

Водородная экономика

Концепции использования водорода в городских условиях – транспорт, энергетика, строительство зданий (ТЭЦ на топливных элементах) и промышленность в Германии



Презентация:

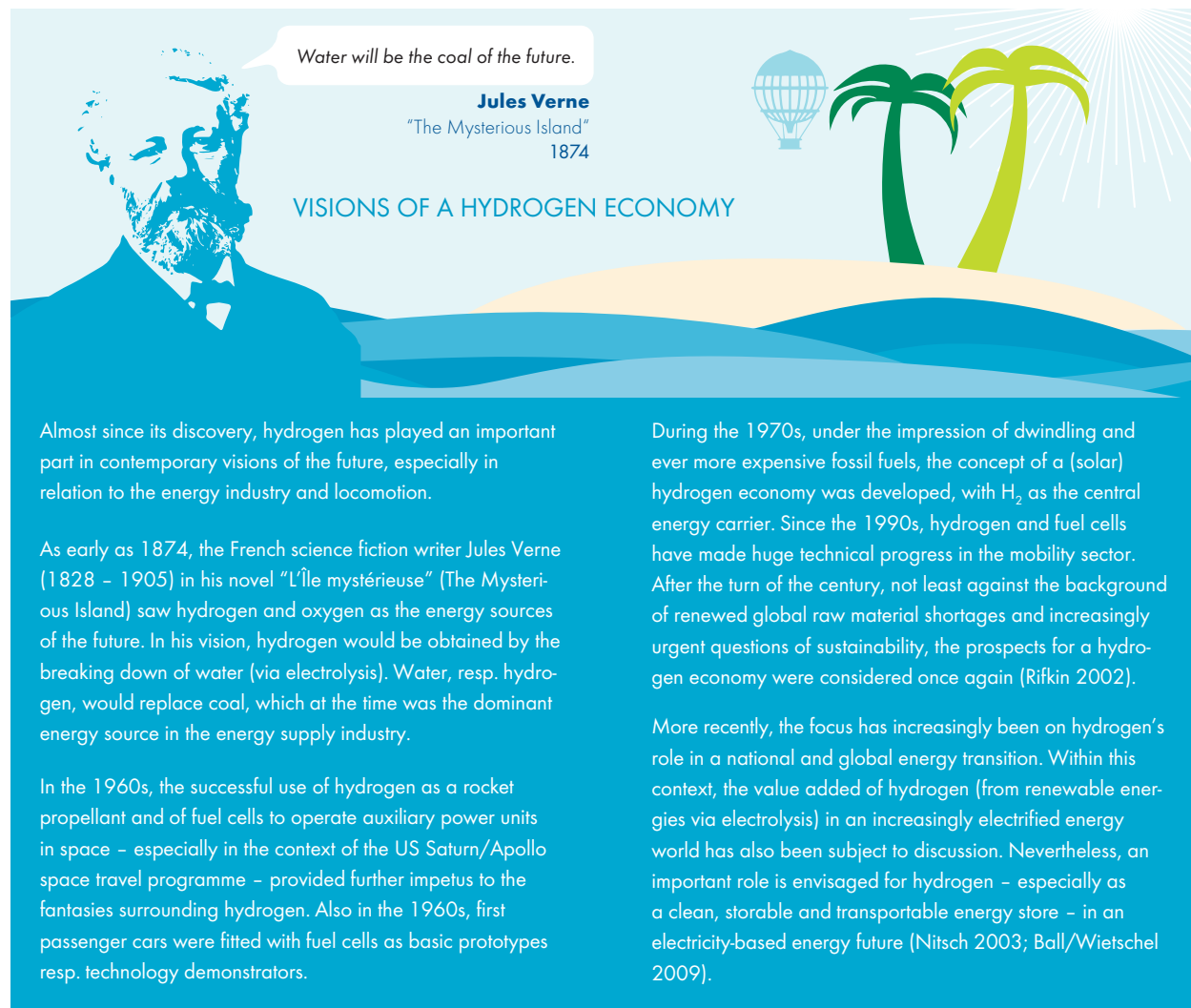
Профессор, д-р Манфред Фищедик
Wuppertal Institute

3 сентября 2019 г.

Введение

Концепция развития водородной экономики не отличается новизной.

Давняя мечта, ставшая реальностью



The infographic features a portrait of Jules Verne on the left. A speech bubble from him says, "Water will be the coal of the future." Below this, it identifies him as the author of "The Mysterious Island" in 1874. The background on the right shows a tropical island with palm trees, a hot air balloon, and a sun. The title "VISIONS OF A HYDROGEN ECONOMY" is centered in the upper right.

Jules Verne
"The Mysterious Island"
1874

Water will be the coal of the future.

VISIONS OF A HYDROGEN ECONOMY

Almost since its discovery, hydrogen has played an important part in contemporary visions of the future, especially in relation to the energy industry and locomotion.

As early as 1874, the French science fiction writer Jules Verne (1828 – 1905) in his novel "L'Île mystérieuse" (The Mysterious Island) saw hydrogen and oxygen as the energy sources of the future. In his vision, hydrogen would be obtained by the breaking down of water (via electrolysis). Water, resp. hydrogen, would replace coal, which at the time was the dominant energy source in the energy supply industry.

In the 1960s, the successful use of hydrogen as a rocket propellant and of fuel cells to operate auxiliary power units in space – especially in the context of the US Saturn/Apollo space travel programme – provided further impetus to the fantasies surrounding hydrogen. Also in the 1960s, first passenger cars were fitted with fuel cells as basic prototypes resp. technology demonstrators.

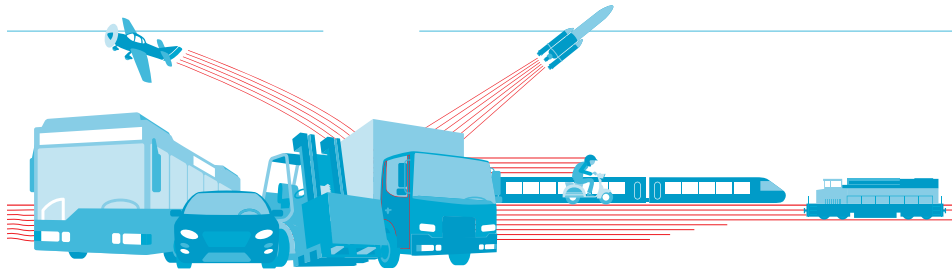
During the 1970s, under the impression of dwindling and ever more expensive fossil fuels, the concept of a (solar) hydrogen economy was developed, with H_2 as the central energy carrier. Since the 1990s, hydrogen and fuel cells have made huge technical progress in the mobility sector. After the turn of the century, not least against the background of renewed global raw material shortages and increasingly urgent questions of sustainability, the prospects for a hydrogen economy were considered once again (Rifkin 2002).

More recently, the focus has increasingly been on hydrogen's role in a national and global energy transition. Within this context, the value added of hydrogen (from renewable energies via electrolysis) in an increasingly electrified energy world has also been subject to discussion. Nevertheless, an important role is envisaged for hydrogen – especially as a clean, storable and transportable energy store – in an electricity-based energy future (Nisch 2003; Ball/Wietschel 2009).

