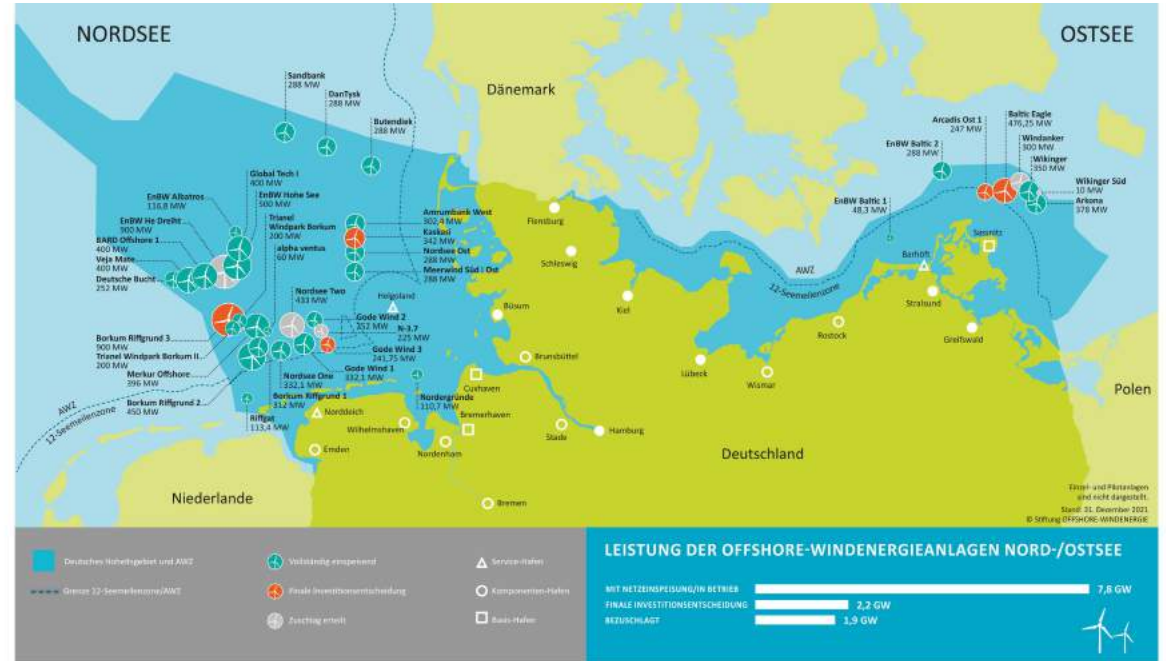
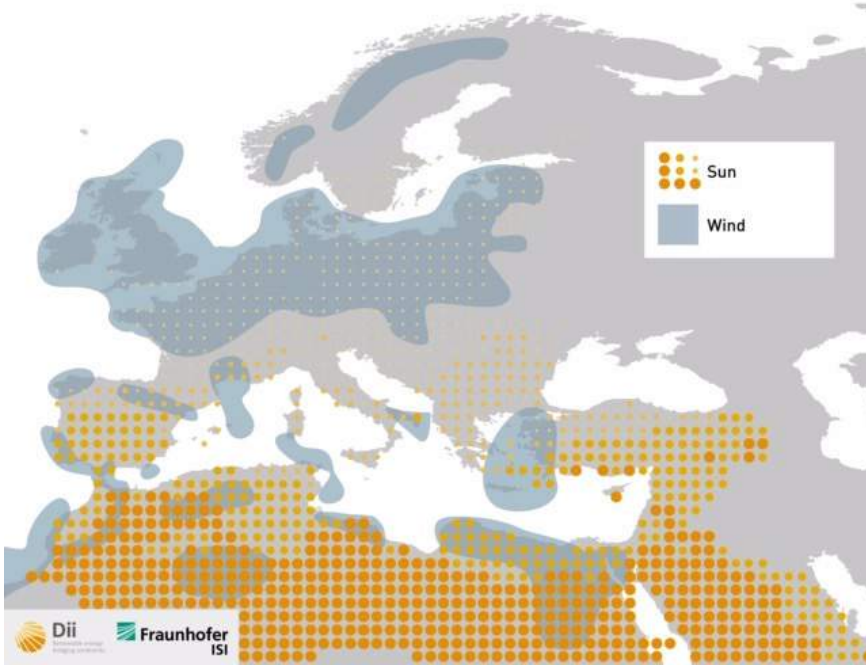
1 salt cavern can contain up to 6,000 ton (= 236.4 GWh HHV) hydrogen,
 Salt Cavern CAPEX = 0.5 Euro per kWh, Total Salt cavern CAPEX is 100 million Euro

For comparison, with battery CAPEX 100 Euro per kWh, Total battery CAPEX would be 23.6 billion Euro

Günstige Quellen sind gefragt...

Damit es wettbewerbsfähig muss der Strompreis kleiner als 1 Eurocent pro kWh sein.

ABUNDANCE OF SOLAR AND WIND RESOURCES



Der Schiffstransport für weit entfernte Märkte – von den Offshore Windparks zu den Verbrauchern via Pipelines.....

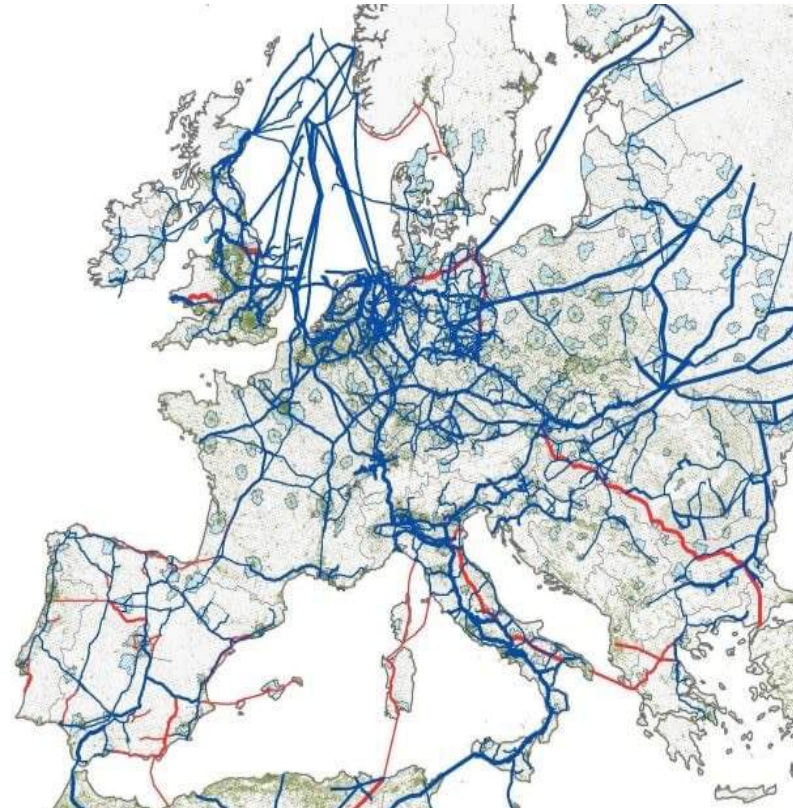
Herausforderung: Von den günstigen Quellen zu den Verbrauchern

Gasleitungen aus dem Magreb können umgewandelt werden...
 Zum Beispiel die Gasleitungen aus Algerien!

