

The emerging hydrogen economy and the integrated energy system of the future, an opportunity for Switzerland

Christopher Jones, Part-time Professor of Energy Law and Policy, Florence School of Regulation, European University Institute.¹

Switzerland's climate commitments and hydrogen

On 28th August, the Swiss Government announced that Switzerland will halve its greenhouse gas emissions by 2030, and will cut its emissions to net-zero by 2050². This is ambitious and Switzerland deserves credit for being one of the first countries to take this step. Switzerland is however not alone: the European Union also has a 2050 climate neutrality target³ and China has committed to a zero-carbon economy by 2060⁴. With the US election result, we can be optimistic that we will now see a global acceleration in climate change commitment and action.

The changes needed to reach climate neutrality by 2050 will be immense. We will need to decarbonize road and maritime transport, buildings, industry, agriculture and aviation in just three decades; indeed, a third industrial revolution. 'Energy Efficiency First' will need to remain the highest energy priority, but action across all energy sources and vectors will be needed.

Focus is turning on to how deliver on this commitment in practice; notably how a zero-carbon energy system will look in 2050, and what needs to be done to put us on the trajectory to ensure that the massive investments and structural changes are completed in time. This is the background which explains why hydrogen is climbing the political agenda.

There are, in fact, very few zero-carbon energy sources: wind, water and sunshine. One can add nuclear power to this list, but its drawbacks mean that it will be an option for a limited number of countries, and Switzerland has voted to phase out its use.

It is therefore rather clear that renewable electricity, from reservoirs and rivers (hydroelectricity), sunshine (via photovoltaic panels ('PV'), biomass or hot water) and wind will form the backbone of Switzerland's zero-carbon energy system of tomorrow. These energy sources are inexhaustible and plentiful, and renewable electricity is already competitive with power from fossil fuels. The International Energy Agency expects PV to become the world's cheapest energy source in the future.

Switzerland is in the very fortunate position to be able to meet around 60% of its electricity needs from hydro-electricity. However, this is a finite source, not least because new reservoirs and the effects on rivers resulting from new dams are unpopular and seldom approved throughout Europe.

Nonetheless, hydro-electricity, together with biomass, wind and PV are set to be the bedrock of Switzerland's zero-carbon energy system by 2050. The energy transition will require an important increase in electricity production, as the fossil fuels currently used for transport, heating and industry will need to be replaced by zero-carbon alternatives. This will be a challenge for Switzerland, as it will be for all countries, in finding the space and public acceptance to situate the windmills and PV panels that will be needed, or, if this proves impossible, to source the necessary imports.

¹ In addition to his academic role at the EUI, Christopher Jones is a Principal, Energy Regulatory and Anti-trust, at Baker McKenzie. Prior to 2018, he spent more than 30 years in the European Commission, where has held the posts of Deputy Head of Cabinet of the Energy Commissioner and Deputy Director-General for Energy. He is a leading author in the European energy area, being editor and co-author of three leading reference works, including 'The Internal Energy Market' (2020, Fourth edition).

² See [this announcement](#) by the Swiss Federal Council.

³ See [this announcement](#) of the adoption of a proposal for a Climate Law by the European Commission, aiming to enshrine in legislation the EU's political commitment to be climate neutral by 2050.

⁴ See [this press article](#) by the BBC.

Why will we need hydrogen?

We can therefore power a great deal of the future low and then zero-carbon energy economy with renewable electricity. Cars and buses, domestic heating (heat pumps) and much of industry can be converted to renewable electricity. However, renewable electricity cannot do everything⁵.

Long distance goods transport, maritime shipping, aviation, steel, cement and other high-heat energy intensive industry are unsuited to using electricity, which is insufficiently 'energy dense' for these uses.

Furthermore, hydrogen will be important to play a key role as a 'system integrator' in the new market, storing (renewable) energy, coupling different energy systems, and providing flexibility and balancing solutions for the electricity grid.