Варианты и опыт (на выбор) использования водорода в Германии

Варианты и опыт (на выбор) использования водорода в Германии

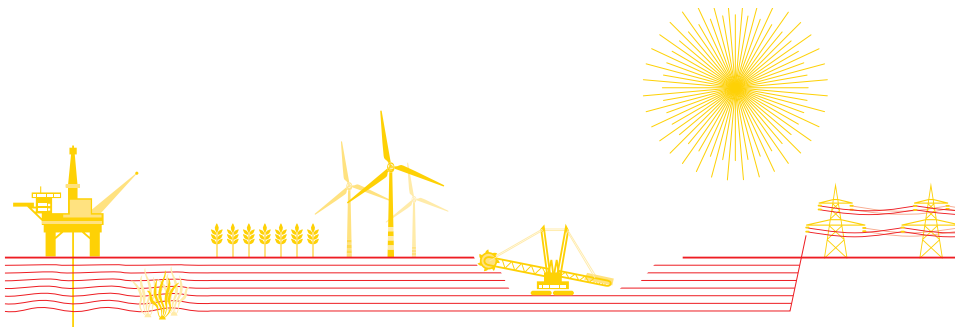
Применение на транспорте



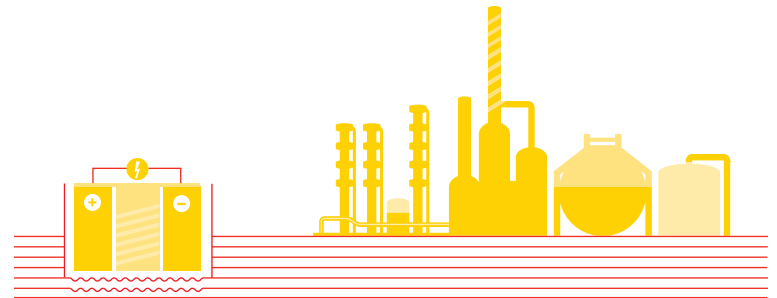
Применение в стационарных установках



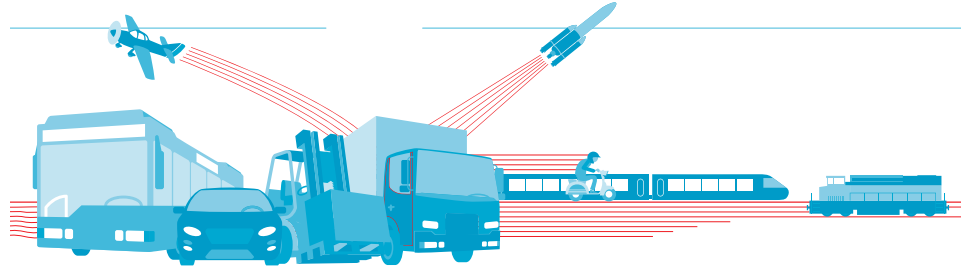
Применение на системном уровне



Применение в промышленности

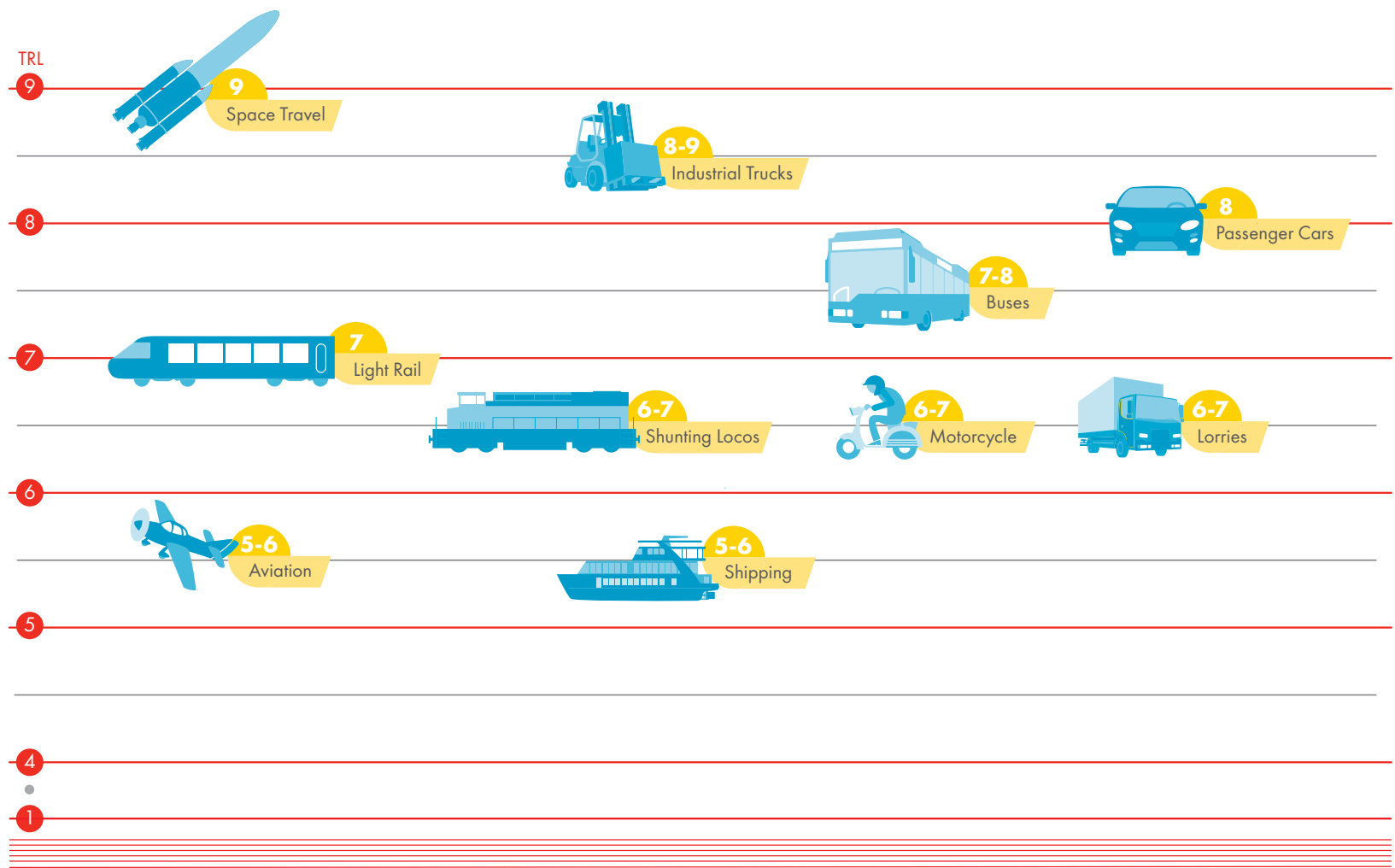


Применение на транспорте



Применение на транспорте

Широкий спектр вариантов с разным статусом (уровни готовности технологий)



Области применения на транспорте

Топливные элементы для автобусов и поездов

Последние разработки:

- Региональная транспортная компания в Кельне (RK) заказала 30 автобусов, работающих на топливных элементах, а компания Wuppertaler Stadtwerke (WSW) заказала 10 автобусов, работающих на топливных элементах.
- Самый крупный контракт в этой области заключен в Европе.
- Начало эксплуатации – весна 2019 г.
- Автобусы производятся в Бельгии (Конингшуйкт).
- Компания WSW внедрила собственную структуру поставок водорода (электролизатор на мусоросжигающем заводе).
- Первый опыт эксплуатации поездов, работающих на топливных элементах, в северной части Германии (взамен дизельных двигателей).



Erster Wasserstoffzug in Schleswig-Holstein

Premiere im Norden: Zwischen Neumünster und Kiel ist am Montag erstmals ein mit Wasserstoff angetriebener Zug unterwegs gewesen. Mit an Bord war Verkehrsminister Buchholz. (01.10.2018) [mehr](#)



Brennstoffzellenzug: Premiere mit hohen Erwartungen

Wassertropfen statt Ruß: Der weltweit erste mit Wasserstoff angetriebene Zug ist in Bremervörde zur Premierenfahrt gestartet. Heute folgt der Linienverkehr für "Coradia iLint". (17.09.2018) [mehr](#)

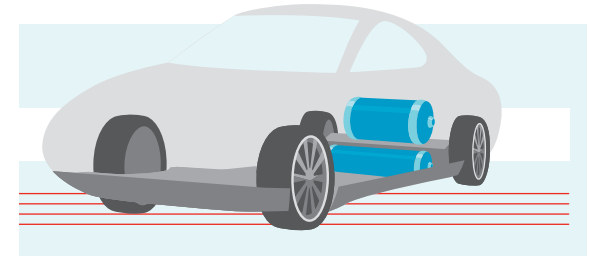


HÖREN

Применение на транспорте в Германии

Транспортные средства, работающие на топливных элементах, все еще только выходят на рынок

- В производстве автомобилей, работающих на топливных элементах, доминируют азиатские компании (перечень транспортных средств, работающих на топливных элементах, серийного производства)



Modell	Markteinführung	Reichweite (km).	V _{max} (km/h)	kW (PS)	Beschleun. 0 auf 100 km/h (s)	Maximales Drehmoment	Verbrauch (H ₂) kombiniert in kg/100 km	Tankinhalt in kg	jährliche Produktion (Stand)
Honda FCX Clarity ^[1]	2008 (1. Generation)	650	165	44 (60)			0,87	1,78/2,09	
Hyundai ix35 FCEV ^{[2][3]}	2013	594	160	100 (136)	12,5	300	0,95	5,64	
Toyota Mirai ^{[4][5]}	2014	500	175	114 (155)	9,6	335	0,76	5	ca. 3.300 (2017) ^[6]
Honda Clarity Fuel Cell ^[7]	2016 (2. Generation)	650	165	130 (176)	9	300	0,77	5	
Renault Kangoo Z.E. H2 ^[8]	2017	290	130	44 (60)			0,87	1,78/2,09	
Hyundai Nexo ^{[9][10]}	2018	756	179	120 (163)	9,5	395	0,84	6,33	
Mercedes-Benz GLC F-Cell ^[11]	Dezember 2018	437 plus 49 (Batterie)	160	147 (200)		350	0,97 (19 kWh elektrisch)	4,4 plus 9,3 kWh (Batterie)	
StreetScooter H2 Panel Van ^[12]	ab 2020	500	120	122 (166)				6	

Применение на транспорте в Германии

Транспортные средства, работающие на топливных элементах, все еще только выходят на рынок

- В Германии с производственной линии выпускаются в основном автомобили марки Mercedes (и BMW).



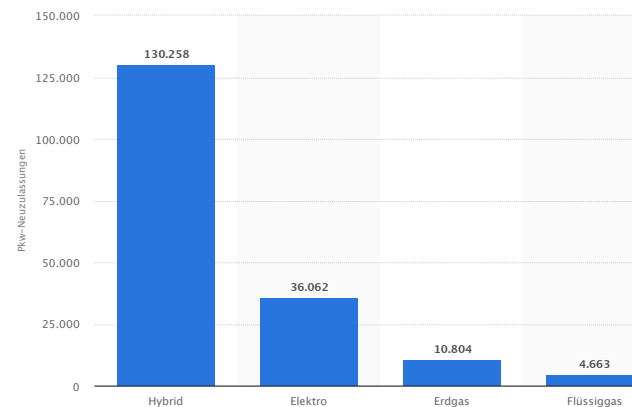
Mercedes GLC F-Cell

Der GLC kombiniert zwei Energiespeicher: eine 90 PS starke Brennstoffzelle sowie einen Akku, der 100 kW beisteuert und das [Auto](#) zum Plug-in Hybriden macht. Batterieelektrisch sind nach NEFZ-Norm 50 Kilometer drin, 4,4 Kilogramm Wasserstoff bringen knapp 440 weitere Kilometer Reichweite. Beide schicken ihre Energie zu einem 211 PS starken Elektromotor, der die Hinterachse antreibt.

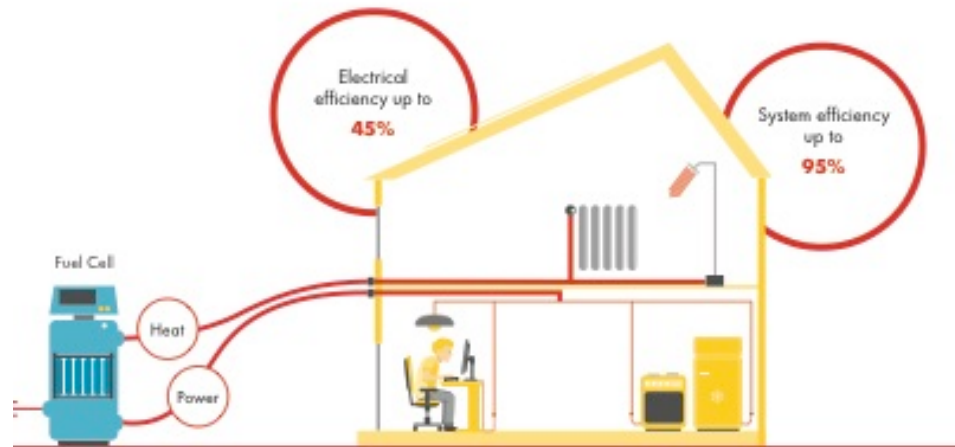


Mercedes GLC F-Cell.