Gas Infrastructure in Europe can be reused for hydrogen

Gas Pipeline Capacity 10-20 GW, Electricity cable capacity 1-2 GW

Gas transport cost roughly a factor 10 cheaper than electricity transport



Gas Pipelines Europe

Transporting gas from gas fields at North Sea, Norway, Russia, Algeria, Libya to Europe



Gas from North-Sea

2017 production
190 bcm = 1.900 TWh



Gas from North-Africa

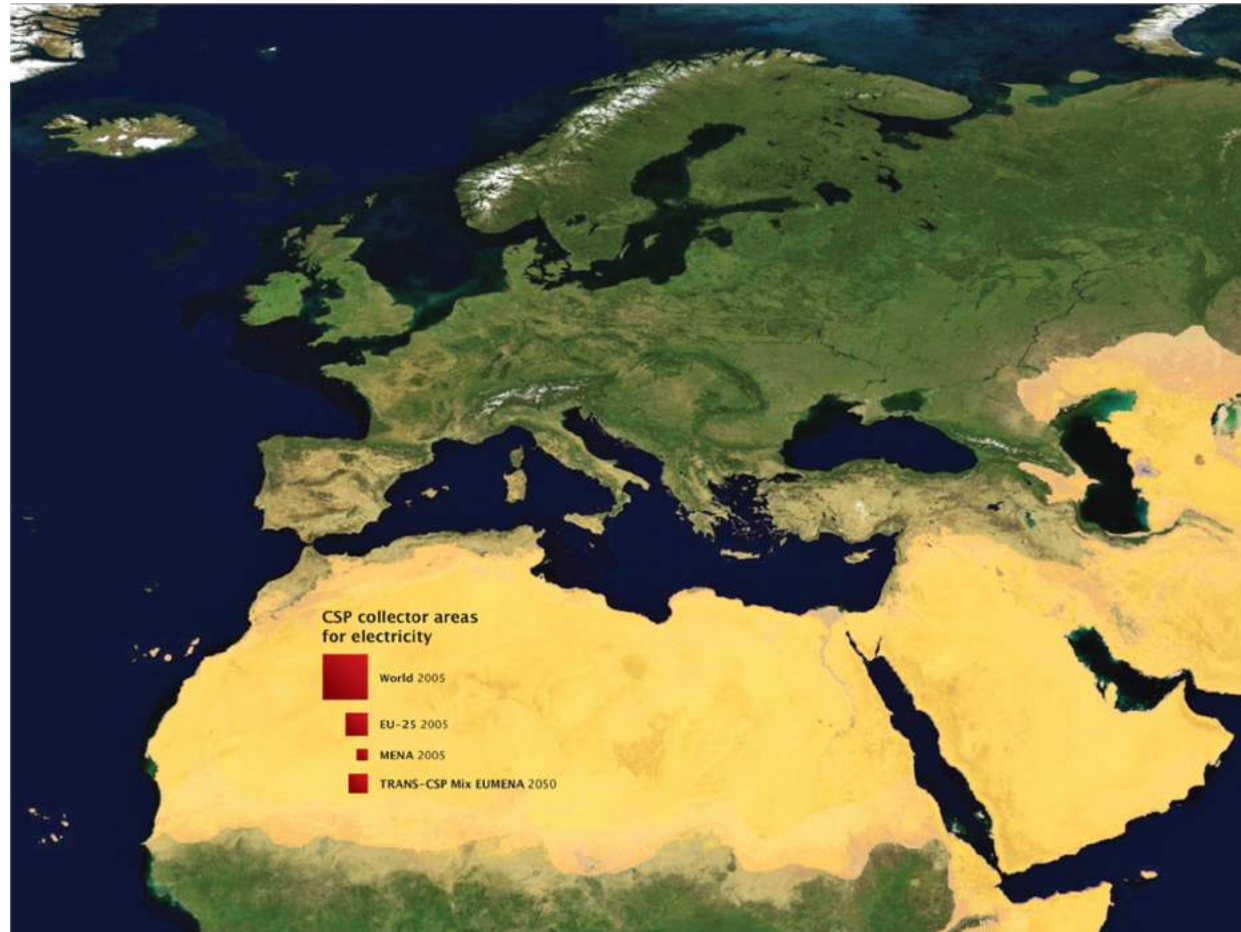
60 GW Natural Gas Pipeline
2x0.7 GW Electricity Cable



European Hydrogen Backbone

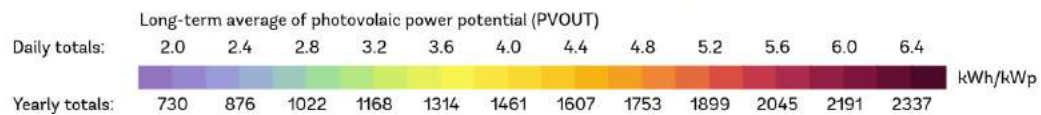
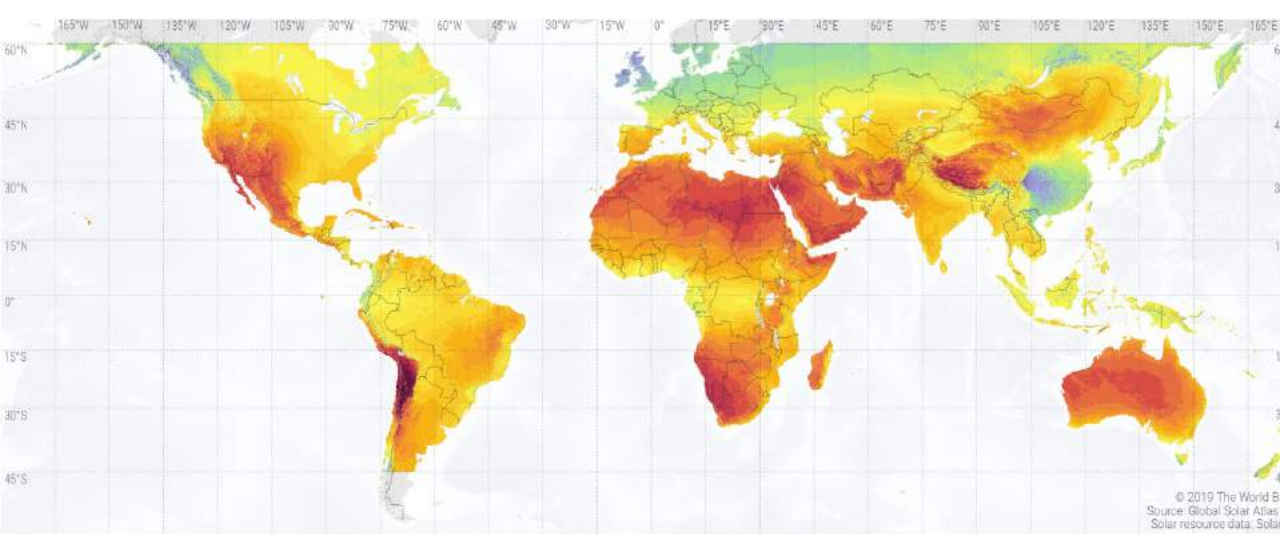
75% re-used gas pipelines
25% new hydrogen pipelines
40.000 km pipelines

Do You Still Remember? Germany's 'Apollo Project' Desertec in 2009

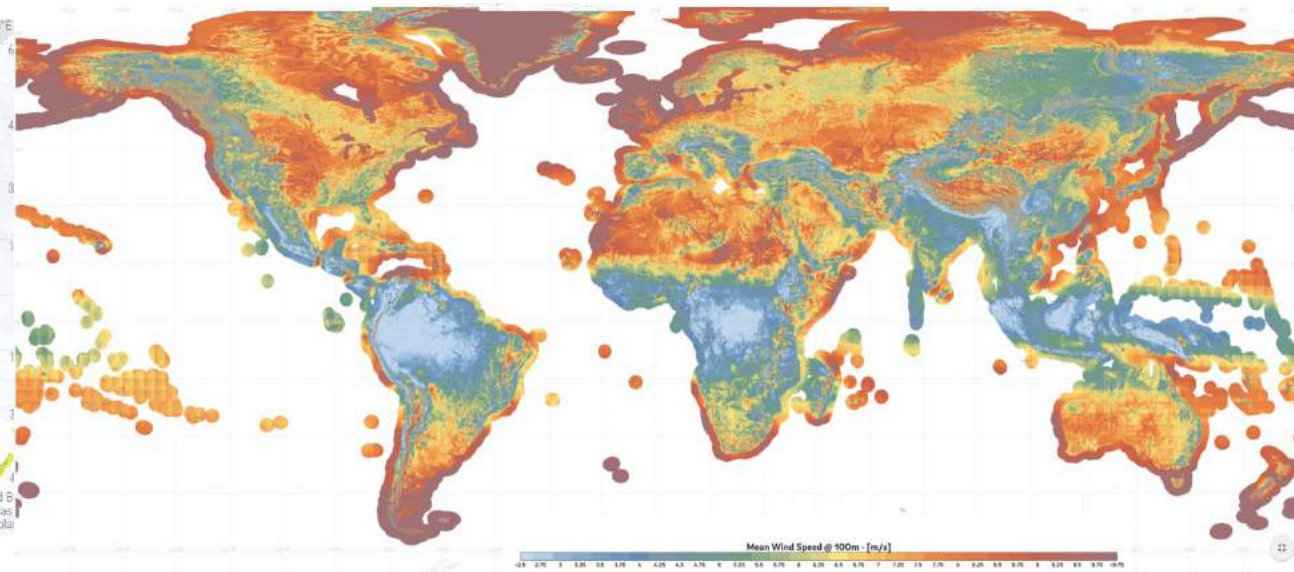


Low cost solar and wind electricity 1-2 ct/kWh
Only at places with high irradiation and/or high wind speed
and with lots of available space