Finally, industry currently uses a lot of hydrogen as a feedstock, in the manufacture of fertilizers and chemicals, for example. This is currently produced by splitting natural gas into hydrogen and carbon dioxide, and venting the CO₂ into the atmosphere. Europe used almost 10 million tons of this 'grey' hydrogen last year, responsible for important greenhouse gas emissions. This will progressively need to be replaced with clean hydrogen.

This is why one reads so much about hydrogen in the press at the moment; the realization that zero-carbon hydrogen will need to be an important part of our future energy system, and if we want this new clean hydrogen industry to be ready in 2050, we need to begin the first steps to prepare for this change now.

In fact, it is common ground amongst energy experts that at minimum 10% of any future climate neutral energy system will need to come from zero-carbon hydrogen by 2050⁶. This is a baseline number, and in reality clean hydrogen demand will almost certainly be much higher; some experts predict that it will contribute as much as 23% of our energy needs in 2050⁷. In Switzerland today, 13.8% of energy use comes from natural gas⁸, so we can reasonably expect that, over the next decades, hydrogen will be at least as important as current gas consumption, and probably higher.⁹

Given these expected changes in future energy systems, we are seeing a re-thinking of energy system design, focused on 'Energy System Integration', where CO₂ content will progressively become an 'essential currency' of energy sources and vectors, as customers choose between different energy options for their progressively decarbonizing energy needs. Hydrogen will be a key energy vector linking these energy sources and vectors.

⁵ The [Commission's Hydrogen Strategy](#), for example, underlines that low and zero-carbon hydrogen will not be able to meet all future decarbonised energy needs. This can also be found in independent studies. See, for example, the study entitled « *Can the current EU regulatory framework deliver decarbonisation of gas?* » by the Oxford Institute for Energy Studies, available [here](#) for, or the 'Cost Effective Decarbonisation Study' from the European University Institute available [here](#).

⁶ Considering hydrogen consumption for energy purposes only, the shares in different scenarios very rarely ends up being lower than 10%. See [this](#) Commission summary.

⁷ According to the Commission's summary, this results is from a 2019 study entitled « *Deployment Scenarios for Low Carbon Energy Technologies* » by the Joint Research Centre, see [here](#). This is 2% above the current share of natural gas in EU energy mix according to Eurostat statistics (see [here](#)).

⁸ See the Federal Statistical Office's figures [here](#).

⁹ As explained in footnotes 5 and 6, multiple studies find that the share of hydrogen consumption for energy purposes is highly likely to exceed 10% of energy consumption in a decarbonised scenario, and most estimates are higher. Although the structure of the EU and Swiss energy systems are different, they are not radically so, such that these results should likely not be too different for Switzerland. Furthermore, hydrogen will also be needed as a feedstock (in addition to uses for energy purposes). As around 14% of current Swiss energy demand comes from natural gas, it is therefore reasonable to forecast that in the longer term, clean hydrogen can expect to play a role of similar importance to natural gas today.

Hydrogen comes in many forms. Low carbon – or 'blue' – hydrogen can be produced from natural gas, storing the CO₂ produced in empty gas fields or salt caverns. This may contribute in the transition period during the run up to 2050, but given that all the CO₂ cannot be captured and stored from this process, it is unlikely to be a long term solution.

Zero-carbon hydrogen can be produced using renewable (or nuclear) electricity; either via electrolysis (splitting water into hydrogen and oxygen), or via pyrolysis (splitting natural gas into hydrogen and solid carbon, which can then be used as an industrial feedstock or for soil improvement, without any CO₂ being produced). Time will tell which of these two options is the most competitive, but both can produce zero-carbon hydrogen.

The European Union is now moving ahead in developing its future energy market, based on the 'Energy Sector Integration' concept, and is re-thinking its regulatory models for gas and electricity that are based on an outdated system, designed 30 years ago for separate gas and electricity markets. We can expect new legislation on electricity, hydrogen and gas markets in 2021, in an effort to seamlessly link the different energy sectors.