- Правительство Германии финансирует выход на рынок на сумму 21000 евро на автомобиль.
- Парк автомобилей, работающих на топливных элементах, тем не менее, остается незначительным (в начале 2019 года было зарегистрировано и введено в эксплуатацию только 392 автомобиля, работающих на топливных элементах, по сравнению с общим парком автомобилей, насчитывающим более 40 млн. единиц).



Применение в стационарных установках



Применение в стационарных установках в Германии

Топливные элементы не настолько широко применяется в промышленности – пилотные и демонстрационные установки, а также первые предложения на рынке.



PROJECT DETAILS



Operation of 100 micro-cogeneration plants

PROJECT TARGET

Installation of various types of equipment in the field of micro-cogeneration (Stirling engine, Otto engine, fuel cell) as a comprehensive field test in Bottrop. Scientific support to optimise and support the introduction of energy-efficient gas-plus-application technologies. A secondary aim is the development and assessment of technology concepts which are adapted to the future application situation for the new building area but in particular also for the existing building stock and are highly efficient as regards primary energy.

Produktdetails zur Brennstoffzellenheizung

Details zur Vitovalor PT2 von Viessmann:

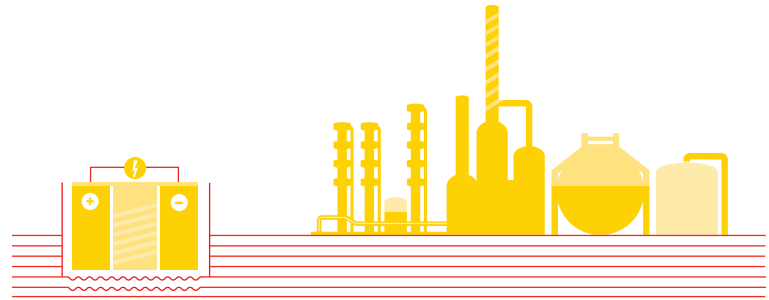
- Parallele Erzeugung von Strom und Wärme zur Minimierung der Stromkosten und zunehmende Unabhängigkeit vom Strompreis
- Integrierter Strom- und Gaszähler
- Brennstoffzelle: 750 W_{el}, 1 kW_{th}; Gesamtwirkungsgrad 90 % (H_i); Elektrischer Wirkungsgrad 37 %
- Gas-Brennwertmodul: bis 18,9 kW oder 25,2 kW; (Trinkwasser bis 30 kW); Nutzungsgrad 98 % (H_s)
- Innovative Zukunftstechnologie
- Platzsparende Bauweise - benötigt nur 0,65 m² Aufstellfläche
- Leiser, komfortabler und intelligenter Betrieb
- Fernbedienung und Abruf von aktuellen Daten per App möglich



→ Weitere Details zur Vitovalor PT2
([/de/pk/heizung/brennstoffzellen-heizung/vitovalor.html](https://de.pk/heizung/brennstoffzellen-heizung/vitovalor.html))

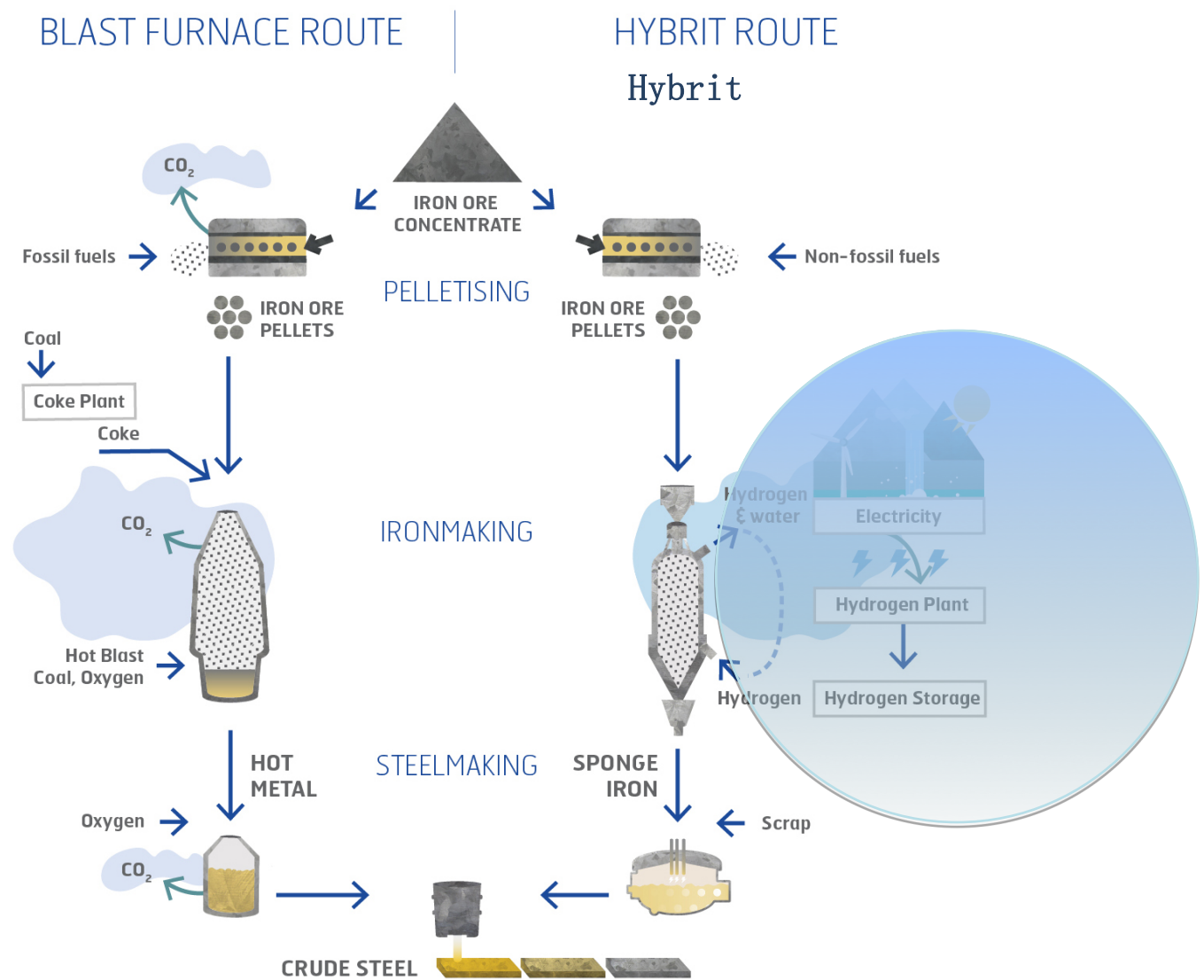
- Пилотная и демонстрационная программа предусматривает 100 небольших ТЭЦ (вкл. топливные элементы) в городе инноваций Рур.
- Первые предложения на рынке от профессиональных компаний (сотрудничество между энергетическими компаниями и производителем отопительных систем)
- Рынок динамически развивается (благодаря финансовой поддержки правительства более 5000 топливных элементов было заказано с 2016 года, по сравнению с более чем 200000 элементов в Японии)

Применение в промышленности



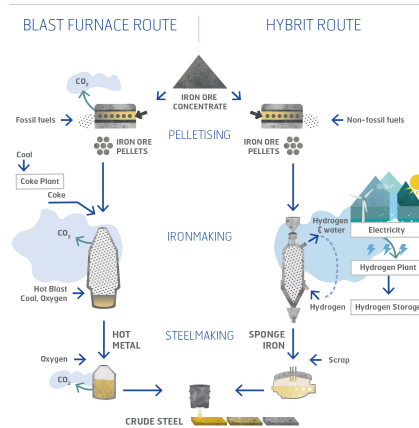
Применение в промышленности в Германии

Пример: Сталелитейное производство сегодня и завтра (доменная печь -> производство водородной стали (технология прямого восстановления))

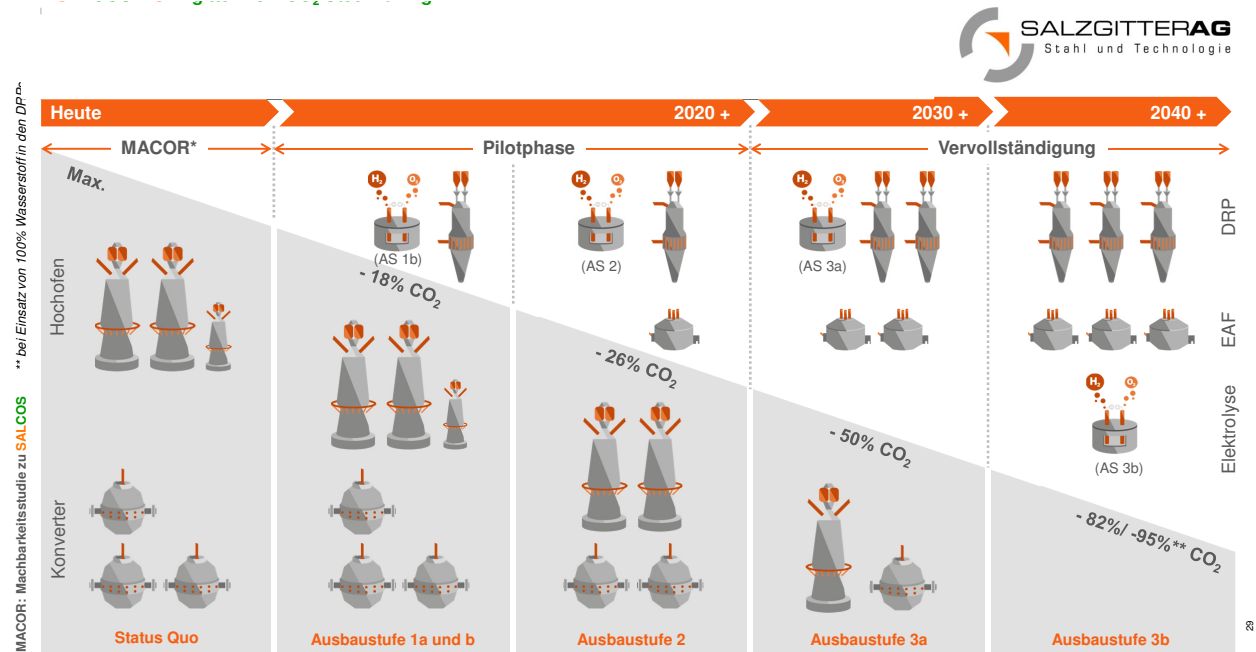


Применение в промышленности в Германии

Пример: Сталелитейное производство сегодня и завтра (доменная печь
-> производство водородной стали (технология прямого
восстановления))