These locations are often far from energy demand



Solar Resources Map

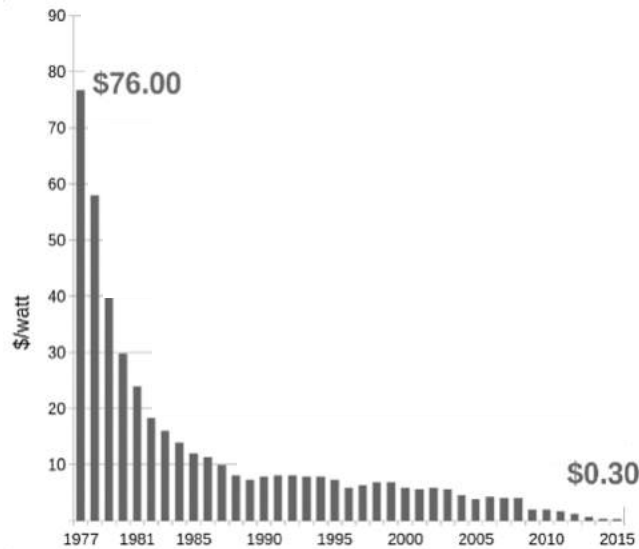


Wind Speed at 100 meter height Map

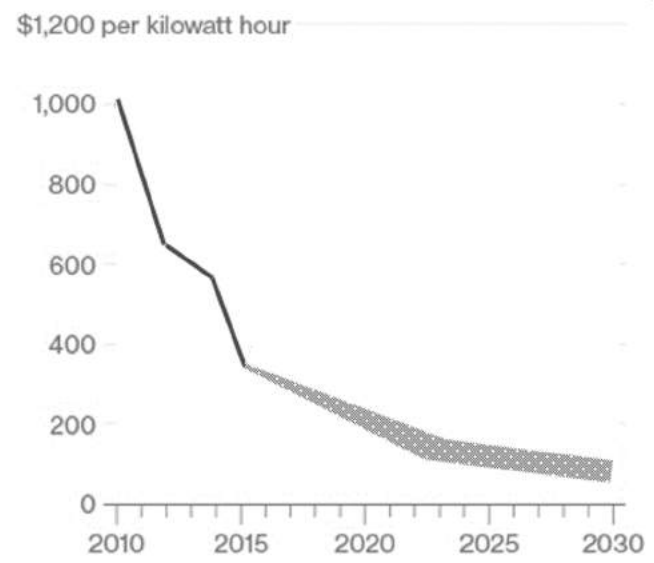
Massive technology cost reductions and cheap capital have made emission free energy competitive



Price history of silicon PV cells in US\$ per watt



Cost for lithium-ion battery packs



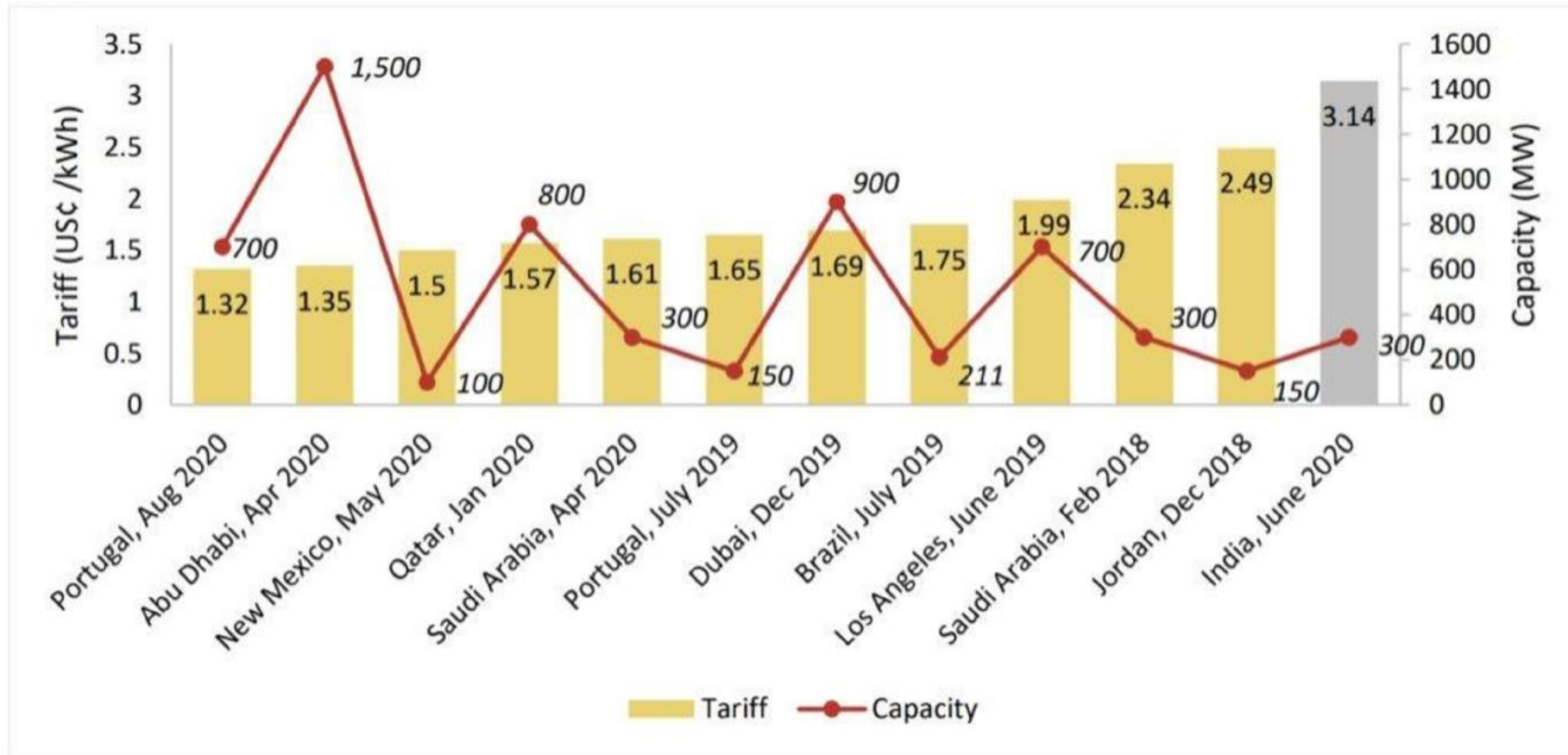
'Power to X' (green electrons to become green molecules)



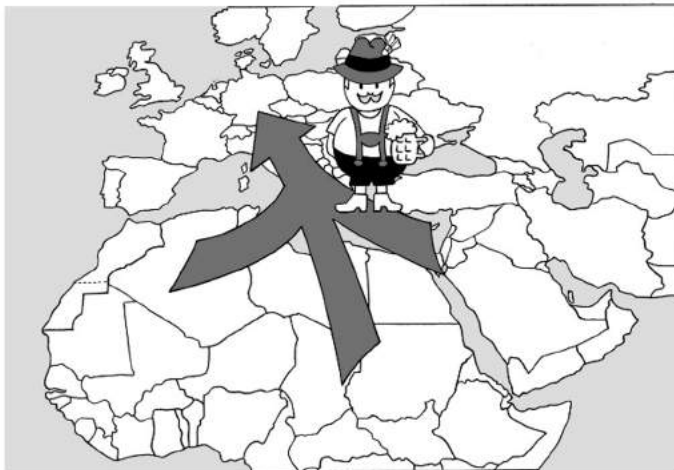
E.g. electrolysis of water on the basis of wind and solar energy from ultra cheap. Production sites will lead to 1Ct/Kg!