In this context, the EU is also focused on the future hydrogen market, and has recently issued a Hydrogen Strategy, committing to billions of Euros in research and development in the coming years, and setting medium and long-term targets for the production of clean hydrogen¹⁰. Whilst low and zero-carbon hydrogen is currently expensive, we can expect significant cost reductions in the future, due to investments in research and development. Towards the second half of this decade, we can therefore expect clean hydrogen to start to replace existing demand for hydrogen as a feedstock. The EU envisages the gradual phase-out of natural gas and its replacement by hydrogen, and converting its gas network for hydrogen usage (it being widely acknowledged that re-purposing existing natural gas pipelines for future hydrogen use will be far cheaper than building a new network)¹¹.

The EU's energy focus has therefore shifted towards the future. It considers that new regulatory initiatives should be focused on linking the energy system through 'Energy Sector Integration', and taking the measures to efficiently develop the future hydrogen market and grid. The EU will therefore table new legislation next year¹² setting out the trading rules applying to the hydrogen market and how they will interact with the natural gas and electricity markets and networks, how it intends to support and develop the new cross-border hydrogen network, and how to kick-start hydrogen demand.

What Switzerland needs to do

So, how will the future hydrogen market in Switzerland look and what needs to be done to prepare for it?

It is not possible for Switzerland, as the EU, to wait until the last moment to catalyze zero-carbon renewable hydrogen production, convert industry and transport equipment, and to develop a (re-purposed) hydrogen pipeline system. It is important that Switzerland does not get left behind in the emergence of a pan-European hydrogen market.

¹⁰ See the [Commission's Hydrogen Strategy](#), for example Section 6.

¹¹ See, for example the European Commission Hydrogen Strategy at page 15. Furthermore, discussions between European TSOs working on the European hydrogen backbone (see [this report](#)) suggest that « *that the capital cost of repurposing existing pipelines represents 10-25% of that of building new dedicated hydrogen pipelines* ». Although for smaller diameter pipelines, these preliminary discussions indicate that the cost of repurposing could sometimes be higher than the cost of building dedicated pipelines, these preliminary figures show that the construction of the hydrogen network will almost certainly be more cost-effective if it includes a large repurposing component, especially of large diameter pipelines.

¹² See the Commission's work program, in particular the 'Fit for 55 package', available [here](#).

Switzerland therefore needs to progress thinking on its own new 'energy sector integration and hydrogen strategy'. Failing to do so may lead to Switzerland missing opportunities, and indeed to higher future energy costs than would result from an efficiently integrated market with hydrogen playing its proposed role.

This strategy will need to cover issues such as the speed of incentivizing Swiss companies to switch from 'grey' to clean hydrogen, and the move from fossil fuels to clean hydrogen. EU Member States such as Germany, France and the Netherlands, and many other countries worldwide – including Japan, China, Australia and even Chile – are rapidly developing their hydrogen strategies and economies. These provide excellent examples, but need adapting for Switzerland's own situation. Switzerland's almost unique electricity mix is particularly suited to manufacturing cheap zero-carbon hydrogen, as hydro (and nuclear until the phase out) can provide cheap zero-carbon power 24/7, although given the expected increase in electricity demand, it will also have to import at least some of the clean hydrogen that it will need in the medium- to long-term. There are many opportunities, as well as challenges for Switzerland.

The EU will also start working on the planning of the initial steps of a 'Hydrogen Backbone' based on repurposing existing pipelines. Switzerland is part of this future initial Backbone. It is an essential gas transit country to and from Italy (which has high ambitions for renewable hydrogen). As mentioned above, it is common ground that the most cost-effective way to develop the future hydrogen grid is to re-purpose existing gas infrastructure. This requires significant investment.

Conclusions

It is too early to fully predict how the future hydrogen economy will look like in the long term; technology will surely change over the next three decades in ways we cannot predict today. There are, however, a number of things that are clear and predictable.

First, the nature of the energy system is changing, from a series of different energy sources operating side-by-side, towards an integrated energy system, where the three 'silos': electricity, heat and mobility become a single integrated system, of which hydrogen will be an essential part. Energy policy in future will increasingly need to take this into account, adopting an integrated approach to future gas, electricity or hydrogen specific legislation.