- Бетонные заводы планируют поэтапное внесение изменений в технологию производства стали на крупных сталелитейных заводах в Германии (например, Thyssen Krupp Steel, Salzgitter AG)



Применение в промышленности в Германии

Пример: Смешивание топлива с водородом для выполнения требований стандартов ЕС в части CO₂ на НПЗ



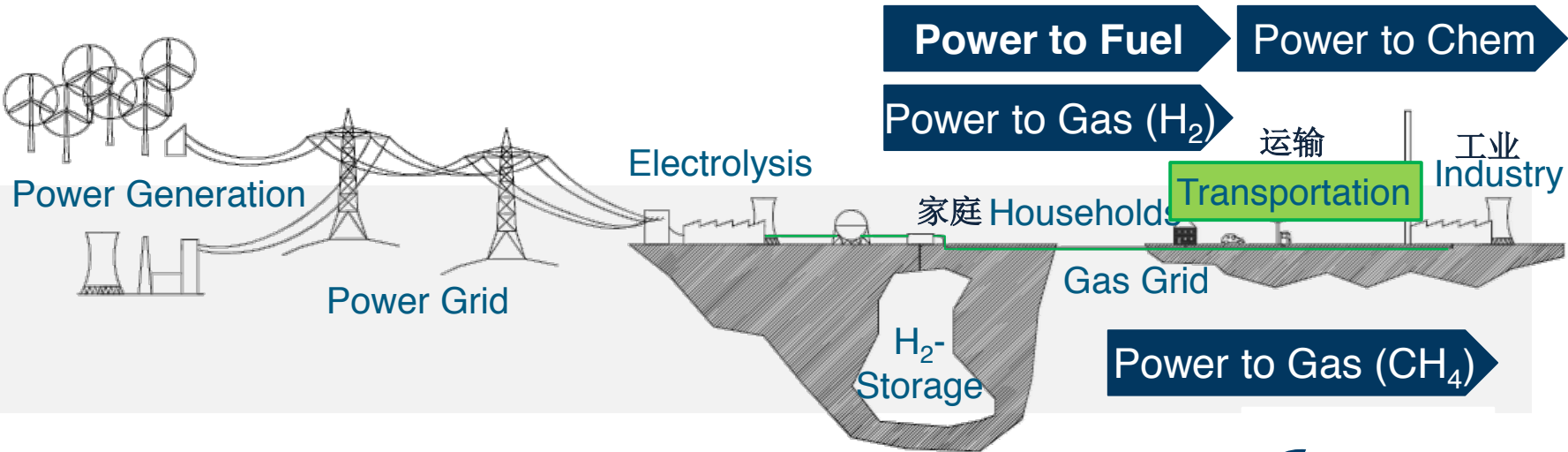
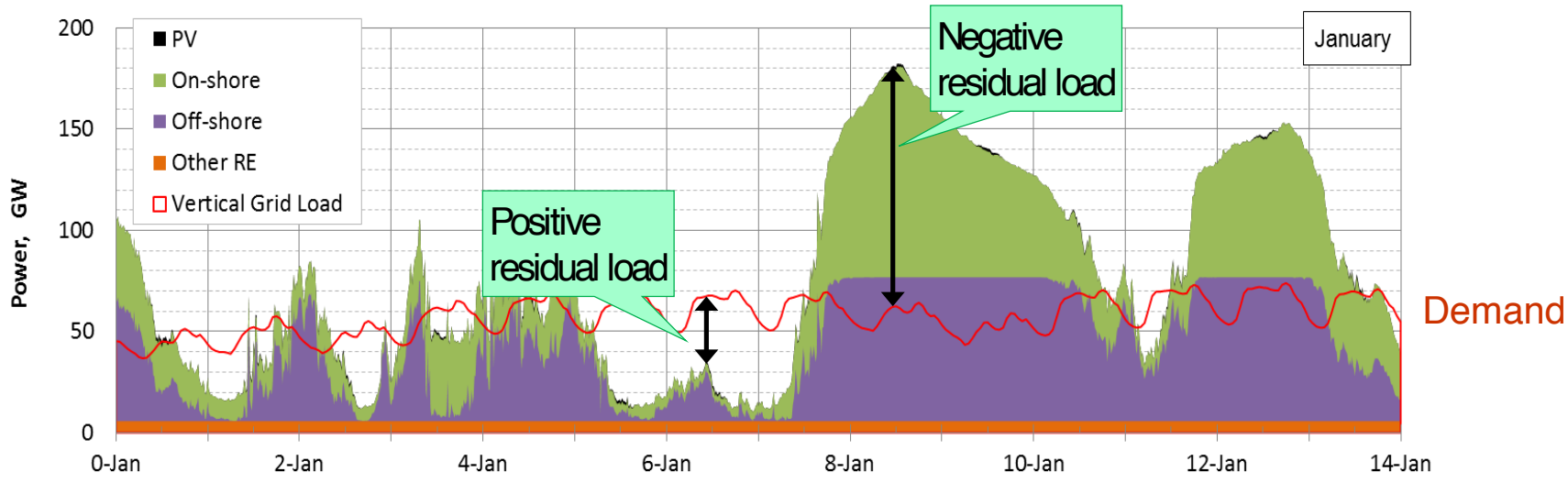
НПЗ в г. Линген
(Эмсланд)

- BP and Uniper, together with the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, submit project outline for the “Real-world laboratories energy transition” competition
- The planned project envisages the integration of renewable energy in the form of hydrogen into the transport sector
- Power-to-gas technology (PtG) in refinery processes (PtGtR) makes a positive contribution to the energy transition

Использование водорода с точки зрения систем

Водород, как вариант взаимодействия отраслей и возможного реагирования на перерывы в подаче возобновляемых источников энергии (электроэнергия)

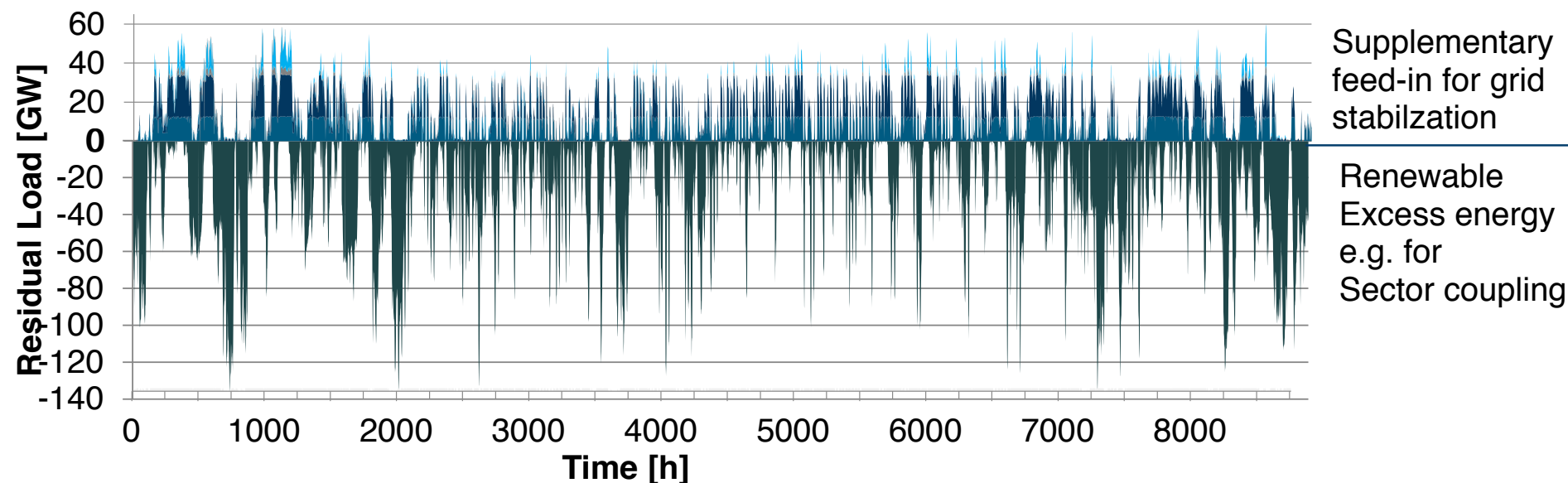
Водород можно хранить, перевозить и многократно использовать



Водород, как вариант взаимодействия отраслей и возможного реагирования на перерывы в подаче возобновляемых источников энергии (электроэнергия)

Водород можно хранить, перевозить и многократно использовать

Растущие колебания на кривой нагрузок против времени (возможное состояние в 2050 г. в Германии)