Similar pictures for small and large scale Batteries, Thermal Storage, Wind Turbines, HVDC, Electric Vehicles, Solar based Desalination etc. Innovations, Economy of Scale, Cost reductions, Reliability, Desert Proof, System Integration etc.

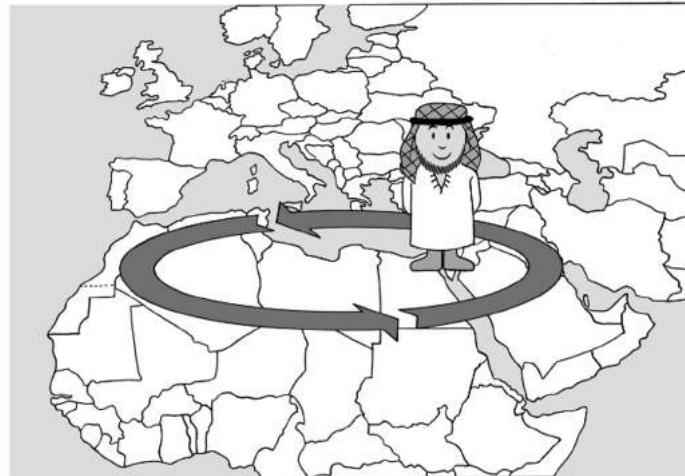
Lowest Solar Cost Levels Across the World



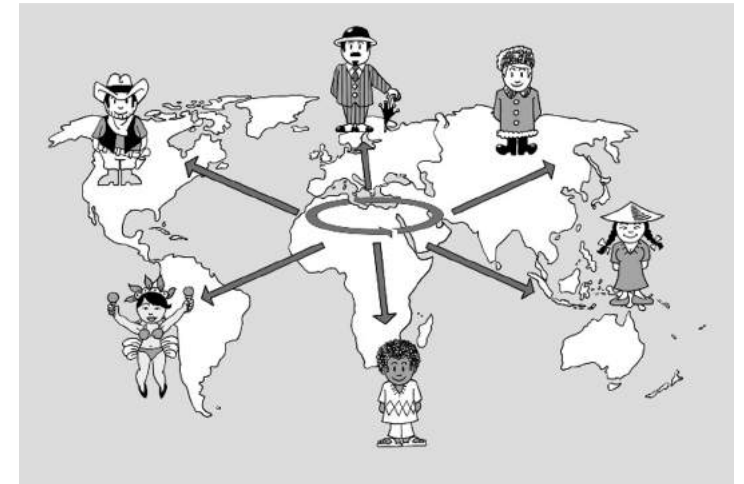
Desertec 1.0 --> 3.0: the Arab world to become a Powerhouse for itself and as global exporter



Desertec 1.0
Export oriented



Desertec 2.0
Region Oriented

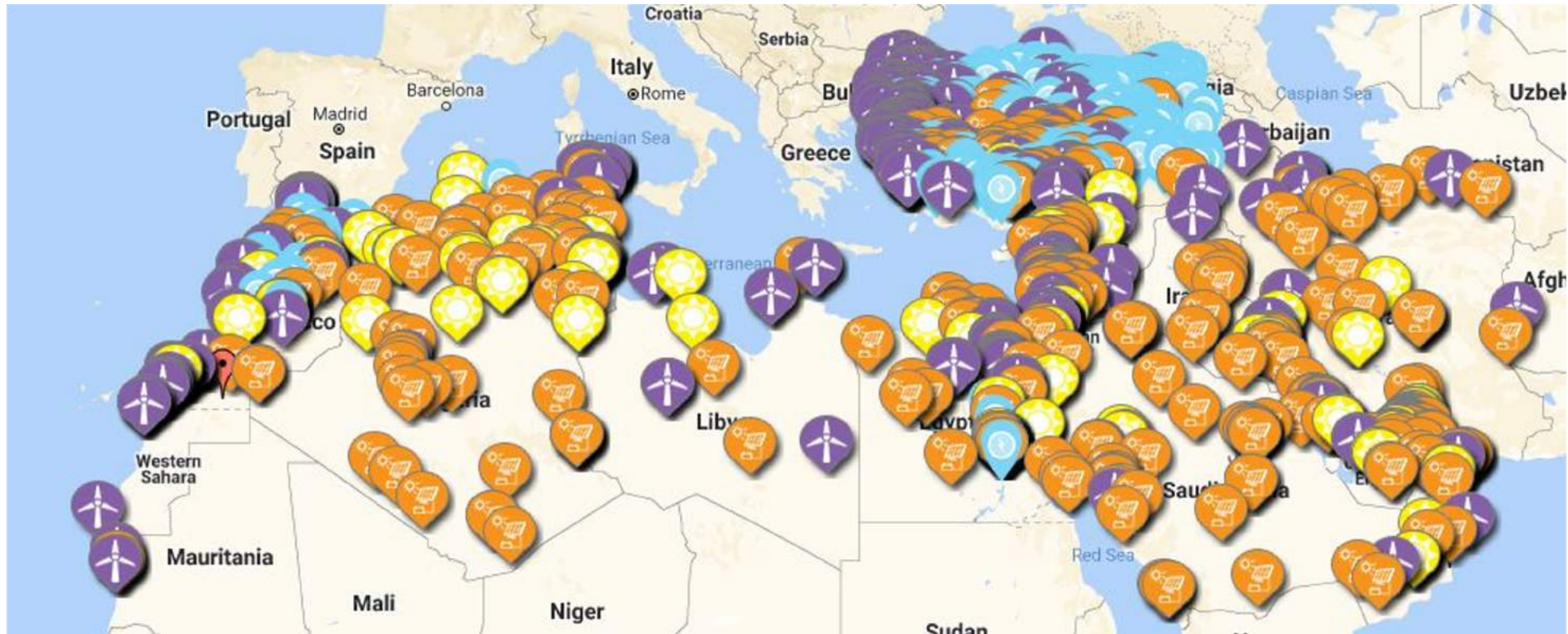


Desertec 3.0
Region and World Oriented

Development phases of Desertec

Over 1,350 Wind, PV, CSP Projects in MENA! Dii

(2024 Dii Project Database >5 MW)



So kann es gehen

Zum Beispiel Erdgas Pipelines aus Nordafrika umbauen

Ein 20,6 Millionen Tonnen Markt soll entstehen...

53000 Kilometer 2040

Der Ukraine Konflikt beschleunigt

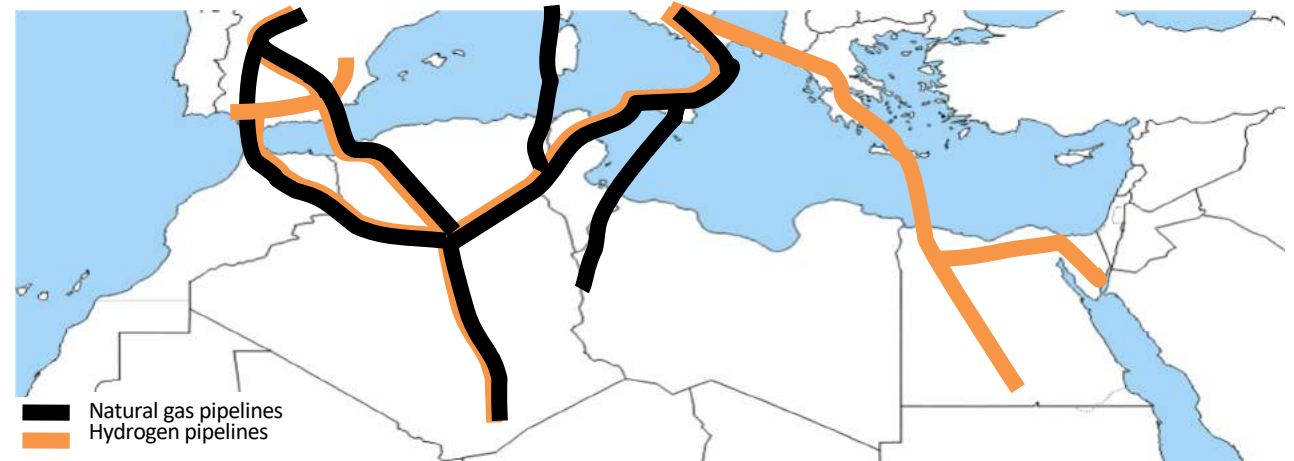
Europäischer Backbone....