Second, we will need a great deal of clean hydrogen in the future as we decarbonize our energy systems. Switzerland will almost certainly need at as much clean hydrogen in 2050 as it uses natural gas today. Whilst significant demand for clean hydrogen is not expected to emerge for a few years, as it is currently expensive, it will be necessary to develop the ground rules over the coming years. We can expect the Commission to propose the first legislative approach outlining its future market already in 2021. Switzerland needs to start preparing its own hydrogen strategy reflecting its specific situation and interests, involving all stakeholders to ensure that developments take place in a manner that enables hydrogen to play its role as a 'energy system integrator' to ensure that it can benefit from this new energy development.

Warum werden wir Wasserstoff brauchen?

Deshalb können wir einen großen Teil der künftigen kohlenstoffarmen und dann kohlenstofffreien Energiewirtschaft mit erneuerbarem Strom betreiben. Autos und Busse, Hausheizungen (Wärmepumpen) und ein großer Teil der Industrie können auf erneuerbaren Strom umgestellt werden. Allerdings kann erneuerbare Elektrizität nicht alles leisten.

Der Güterfernverkehr, die Seeschifffahrt, die Luftfahrt, die Stahlindustrie, die Zementindustrie und andere hochwärmeenergieintensive Industriezweige sind für die Nutzung von Elektrizität ungeeignet, die für diese Verwendungszwecke nicht ausreichend "energiedicht" ist.

Darüber hinaus wird Wasserstoff wichtig sein, um eine Schlüsselrolle als "Systemintegrator" auf dem neuen Markt zu spielen, indem er (erneuerbare) Energie speichert, verschiedene Energiesysteme koppelt und Flexibilität und Ausgleichslösungen für das Stromnetz bietet.

Schließlich verwendet die Industrie derzeit viel Wasserstoff als Ausgangsmaterial, zum Beispiel bei der Herstellung von Düngemitteln und Chemikalien. Dieser wird derzeit durch die Aufspaltung von Erdgas in Wasserstoff und Kohlendioxid und die Ableitung des CO₂ in die Atmosphäre erzeugt. Europa verbrauchte im vergangenen Jahr fast 10 Millionen Tonnen dieses "grauen" Wasserstoffs, der für bedeutende Treibhausgasemissionen verantwortlich ist. Dieser wird nach und nach durch sauberen Wasserstoff ersetzt werden müssen.

Deshalb liest man im Moment so viel über Wasserstoff in der Presse; die Erkenntnis, dass kohlenstofffreier Wasserstoff ein wichtiger Teil unseres zukünftigen Energiesystems sein muss, und wenn wir wollen, dass diese neue, saubere Wasserstoffindustrie im Jahr 2050 bereit ist, müssen wir jetzt mit den ersten Schritten beginnen, um uns auf diesen Wandel vorzubereiten.

Tatsächlich ist es unter Energieexperten allgemein bekannt, dass bis 2050 mindestens 10 % jedes künftigen klimaneutralen Energiesystems aus kohlenstofffreiem Wasserstoff stammen müssen. Dies ist eine Basiszahl, und in Wirklichkeit wird der Bedarf an sauberem Wasserstoff mit ziemlicher Sicherheit viel höher sein; einige Experten sagen voraus, dass er im Jahr 2050 bis zu 23% unseres Energiebedarfs decken wird. In der Schweiz stammen heute 13,8 % des Energieverbrauchs aus Erdgas, so dass wir vernünftigerweise davon ausgehen können, dass Wasserstoff in den nächsten Jahrzehnten mindestens so wichtig sein wird wie der derzeitige Gasverbrauch, wahrscheinlich sogar noch höher.

Angesichts dieser zu erwartenden Veränderungen in den künftigen Energiesystemen erleben wir ein Umdenken bei der Gestaltung der Energiesysteme, wobei der Schwerpunkt auf der "Integration der Energiesysteme" liegt, wo der CO₂-Gehalt nach und nach zu einer "wesentlichen Währung" der Energiequellen und -vektoren werden wird, da die Kunden zwischen verschiedenen Energieoptionen für ihren nach und nach dekarbonisierenden Energiebedarf wählen können. Wasserstoff wird ein Schlüsselenergievektor sein, der diese Energiequellen und -vektoren miteinander verbindet.