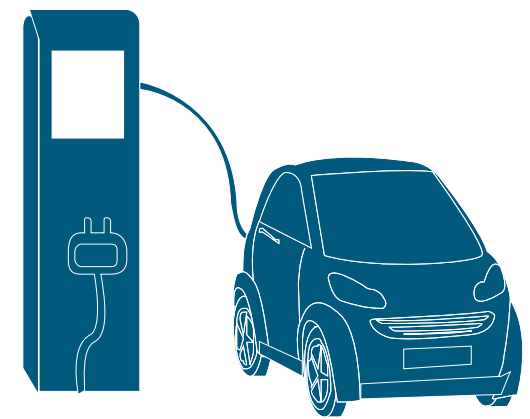
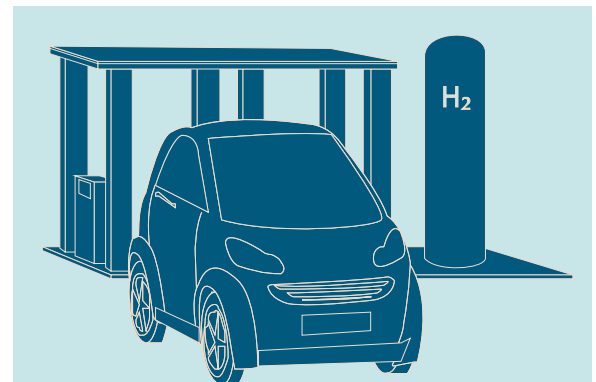
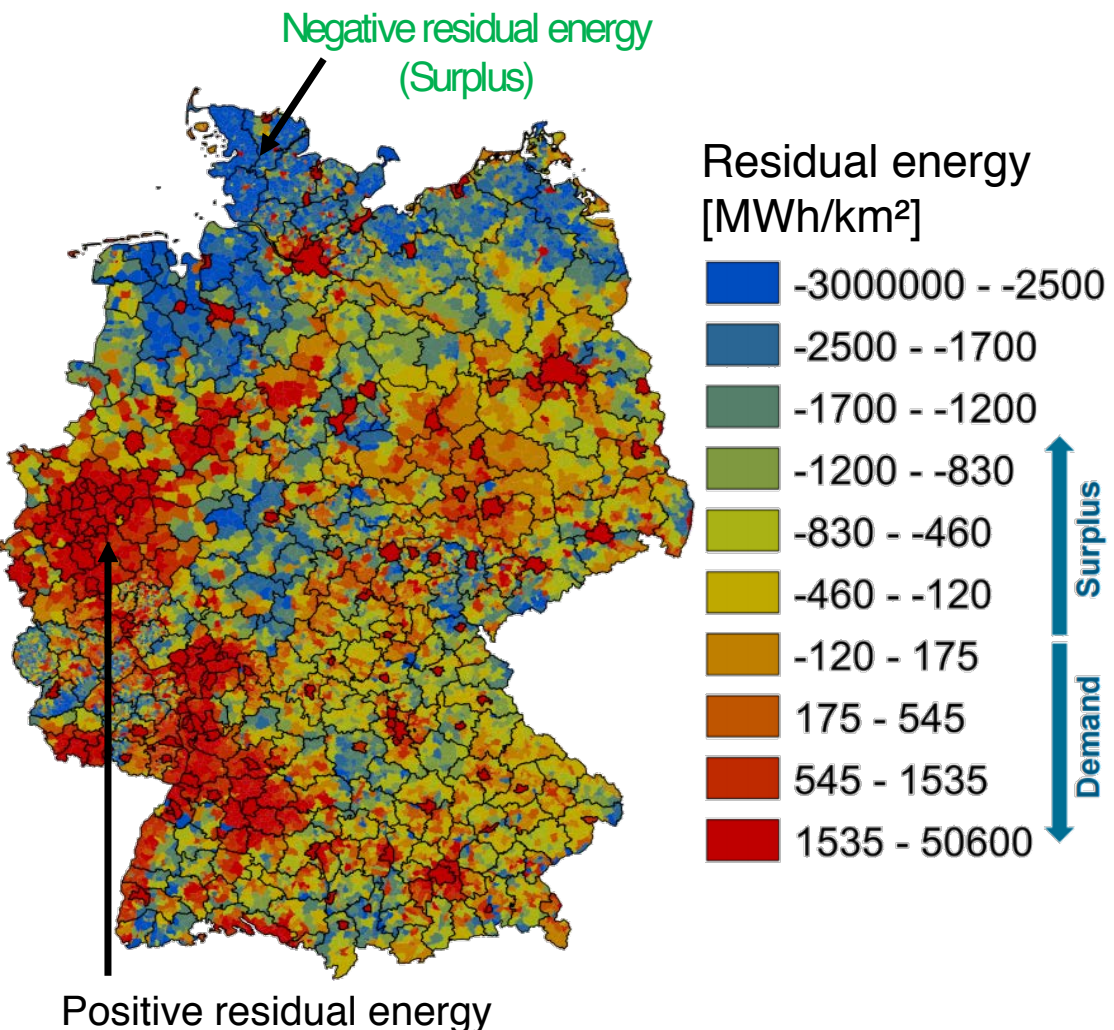


Back-up power production with gas turbines needed

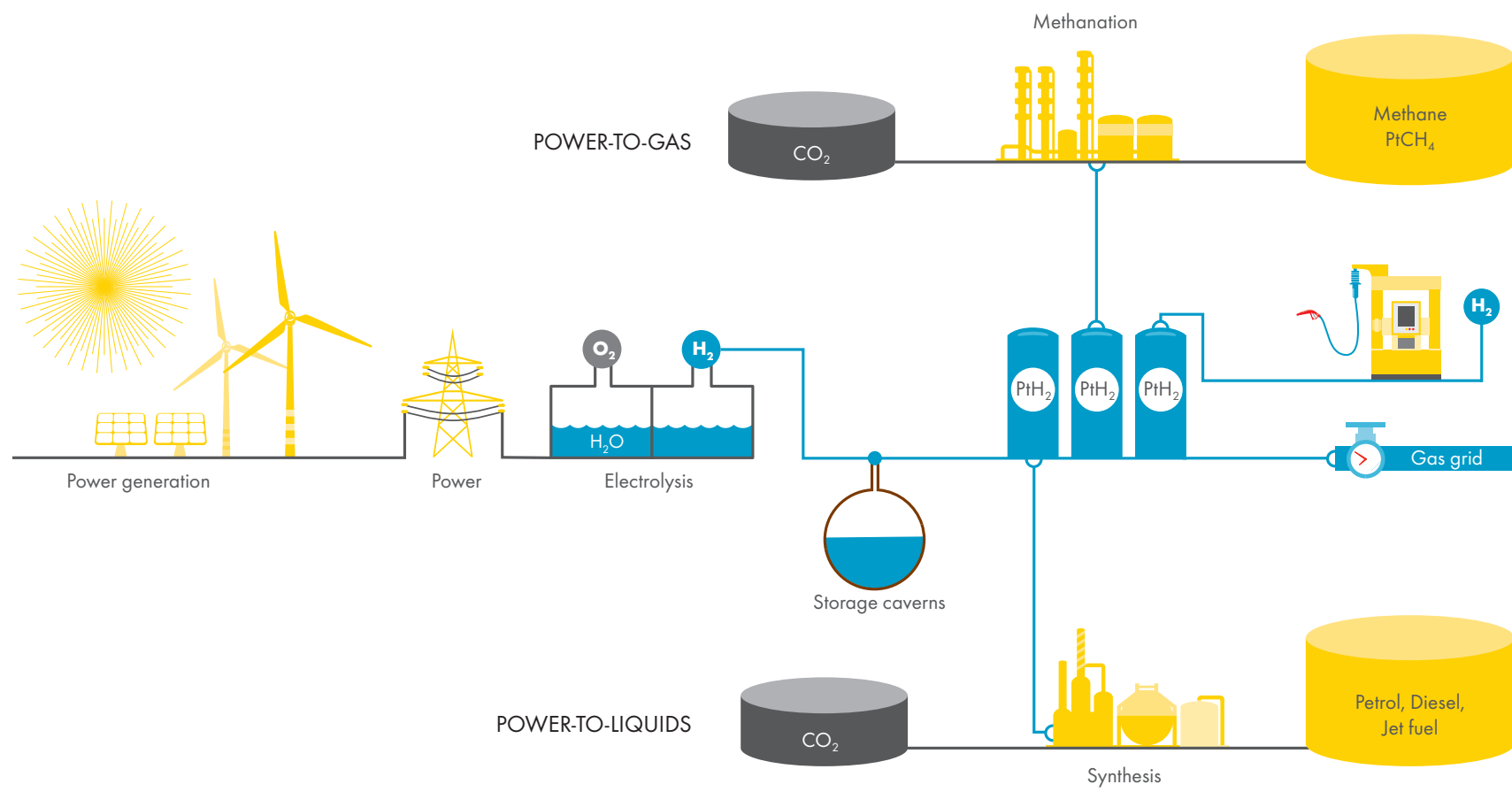
- First fed with natural gas
- Later fed by hydrogen

Водород, как вариант взаимодействия отраслей и возможного реагирования на перерывы в подаче возобновляемых источников энергии (электроэнергия)

Связь энергетики с транспортом



Использование водорода с точки зрения систем в Германии (фокус на PtX)
Водород как основа поставок синтетического газа / топлива или замены природного газа в газораспределительной системе посредством технологий «Энергия-Х»

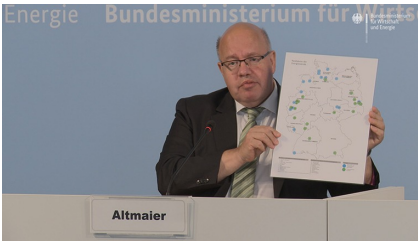


Использование водорода с точки зрения систем в Германии (фокус на PtX)