Um dem Faktor 10 gegenüber dem elektrischen Strom günstiger.....

Natural gas pipelines
Hydrogen pipelines

Export: Existing and new Gas Infrastructure

Eventually to be used for hydrogen



- Natural gas infrastructure Europe - North Africa (left figure) and first outline for a hydrogen backbone infrastructure Europe-North Africa (figure above)
- An existing gas infrastructure from Algeria and Morocco could be converted to a hydrogen infrastructure (grey-orange lines).
- A "new" hydrogen transport pipeline must be realized from Italy to Greece, crossing the Mediterranean Sea to Egypt, which could eventually be extended to the Middle East (orange line).

Dii Desert Energy published in November 2019

A North Africa – Europe Hydrogen Manifesto



A North Africa - Europe Hydrogen Manifesto

Prof. Dr. Ad van Wijk
Frank Wouters, MSc
Dr. Samir Rachidi
Dr. Badr Ikken



Dubai, London, Madrid, Munich

— Natural gas pipelines
— Hydrogen pipelines

In Saudi-Arabien entsteht ein Gebiet der Größe Belgiens um auch grünen Wasserstoff für Weltmarkt zu produzieren..

Dieser soll ist dann leichter zu transportierenden Methanol oder den Ammoniak umgewandelt werden.

Auch der Transport per Schiff ist möglich!



Es gibt ein japanisches Schiff für FLÜSSIGEN Wasserstoff -252 °C Fährt zwischen Australien und Japan



Leadership: ACWA Power and State Grid of China

.. And a range of international Partners



Was sag die Bundesregierung:

Nationale Wasserstoffstrategie

Wasserstoff ist ein vielseitiger chemischer Rohstoff und Energieträger, der für die Sicherung der Energieversorgung vieler Bereiche eingesetzt werden kann. Wird Wasserstoff dabei klimafreundlich hergestellt, hat er das Potenzial, die CO₂-Emissionen deutlich zu verringern und bis auf null zu führen.

Ziele:

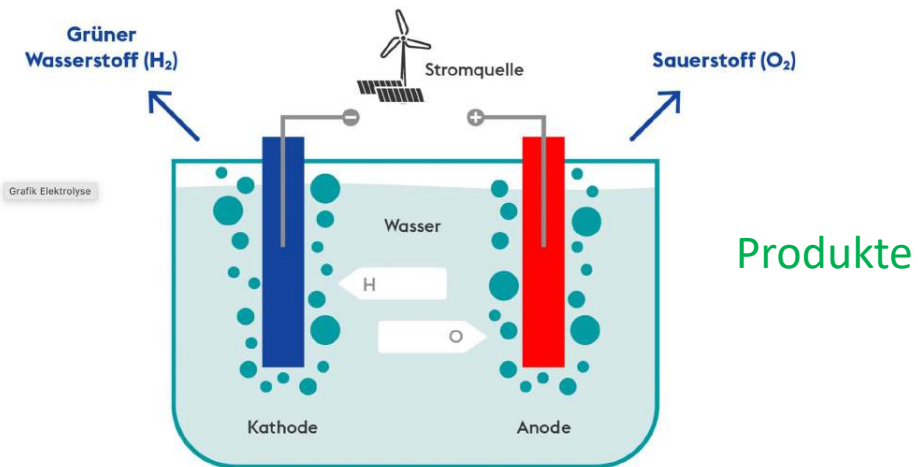
- Beschleunigter Markthochlauf von Wasserstoff
- Sicherstellung ausreichender Verfügbarkeit von Wasserstoff
- Ausbau einer leistungsfähigen Wasserstoffinfrastruktur
- Etablierung von Wasserstoffanwendungen
- Deutschland wird bis 2030 Leitanbieter für Wasserstofftechnologien
- Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen



Mehrere Milliarden Euro stehen zur Verfügung – BMWi-Webseite

Alkalische Elektrolyseure AEL

Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff



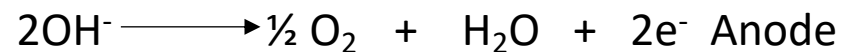
Alkalische Elektrolyseure sind seit etwa 200 Jahren bekannt. Sie produzieren klimaneutralen Wasserstoff aus erneuerbarem Strom. Thyssenkrupp bevorzugt diese, weil sich ihre Stahlproduktion dekarbonisieren wollen. Wasserstoff soll Kohle ersetzen....

Später!

Allerdings reagieren sie träge auf die Schwankungen des Stroms. Bei den Erneuerbaren. Diese Schwankungen können bei riesigen Solarfeldern durch Wolken ausgeglichen werden.

Zudem kommen hohe Kosten für die Wasserstoffkomprimierung

Ein paar Stichworte: Nickelbasierte Elektroden
Diaphragma das Ionen passieren kann
25 % Kalilauge, Modularer Aufbau parallel geschaltet
Geringe Investitionskosten



Vom Labor in den Markt
Produkte.....