Warum werden wir Wasserstoff brauchen?

Deshalb können wir einen großen Teil der künftigen kohlenstoffarmen und dann kohlenstofffreien Energiewirtschaft mit erneuerbarem Strom betreiben. Autos und Busse, Hausheizungen (Wärmepumpen) und ein großer Teil der Industrie können auf erneuerbaren Strom umgestellt werden. Allerdings kann erneuerbare Elektrizität nicht alles leisten.

Der Güterfernverkehr, die Seeschifffahrt, die Luftfahrt, die Stahlindustrie, die Zementindustrie und andere hochwärmeenergieintensive Industriezweige sind für die Nutzung von Elektrizität ungeeignet, die für diese Verwendungszwecke nicht ausreichend "energiedicht" ist.

Darüber hinaus wird Wasserstoff wichtig sein, um eine Schlüsselrolle als "Systemintegrator" auf dem neuen Markt zu spielen, indem er (erneuerbare) Energie speichert, verschiedene Energiesysteme koppelt und Flexibilität und Ausgleichslösungen für das Stromnetz bietet.

Schließlich verwendet die Industrie derzeit viel Wasserstoff als Ausgangsmaterial, zum Beispiel bei der Herstellung von Düngemitteln und Chemikalien. Dieser wird derzeit durch die Aufspaltung von Erdgas in Wasserstoff und Kohlendioxid und die Ableitung des CO₂ in die Atmosphäre erzeugt. Europa verbrauchte im vergangenen Jahr fast 10 Millionen Tonnen dieses "grauen" Wasserstoffs, der für bedeutende Treibhausgasemissionen verantwortlich ist. Dieser wird nach und nach durch sauberen Wasserstoff ersetzt werden müssen.

Deshalb liest man im Moment so viel über Wasserstoff in der Presse; die Erkenntnis, dass kohlenstofffreier Wasserstoff ein wichtiger Teil unseres zukünftigen Energiesystems sein muss, und wenn wir wollen, dass diese neue, saubere Wasserstoffindustrie im Jahr 2050 bereit ist, müssen wir jetzt mit den ersten Schritten beginnen, um uns auf diesen Wandel vorzubereiten.

Tatsächlich ist es unter Energieexperten allgemein bekannt, dass bis 2050 mindestens 10 % jedes künftigen klimaneutralen Energiesystems aus kohlenstofffreiem Wasserstoff stammen müssen. Dies ist eine Basiszahl, und in Wirklichkeit wird der Bedarf an sauberem Wasserstoff mit ziemlicher Sicherheit viel höher sein; einige Experten sagen voraus, dass er im Jahr 2050 bis zu 23% unseres Energiebedarfs decken wird. In der Schweiz stammen heute 13,8 % des Energieverbrauchs aus Erdgas, so dass wir vernünftigerweise davon ausgehen können, dass Wasserstoff in den nächsten Jahrzehnten mindestens so wichtig sein wird wie der derzeitige Gasverbrauch, wahrscheinlich sogar noch höher.

Angesichts dieser zu erwartenden Veränderungen in den künftigen Energiesystemen erleben wir ein Umdenken bei der Gestaltung der Energiesysteme, wobei der Schwerpunkt auf der "Integration der Energiesysteme" liegt, wo der CO₂-Gehalt nach und nach zu einer "wesentlichen Währung" der Energiequellen und -vektoren werden wird, da die Kunden zwischen verschiedenen Energieoptionen für ihren nach und nach dekarbonisierenden Energiebedarf wählen können. Wasserstoff wird ein Schlüsselenergievektor sein, der diese Energiequellen und -vektoren miteinander verbindet.

Wasserstoff gibt es in vielen Formen. Aus Erdgas kann kohlenstoffarmer - oder "blauer" - Wasserstoff hergestellt werden, wobei das erzeugte CO₂ in leeren Gasfeldern oder Salzkavernen gespeichert wird. Dies kann in der Übergangszeit bis 2050 einen Beitrag leisten, aber da nicht das gesamte CO₂ aus diesem Prozess abgetrennt und gespeichert werden kann, ist es unwahrscheinlich, dass dies eine langfristige Lösung ist.