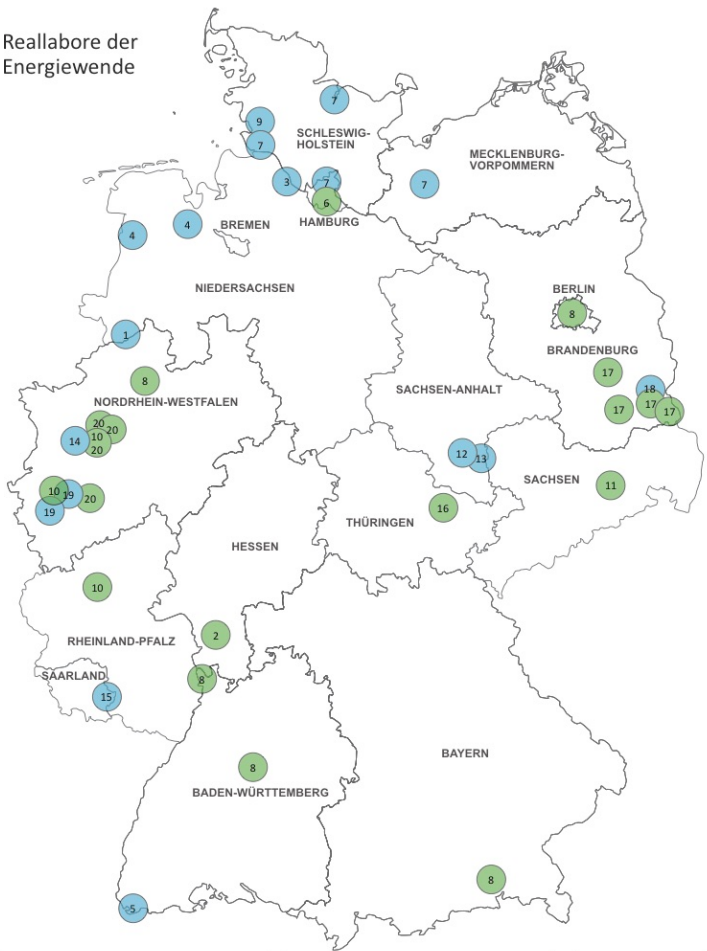
Водород как основа поставок синтетического газа / топлива или замены природного газа в газораспределительной системе посредством технологий «Энергия-Х»

Altmaier verkündet Gewinner im Ideenwettbewerb ‚Reallabore der Energiewende‘: „Wir wollen bei Wasserstofftechnologien die Nummer 1 in der Welt werden“

In bundesweit 20 Reallaboren erproben Unternehmen künftig v.a. neue Wasserstofftechnologien im industriellen Maßstab und in realer Umgebung.



Reallabore der Energiewende



Reallabore außerhalb der Strukturwandelregionen	Reallabore innerhalb der Strukturwandelregionen	Legende
1 CCU P2C Salzgitter 2 DELTA 3 DOW Stade – Green MeOH 4 Element Eins 5 H2 Whylen 6 W3 7 Norddeutsches Reallabor 8 Reallabor GWP 9 ReWest100 10 SmartQuart	11 CityImpuls DD 12 EnergieparkBL 13 GreenHydroChem 14 H2Stahl 15 HydroHub Fenne 16 JentEnergieReal 17 Reallabor Lausitz 18 RefLau 19 StoneTapPower 20 TransUrbanNRW	● Wasserstoff- und Energiespeicher-technologien ● Energieoptimierte Quartiere

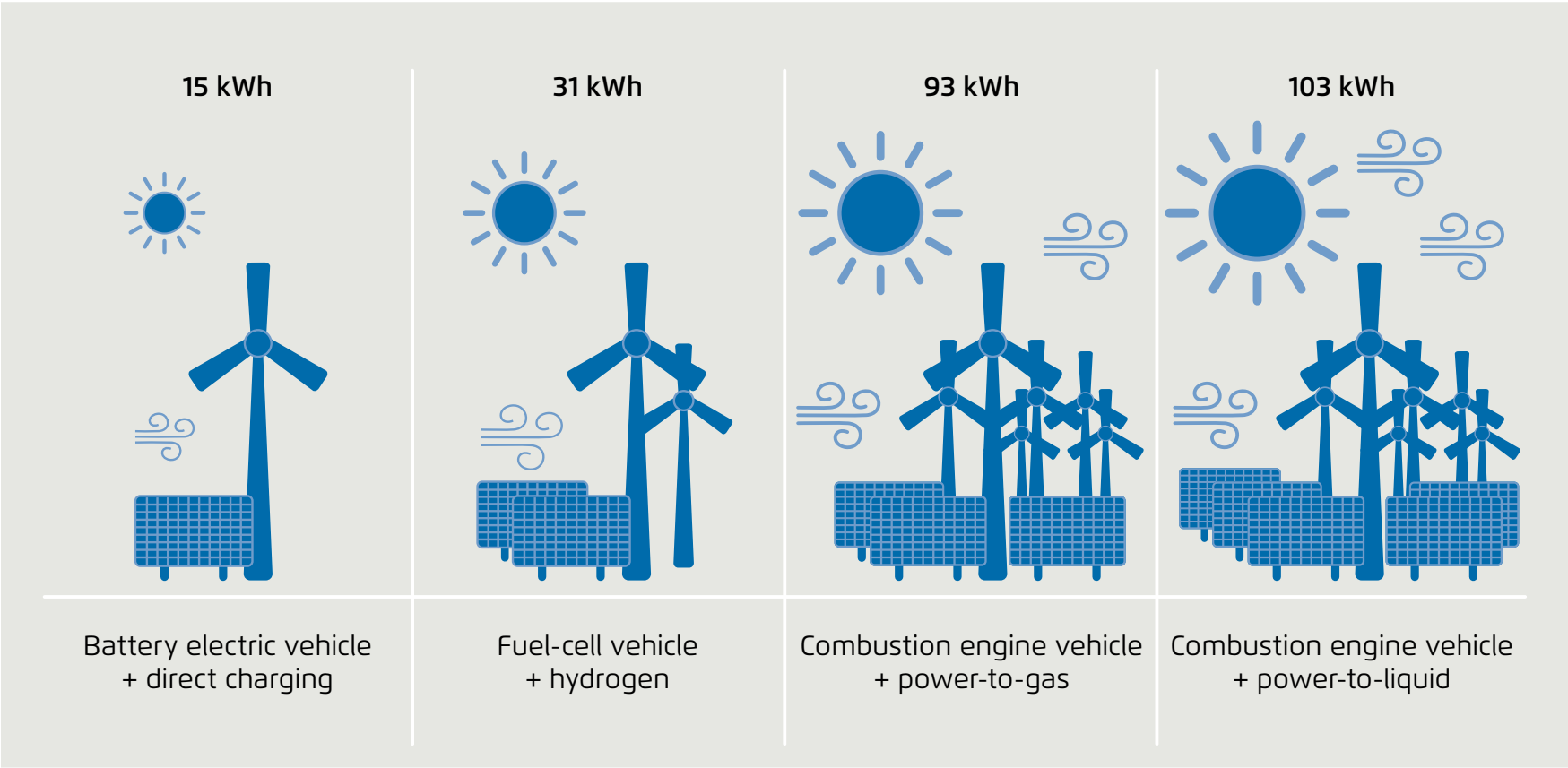
© Darstellung der Reallabore BMW (2019) / Visualisierungs Deutsche (Länder) © Statista AG / BfG 2017 (Daten verändert)

Водород как вариант взаимодействия отраслей

Если учитывать потери кпд, работающий на водороде транспорт менее эффективный, чем электромобили, но намного лучше, чем использование синтетического (на основе ВИЭ) топлива

Amount of renewable energy required for various powertrain and fuel combinations (per 100 km)

Figure 6.1



Структуры поставок водорода – как получить достаточное количество конкурентоспособного водорода

Структуры поставок водорода

Структура поставок водорода, вероятнее всего, потребует нового образа мышления (например, крупные наземные ветроэлектростанции, предназначенные для производства водорода)

Ветряной энергетический узел в Северном море

Партнер по проекту:

TenneT TSO B.V. (Нидерланды)

Energinet.dk (Дания)

TenneT TSO GmbH (Германия)

Gasunie (Нидерланды)

Порт Роттердам (Нидерланды)



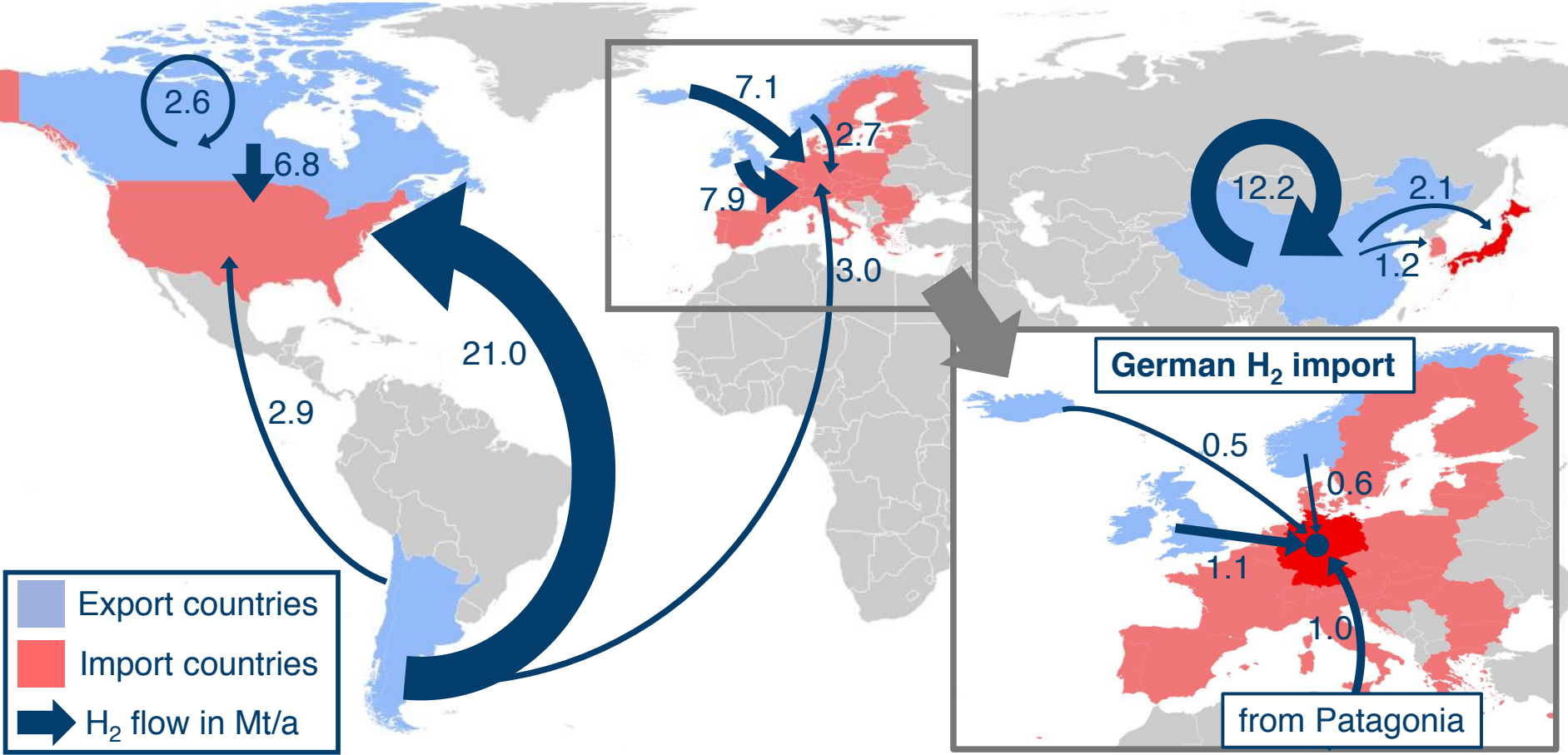
- Искусственный остров в Северном море (6 кв. км)
- Перекресток для наземных ветровых парков (установленная мощность 30 ГВт) и соединительные трубопроводы для европейского рынка электричества
- Отправная точка для поставок электричества или водорода в соседние страны