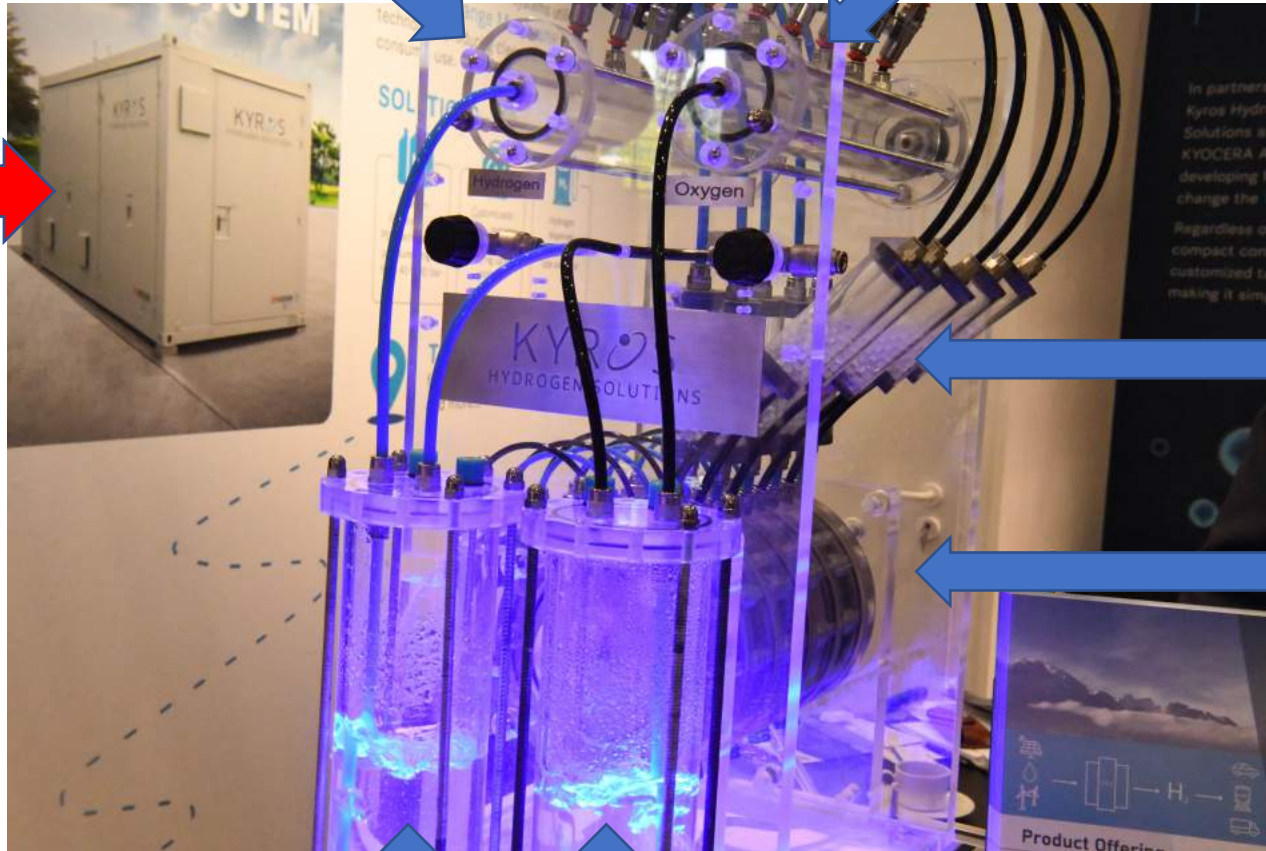


Wasserstoff

Sauerstoff

Quelle: Hannover Messe
2022 / Thomas Isenburg

Prototyp

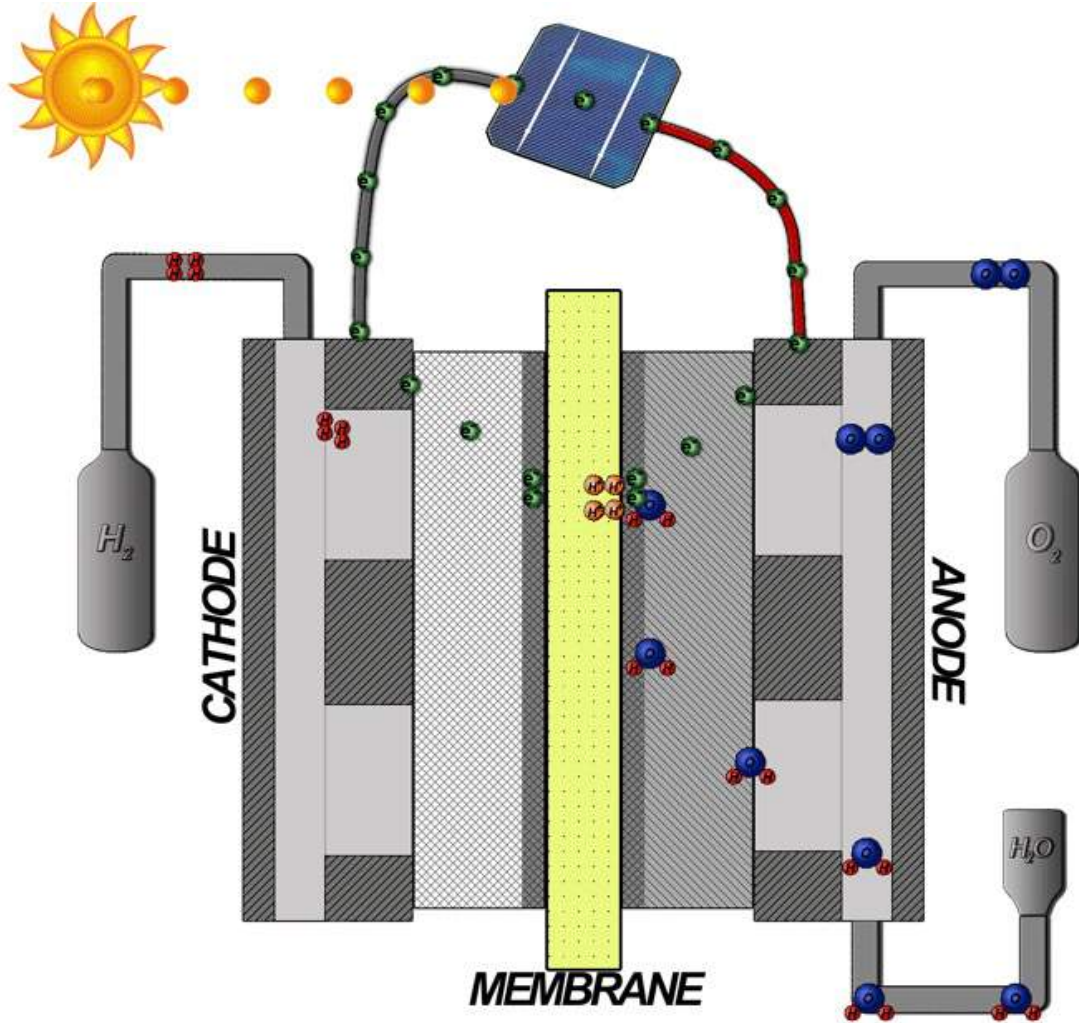


Kaliumhydroxid

Mischung

Elektroden

Der PEM - Elektrolyseur



Wird von Siemens
und Evonik
bevorzugt

Ein PEM-Elektrolyseur verwendet eine Polymer-Membran die nur Wasserstoffionen durchlässt. Das Wasser wird an der Anode in Sauerstoff und Wasserstoffionen gespalten. Die Wasserstoffionen und die beiden Elektronen passieren dann die Membran und werden an der Kathode in Wasserstoff umgewandelt

Bei der PEM-Elektrode fungiert die Membran nicht einfach als Trennschicht – sie ersetzt das gesamte Bad, weil sie aus einem elektrisch leitfähigen Polymer besteht, durch das Elektronen wandern können.

Benötigt werden höhere Stromdichten. Das System wird bei einem höheren Druck betrieben und im sauren Milieu. Deswegen sind robuste Materialien zu verwenden.

Daher insgesamt teurer.....