Kohlenstofffreier Wasserstoff kann mit erneuerbarer (oder nuklearer) Elektrizität erzeugt werden; entweder durch Elektrolyse (Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff) oder durch Pyrolyse (Spaltung von Erdgas in Wasserstoff und festen Kohlenstoff, der dann als industrieller Rohstoff oder zur Bodenverbesserung verwendet werden kann, ohne dass CO₂ entsteht). Die Zeit wird zeigen, welche dieser beiden Optionen die wettbewerbsfähigste ist, aber beide können kohlenstofffreien Wasserstoff erzeugen.

Die Europäische Union schreitet nun bei der Entwicklung ihres künftigen Energiemarktes auf der Grundlage des Konzepts der "Integration des Energiesektors" voran und überdenkt ihre Regulierungsmodelle für Gas und Elektrizität, die auf einem veralteten System basieren, das vor 30 Jahren für getrennte Gas- und Elektrizitätsmärkte konzipiert wurde. Wir können im Jahr 2021 mit einer

neuen Gesetzgebung für Strom-, Wasserstoff- und Gasmärkte rechnen, in dem Bemühen, die verschiedenen Energiesektoren nahtlos miteinander zu verbinden.

In diesem Zusammenhang konzentriert sich die EU auch auf den zukünftigen Wasserstoffmarkt und hat vor kurzem eine Wasserstoffstrategie herausgegeben, die für die kommenden Jahre Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung vorsieht und mittel- und langfristige Ziele für die Produktion von sauberem Wasserstoff festlegt. Während kohlenstoffarmer und kohlenstofffreier Wasserstoff derzeit teuer ist, können wir in Zukunft aufgrund von Investitionen in Forschung und Entwicklung mit erheblichen Kostensenkungen rechnen. Gegen die zweite Hälfte dieses Jahrzehnts können wir daher erwarten, dass sauberer Wasserstoff beginnen wird, die bestehende Nachfrage nach Wasserstoff als Ausgangsstoff zu ersetzen. Die EU plant den schrittweisen Ausstieg aus Erdgas und dessen Ersetzung durch Wasserstoff sowie die Umstellung ihres Gasnetzes auf die Wasserstoffnutzung (wobei allgemein anerkannt ist, dass die Neuverwendung bestehender Erdgasleitungen für die künftige Wasserstoffnutzung weitaus kostengünstiger sein wird als der Bau eines neuen Netzes).

Der Energieschwerpunkt der EU hat sich daher in die Zukunft verlagert. Sie ist der Ansicht, dass sich neue Regulierungsinitiativen darauf konzentrieren sollten, das Energiesystem durch "Integration des Energiesektors" zu verknüpfen und Maßnahmen zur effizienten Entwicklung des zukünftigen Wasserstoffmarktes und -netzes zu ergreifen. Die EU wird daher im nächsten Jahr neue Rechtsvorschriften vorlegen, in denen die für den Wasserstoffmarkt geltenden Handelsregeln und ihre Wechselwirkung mit den Erdgas- und Elektrizitätsmärkten und -netzen dargelegt werden, wie sie das neue grenzüberschreitende Wasserstoffnetz unterstützen und entwickeln will und wie die Wasserstoffnachfrage angekurbelt werden kann.

Was die Schweiz tun muss

Wie wird also der zukünftige Wasserstoffmarkt in der Schweiz aussehen und was muss getan werden, um sich darauf vorzubereiten?

Es ist für die Schweiz als EU nicht möglich, bis zum letzten Moment zu warten, um die kohlenstofffreie Produktion von kohlenstofffreiem, erneuerbarem Wasserstoff zu katalysieren, die Industrie und die Transportausrüstung umzustellen und ein (wiederverwendbares) Wasserstoff-Pipelinesystem zu entwickeln. Es ist wichtig, dass die Schweiz beim Entstehen eines gesamteuropäischen Wasserstoffmarktes nicht ins Hintertreffen gerät.