Sonne Wind & Wärme 5/2017, S.20 „Oase in der Nordsee“

<https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2017/11/Concept-Paper-3-Hub-as-an-Island.pdf>

Структуры поставок водорода

Структура поставок водорода, вероятнее всего, будет основываться на мировых товарных потоках и низких расходах на выработку электроэнергии в странах, где много солнца и ветра

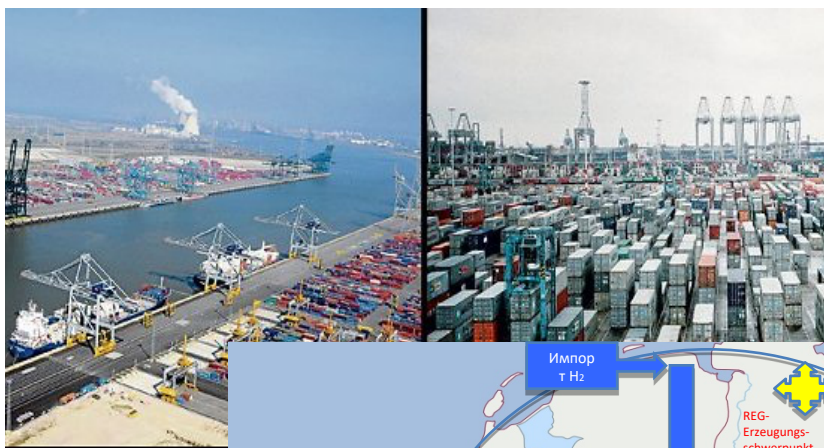


	Germany	Japan	EU	USA	Canada	China	South Korea
Demand in Mt/a (75% Scenario)	3.14	2.05	17.58	30.61	2.55	12.22	1.15
Import LCOH in €/kg (*)	4.66	4.81	4.67	4.34	4.66	4.71	4.77

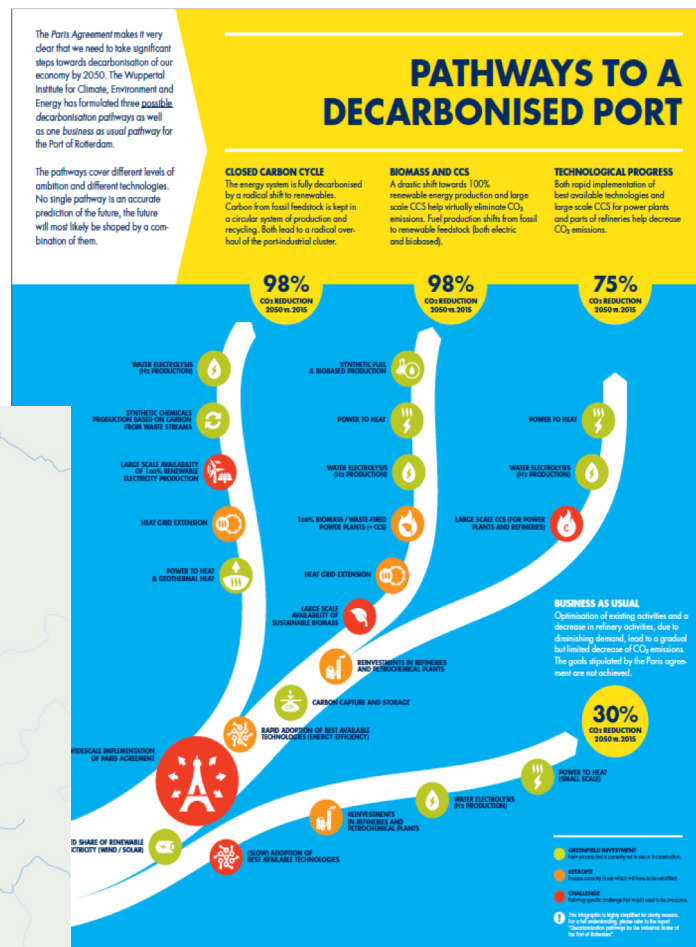
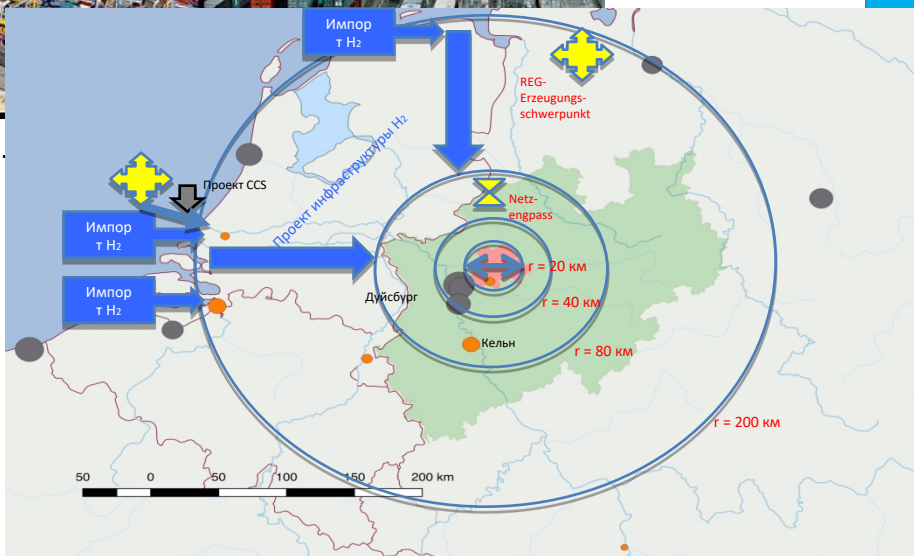
Структуры поставок водорода

Порты будут играть важную роль – существующие нефтяные терминалы (например, порты) могли бы стать в будущем узлом для поставок чистого топлива, включенных в нашу низкоуглеродную стратегию

Пример: Порт Роттердам в Нидерландах, имеющий прямое сообщение с Германией



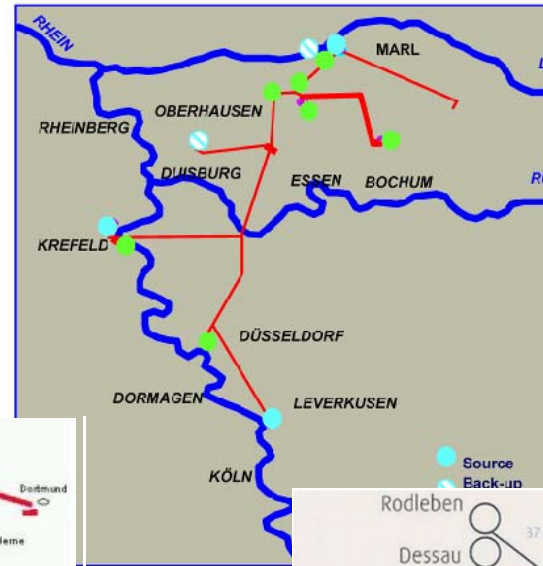
Источник: Visum.



Структуры поставок водорода

...и как поддерживать – просто путем преобразования существующей сети природного газа и расширения уже работающей системы трубопроводов для подачи водорода

Северный Рейн-Вестфалия
Существующие трубопроводы для подачи водорода



Структуры поставок водорода

...и как поддерживать – просто путем преобразования существующей сети природного газа и расширения уже работающей системы трубопроводов для подачи водорода