So kann es gehen:
...von der Modellebene in die Praxis

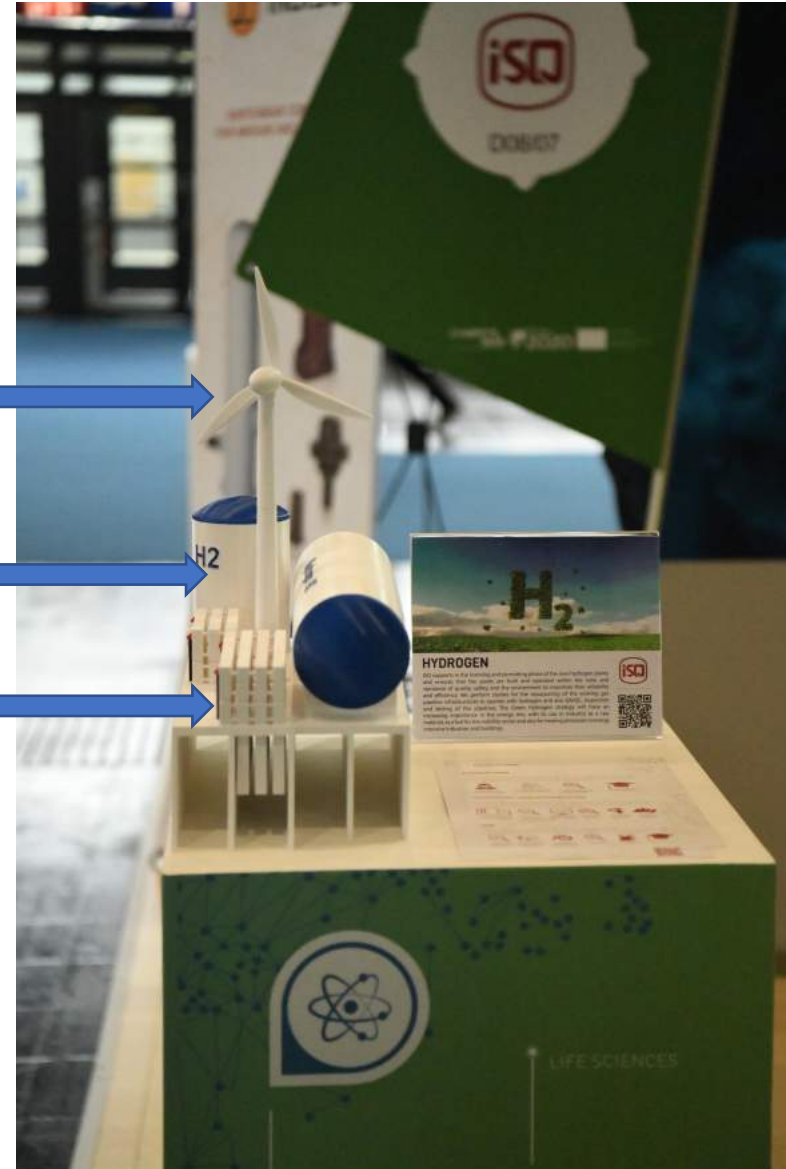
Erneuerbare Quelle



Wasserstofftank



Elektrolyseur



Die Chancen

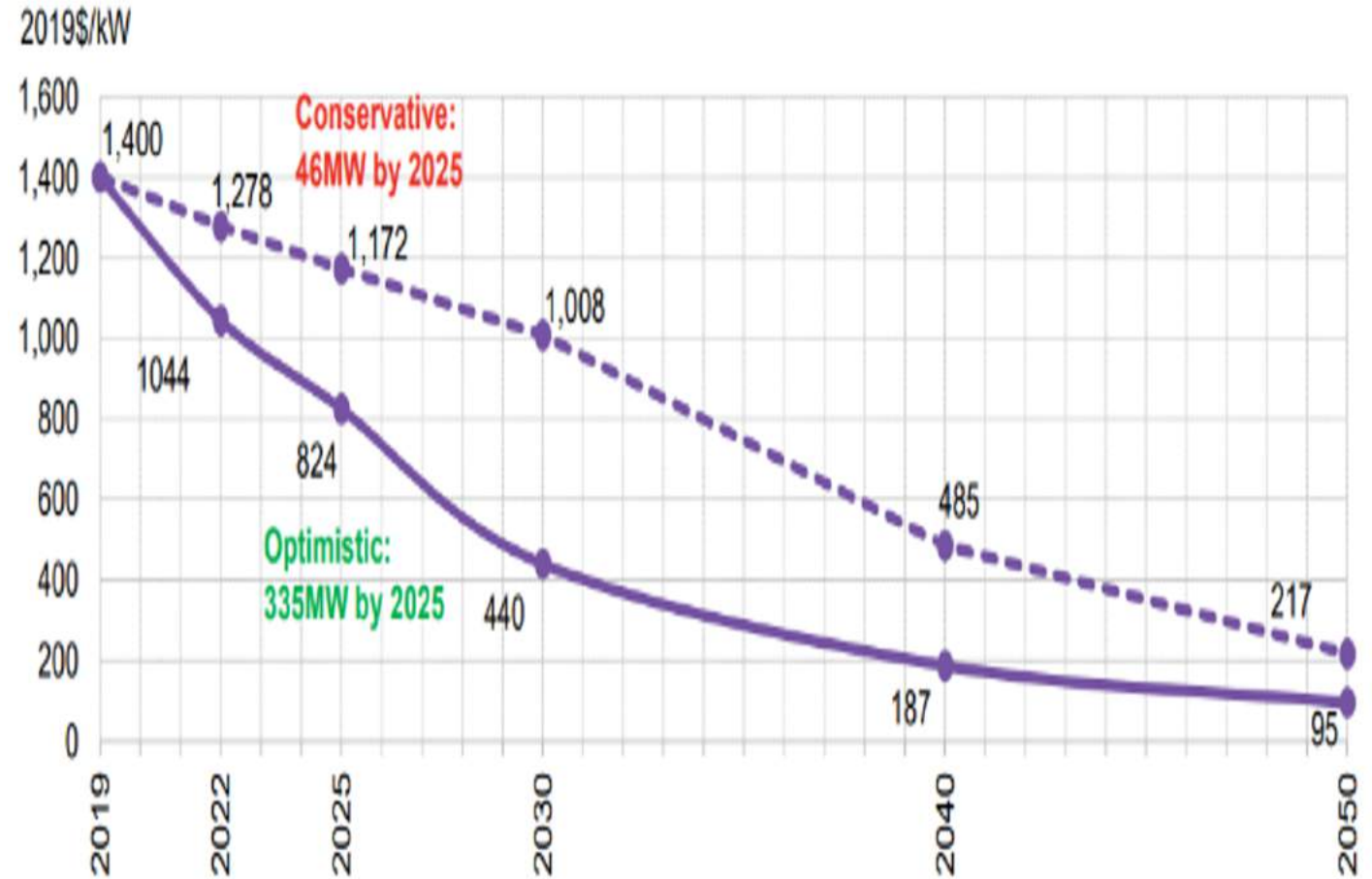
- Mit dem einsetzenden Wasserstoffhype kommen Innovationen auf dem Markt...
- Es gilt in kurzer Zeit große Kapazitäten an Elektrolyseuren zu produzieren
- Nach Berechnung der Fraunhofer-Gesellschaft werden die Kosten für den alkalischen 100 MW-Elektrolyseur von 663 € pro kW in 2020 auf 444 kW 2030 sinken
- Bei der PEM-Technologie dürften die Kosten für die 100 MW-Anlage von 720 auf 500 Euro pro kW sinken.
- Der Bedarf wird bei einem ziehenden Markt riesig werden

Die Kosten für die Elektrolyseure müssen sinken.....

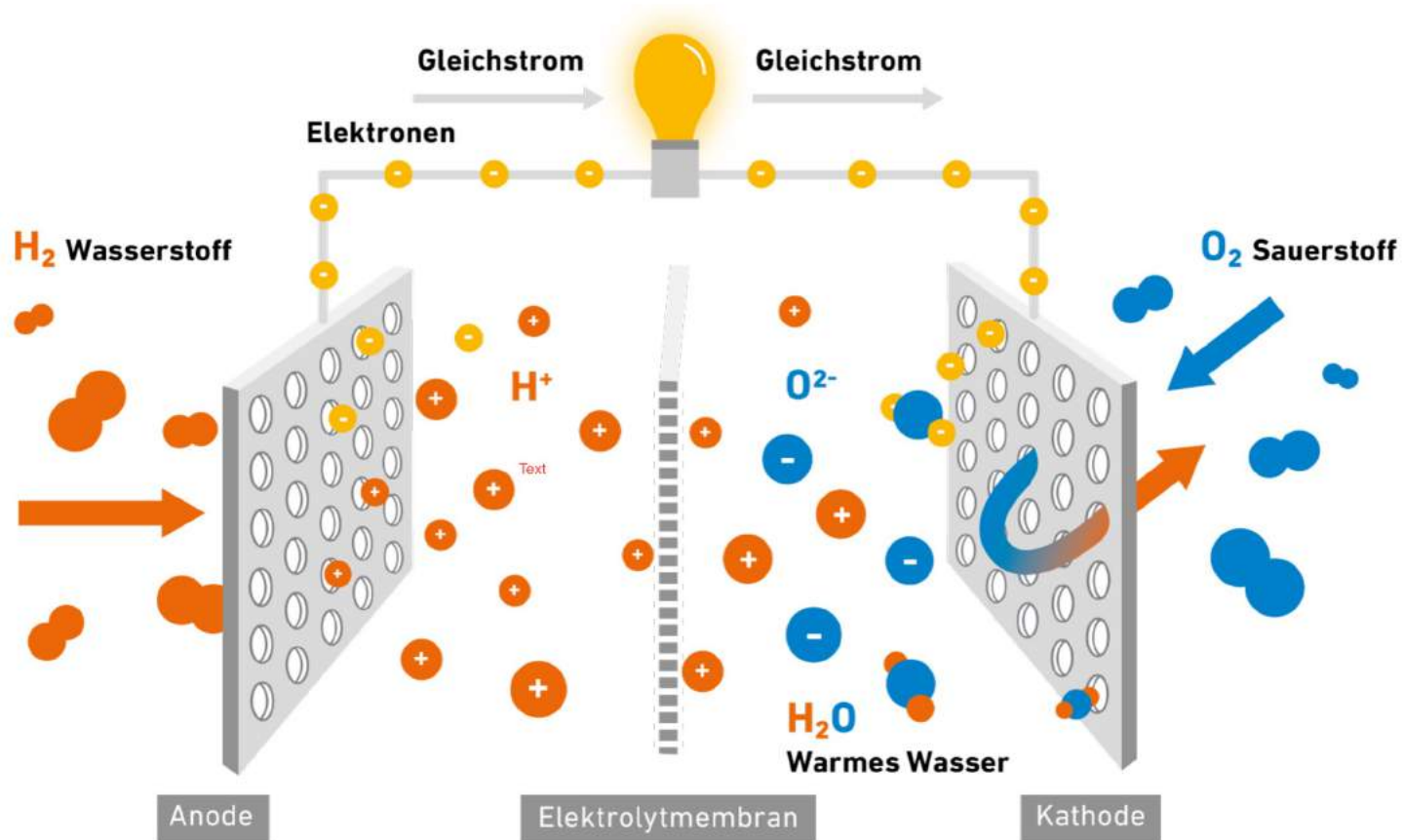
Das werden sie in den nächsten Jahren

Chance für pfiffige Köpfe und innovative Unternehmen

System capex forecast of 4MW-scale PEM electrolysis projects

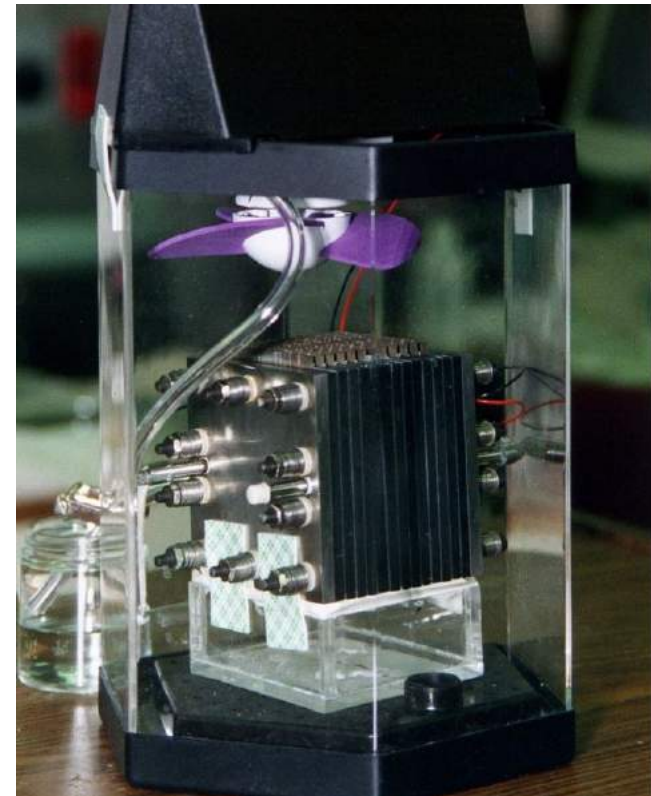


Schema einer Brennstoffzelle



Funktionsprinzip

Brennstoffzellen sind Energiewandler. Die Wasserstoffmoleküle geben ihre Elektronen ab und wandern durch eine Membran. Dann reagieren sie mit Sauerstoffatomen zu Wasser... chemische Energie wird in Elektrische gewandelt.....



The background of the slide features a blurred laboratory setting with several pieces of glassware. In the foreground, a graduated cylinder with orange markings from 1 to 10 is in sharp focus. Behind it, another graduated cylinder with yellow markings from 5 to 20 is visible. To the right, an Erlenmeyer flask is partially visible. The glassware is placed on a highly reflective surface, creating clear reflections. The overall color palette is dominated by light blues and whites, with the glassware providing a clear, scientific aesthetic.

Zwischenfazit:

Wird die gesamte Energie-Wertschöpfungskette betrachtet, ist diese nicht am Ende der Kostenkurven

Elektrolyseure (Entwicklungsanfang)

Flexibilisierung des Verbrauchs

Transportsysteme, Speicherung

Großen Wasserstoffhunger haben

Die Stahl- und Düngemittelindustrie

CO₂-freier Wasserstoff kann zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen als Diesel-Ersatz und als e-Kerosin im Luftverkehr dienen

Die E-Fuels kommen ins Spiel, wenn es um hohe Energiedichten wie bei Flugzeugen geht.

Sie können aus Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Wasserstoff hergestellt werden....



Stahlindustrie

Hochofen werden mit Kohle und Eisenoxid betrieben.

Die Kohle entfernt dem Eisenoxid den Sauerstoff
Dann wird jede Menge Kohlendioxid frei.

Wenn der Wasserstoff die Aufgabe der Kohle übernimmt wird Wasser frei



Deswegen will thyssenkrupp seine 4 Hochöfen in Duisburg dekarbonisieren....

Also jede Menge Grünen Wasserstoff nach Duisburg, aber woher und wie?

Bis 2045
Treibhausgas
neutral

BEE-Kierspe



Bürgerinitiative Erneuerbare Energien

BEE-Kierspe setzt sich für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Kierspe und Umgebung ein. Das langfristige Ziel ist die Gründung einer Bürgerenergiegenossenschaft, um so aktiv an der Energiewende mitzuarbeiten.

06.05.2024 – Bürgermeister Stelse und BEE-Kierspe loten gegenseitige Unterstützung aus



Am 06. Mai nahmen sich der Kiersper Bürgermeister Olaf Stelse und seine Stellvertreterin Kerstin Steinhaus-Derksen Zeit für ein Gespräch mit den Initiatoren der Initiative BEE-Kierspe, um Zusammenarbeitsmöglichkeiten auszuloten.

BEE-Kierspe unterstützt den Ausbau der erneuerbaren Energien in Kierspe, wie im Klimaschutzkonzept der Stadt festgeschrieben, und beabsichtigt zu diesem Zweck, noch in diesem Jahr eine Bürgerenergiegenossenschaft (BEG) zu gründen.

Dr. Thomas Isenburg, der die Initiative im vergangenen Frühjahr durch einen VHS-Vortrag angestoßen hatte, schloss an die Vorüberlegungen mit dem Kiersper Klimamanager Norman Noske an, dass erste Photovoltaik-Projekte der Initiative möglicherweise auf kommunalen Dächern realisiert werden könnten. Bürgermeister Stelse bestätigte und nannte auch konkrete Orte, gab aber gleichermaßen die noch zu klärenden Rahmenbedingungen, beispielsweise die Statiken oder die Netzanschlussmöglichkeiten, zu bedenken. Thomas Nies und die Technik-Arbeitsgruppe von BEE-Kierspe werden dies und natürlich die PV-Anlagenauslegung von zunächst zwei Standorten prüfen, bevor die Finanzierung und ein Geschäftsplan für die zukünftige BEG durch die Finanzexperten der Initiative um Clemens Wieland ausgearbeitet werden können. Kerstin Steinhaus-Derksen wies ergänzend auf neue Absatzmöglichkeiten für den produzierten PV-Strom hin, wie in einem Pilotprojekt in Neuss erforscht werde.

Claus Peter Wirth ergänzte, dass es bei der gegenseitigen Unterstützung und auch bei den Absprachen mit dem Netzbetreiber, die in Kürze folgen, um Win-Win-Zusammenarbeiten gehen müsse. Die neue BEG könne über ihre Mitglieder private Finanzmittel für die Energiewende mobilisieren und so die Stadt beim Erreichen der Klimaziele unterstützen. Gleichzeitig wird durch die Teilhabemöglichkeit der Bürger an der Energiewende - die neue BEG tritt auch an, um Dividenden für ihre Mitglieder zu erwirtschaften - die öffentliche Zustimmung zugunsten der unumgänglichen und gesetzlich festgeschriebenen Klimamaßnahmen erhöht.

Termins / Veranstaltungen

16.05.2024 - Erstes Treffen der AG Technik

Einladung von Thomas Nies, Kierspe, Altes Amtshaus, 16.05.24 um 19:00Uhr

16.05.2024 - "Grüne Wasserstoffquellen im Sauerland?"

Der Weg vom Medienhype zur Realität
Vortrag von Dr. Thomas Isenburg
[VHS-Volmetal](#), Kierspe, GSKI, um 19:30Uhr

06.06.2024 - "Hands on zur Energiewende"

Genossenschaftskonzepte zur Umsetzung der

In Kierspe gibt es eine Bürgerinitiative zum Thema

Wir wollen Erneuerbare Energien implementieren..

<http://bee.no-cookies.info/index.html>

Unser aktuelles Buch....



Dankeeeeeee

VHS – Kierspe

Dii, insbesondere meinem Co-Autor und Präsidenten
der Wüsten Strom Initiative Paul van Son

Der TU – Delft und Professor Ad van Wijk

Ich habe auf deren Inhalte zurück gegriffen...

Kontakt:

Dr. Thomas Isenburg
presse@thomas-isenburg.de

www.thomas-isenburg.de

Ein neues Buch ist in der Pipeline...