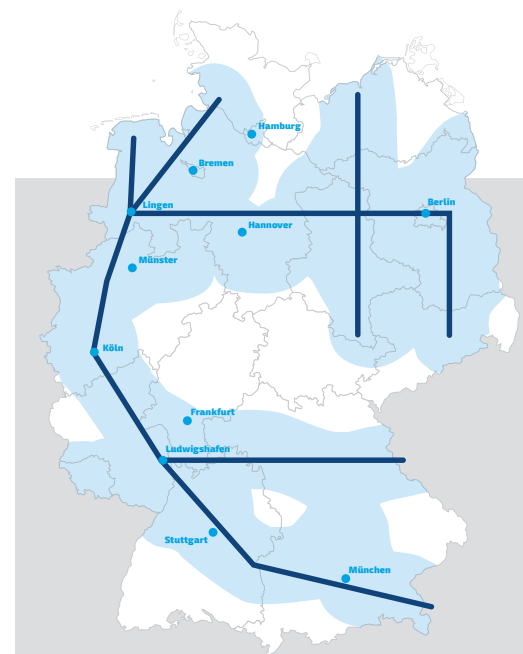


Mit Wasserstoff bringen wir gemeinsam die Energiewende voran

GETH2 – Initiative für den Aufbau einer bundesweiten H₂-Infrastruktur



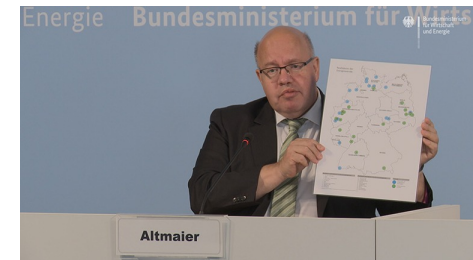
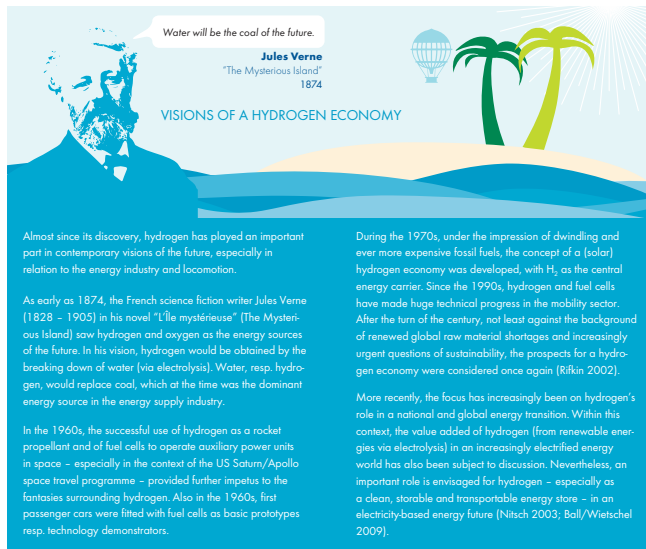
Проект GetH₂ – консорциум (службы электроснабжения и газоснабжения, исследовательские институты) задал отправную точку для строительства водородной инфраструктуры в Германии посредством преобразования существующей сети природного газа



Заключение

Концепция развития водородной экономики не отличается новизной

Давняя мечта, ставшая реальностью, растущая политическая поддержка и внимание общественности



Deutschland

Altmaier kündigt Wasserstoffstrategie des Bundes an

28. Juni 2019, 11:33 Uhr / Quelle: AFP

Düsseldorf (AFP) Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier (CDU) hat noch für dieses Jahr eine Wasserstoffstrategie des Bundes angekündigt. Zuvor werde die Bundesregierung in sogenannten Reallaboren der Energiewende Innovationen im industriellen Maßstab umsetzen, kündigte Altmaier in der "Wirtschaftswoche" an. "Noch im Sommer werden wir die ausgewählten Projektideen bekanntgeben." Die technische Realisierung könne dann ab 2020 starten.

Концепция развития водородной экономики не отличается новизной.

Давняя мечта, ставшая реальностью, растущая политическая поддержка и внимание общественности

Deutschland

Altmaier kündigt Wasserstoffstrategie des Bundes an

28. Juni 2019, 11:33 Uhr / Quelle: AFP

Düsseldorf (AFP) Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier kündigte eine Wasserstoffstrategie des Bundes an. Die sogenannten Reallaboren der Energiewende umzusetzen, kündigte Altmaier in der "Wir" die ausgewählten Projektideen bekanntgeben. 2020 starten.

Berliner Morgenpost

ENERGIE

Brandenburg will Vorreiter für Wasserstoffwirtschaft werden

Die Wasserstofftechnologie wird für Brandenburg als riesige Chance gesehen. Das Interesse ist groß. Doch es müssen dafür einige Weichen gestellt werden.

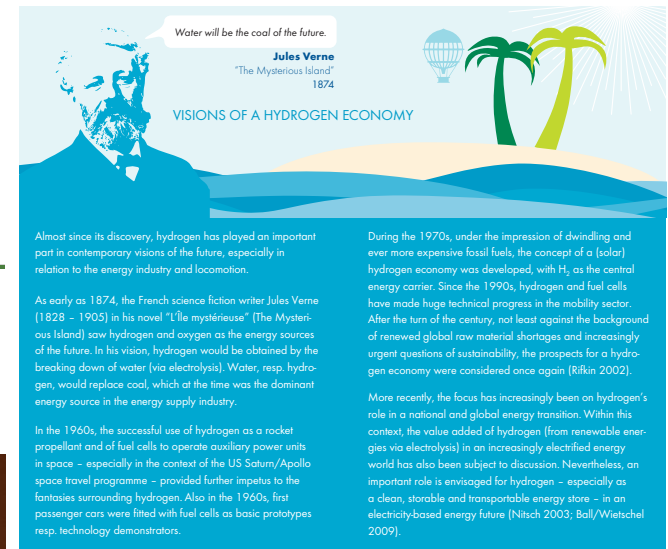
Von dpa
07.08.2019, 16:57



Jörg Steinbach (SPD), Energieminister von Brandenburg.

Foto: dpa

Potsdam. Brandenburg möchte bundesweit Vorreiterregion für die Wasserstoffwirtschaft werden. "Das Potenzial ist gewaltig", sagte Landesenergieminister Jörg Steinbach (SPD) am Mittwoch in Potsdam. Vorgestellt wurde eine Studie des Wasserstoff- und Brennstoffzellenverbandes im Auftrag des Ministeriums. Allein durch die Ansiedlung von Herstellern, die etwa zehn Prozent des deutschen Marktes bedienen, könnten in Brandenburg 3500 bis 7000 Arbeitsplätze entstehen, wird in der Studie errechnet. Kosten für notwendige Investitionen werden allerdings nicht beziffert.



Концепция развития водородной экономики не отличается новизной.

Давняя мечта, ставшая реальностью, растущая политическая поддержка и внимание общественности

Deutschland

Altmaier kündigt Wasserstoff-Offensive des Bundes an

28. Juni 2019, 11:33 Uhr / Quelle: AFP

Düsseldorf (AFP) Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier hat eine Wasserstoffstrategie des Bundes angekündigt. In sogenannten Reallaboren der Bundesländer soll die Umsetzung, kündigte Altmaier an. Die ausgewählten Projektideen sollen bis 2020 starten.

Berliner Morgenpost

ENERGIE

Brandenburg will Vorreiter für Wasserstoffwirtschaft werden

Die Wasserstofftechnologie wird für Brandenburg als riesige Chance gesehen. Das Interesse ist groß. Doch es müssen dafür einige Weichen gestellt werden.

Von dpa 07.08.2019, 16:57



Jörg Steinbach (SPD), Energieminister von Brandenburg.

Potsdam. Brandenburg möchte bundesweit Vorreiterregion für die Wasserstoffwirtschaft werden. „Das Potenzial ist gewaltig“, sagte Landesenergieminister Jörg Steinbach (SPD) am Mittwoch in Potsdam. Vorgestellt wurde eine Studie des Wasserstoff- und Brennstoffzellenverbandes im Auftrag der Bundesregierung. Allein durch die Ansiedlung von Herstellern, die etwa zehn Prozent des deutschen Marktes in Brandenburg 3500 bis 7000 Arbeitsplätze entstehen, wird in der Studie errechnet. Kosten für Investitionen werden allerdings nicht beziffert.

HAMBURG ENERGIEWENDE

Wasserstoff-Offensive der norddeutschen Bundesländer

Veröffentlicht am 02.05.2019 | Lesedauer: 4 Minuten



Ministerpräsident Daniel Günther (CDU, v.l.), Bürgermeister Carsten Sieling, Ministerpräsidentin Manuela Schwesig, Bürgermeister Peter Tschentscher (alle drei SPD), UV-Nord-Präsident...

Quelle: dpa



Water will be the coal of the future.

Jules Verne "The Mysterious Island" 1874

VISIONS OF A HYDROGEN ECONOMY

During the 1970s, under the impression of dwindling and more expensive fossil fuels, the concept of a (solar) hydrogen economy was developed, with H₂ as the central energy carrier. Since the 1990s, hydrogen and fuel cells made huge technical progress in the mobility sector. At the turn of the century, not least against the background of global raw material shortages and increasingly at questions of sustainability, the prospects for a hydrogen economy were considered once again (Rifkin 2002).

...recently, the focus has increasingly been on hydrogen's role in a national and global energy transition. Within this context, the value added of hydrogen (from renewable energy via electrolysis) in an increasingly electrified energy system has also been subject to discussion. Nevertheless, an important role is envisaged for hydrogen – especially as a storable and transportable energy store – in an energy-based energy future (Nitsch 2003; Ball/Wietschel 2019).

Die Ministerpräsidenten des Nordens wollen die Energiewende vorantreiben und dabei die Wirtschaft ankurbeln. Der Fokus liegt dabei auf einem Element, von dem sich die Politik wahre Wunder verspricht.

Es ging um die Energiewende, die Wissenschaft und die Industrie im Norden – und um die Frage, wie sich der zunehmende Einsatz von Wasserstoff positiv auf das Klima auswirken kann. Die Regierungschefs der fünf norddeutschen Länder trafen sich am Donnerstag zum Gipfeltreffen im Hamburger Rathaus, um unter anderem eine norddeutsche Wasserstoffstrategie zu beschließen.

...Тем не менее, Япония и Корея, без сомнения, остаются лидерами в формировании водородной экономики

Концепция развития водородной экономики не отличается новизной

Давняя мечта, ставшая реальностью, растущая политическая поддержка и внимание общественности

«Самое время использовать возможности водорода, чтобы стать ключевыми игроками в секторе чистой, безопасной и доступной энергии в будущем». МЭА 2019 г.

МЭА определено четыре краткосрочных возможности, ускоряющих чистое и широкомасштабное использование водорода. °

1. Сделать промышленные порты мозговыми центрами для расширения возможностей использования чистого водорода.
2. Расширить существующую инфраструктуру, например, миллионы километров трубопроводов природного газа.
3. Расширить транспортные пути для поставки водорода, а именно парки легковых и грузовых автомобилей, коридоры.
4. Запустить первые международные маршруты для поставки водорода.

The Future of Hydrogen

Seizing today's opportunities



Executive summary and recommendations

Report prepared by the IEA
for the G20, Japan



Спасибо за внимание

