

Zuger Initiative zur Dekarbonisierung der Industrie

Christian Bach, Julia Gerber, Empa; Andreas Bittig, Beat Weiss, Tech Cluster Zug



Titelbild: Geplante Anlage auf dem Areal des Tech Cluster Zug

1. Kontext

Ausgangslage 2021

Das schweizerische und weltweite Ziel einer Reduktion der Erderwärmung verlangt eine rasche und umfassende Dekarbonisierung aller Energie- und Wirtschaftssektoren¹. Bis 2050 soll fossile Energie vollständig durch erneuerbare Energie ersetzt werden. Die restlichen, als "unvermeidbar" bezeichneten Emissionen (z.B. Emissionen aus der Viehwirtschaft oder der Kehrrichtverbrennung) müssen über "negative CO₂-Emissionen" kompensiert werden².

Export von CO₂-Emissionen vor allem im Winter

In der Realität ist diese Transformation komplex. So stellt beispielsweise der Wechsel von fossiler auf erneuerbare Energie in einzelnen Anwendungen nicht automatisch eine CO₂-Minderung dar, weil nicht ausgeschlossen werden kann, dass die erneuerbare Energie lediglich anderen Anwendungen oder Energiesektoren entzogen wird³. Eine CO₂-Reduktion stellt sich erst dann ein, wenn durch die neue Anwendung gleichzeitig entsprechend mehr erneuerbare Energie in das Energiesystem integriert wird. Das ist insbesondere im Winter noch über mehrere Jahrzehnte sehr herausfordernd, weil erneuerbare Energie in Mitteleuropa dann nur limitiert verfügbar ist⁴ und neue Produktions- und Versorgungsketten sowie Handelsprozesse erst aufgebaut werden müssen.

Die Schweiz verursacht bereits heute über 60% ihrer CO₂-Emissionen im Ausland⁵. Die politischen Vorgaben zur Dekarbonisierung berücksichtigen diese aber nicht, sondern nur einheimische Emissionen. Eine weitere "Verschiebung" von CO₂-Emissionen ins Ausland (z.B. durch Stromimporte im Winter oder einer Verschiebung von industrieller Fertigung ins weniger regulierte Ausland) würde zwar zu einer CO₂-Reduktion im Inland führen, ohne entsprechende Massnahmen im Ausland aber nicht dem übergeordneten Ziel einer Reduktion der Erderwärmung dienen. Zielführend ist nur eine ganzheitliche, globale Betrachtung.

Kontrolle der Emissionen vor Ort

Die hier vorgestellte "Zuger Initiative zur Dekarbonisierung der Industrie" geht deshalb von einem ganzheitlichen und nachhaltigen Ansatz aus, mit Vermeidung von CO₂ Emissionen vor Ort; selbst zu Zeiten ohne Verfügbarkeit von zusätzlicher erneuerbarer Energie. In den Bereichen Mobilität und Gebäude (Raumwärme) sind bereits eine Vielzahl von Projekten lanciert. Deshalb fokussiert die Zuger Initiative auf die Dekarbonisierung der Industrie, die nach Mobilität und Raumwärme den drittichtigsten Energiesektor darstellt. Dabei werden insbesondere industrielle Hochtemperaturprozesse, industrielle Logistik (v.a. Lastwagen, Baumaschinen), sowie die sichere Versorgung im Winterhalbjahr mit CO₂-armer Elektrizität und Wärme adressiert.

Schweizer Forschungsinstitute und Zuger Unternehmen arbeiten vor Ort zusammen

Die Initiative markiert dabei den Start einer längerfristig geplanten Zusammenarbeit in Zug zwischen Wirtschaftsunternehmen und Forschungsinstituten in diesen Fragestellungen. Dabei werden Technologie- und Marktentwicklungen sowie regulatorische Rahmenbedingungen laufend analysiert und berücksichtigt.

¹ Long-term Climate Strategy of Switzerland (<https://unfccc.int/gcse?q=switzerland>)

² Von welcher Bedeutung könnten negative CO₂-Emissionen für die künftigen klimapolitischen Massnahmen der Schweiz sein? Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 18.4211 Thorens Goumaz vom 12. Dez. 2018

³ Rüdüsüli M. et al; Impacts of an Increased Substitution of Fossil Energy Carriers with Electricity-Based Technologies on the Swiss Electricity System; Energies (2019)

⁴ Lienhard N. et al; Paper submitted to Submitted to Renewable & Sustainable Energy Reviews (2021)

⁵ Mehr als 60% des Schweizer Treibhausgas-Fussabdrucks entsteht im Ausland (Bundesamt für Statistik 2018)

Das Ziel ist eine rasche Dekarbonisierung. Eingebettet in den ersten vollständig gekoppelten Multi Energy Hub in Zug werden durch die vorgeschlagene Initiative Pilotanlagen zur Substitution von fossilen Treibstoffen für die industrielle Mobilität (v.a. LKW) sowie zur Dekarbonisierung von Hochtemperaturprozessen in der Industrie realisiert und betrieben.

Rahmenbedingungen schaffen und ein Momentum erzeugen

Die Initiative nutzt bereits bestehende Ansätze sowie Infrastrukturen und Versorgungsmechanismen und sie denkt die *Transformation der Energieversorgung* (lokale/regionale Multi Energy Hubs) weiter. Zudem sollen längerfristig lokal negative CO₂-Emissionen realisiert werden mit einem schweizweit ersten industriellen Demonstrator. Dazu sollen regulatorische Hindernisse identifiziert, quantifiziert und innovative technologische Ansätze im 1:1-Massstab getestet und bei Eignung auf höhere Technologie- und Marktreifegrade weiterentwickelt sowie Chancen für neue Marktfelder frühzeitig erkannt und analysiert werden.

In die Stärken von Zug investieren

Der Kanton Zug bietet mit seiner hohen Dichte an verantwortungsbewussten Unternehmen sowie dem neuartigen Gesamtenergiesystem Multi Energy Hub im Industrieumfeld der Metall Zug, der V-ZUG und dem innovativen Energieversorger WWZ die idealen Voraussetzungen als Modellregion für eine zukunftsfähige und nachhaltige Industrie. Zudem ist der Kanton mit seiner sehr guten und gesicherten Finanzlage und seinen weitsichtigen Investitionsvorhaben wie dem Programm "Zug+" das geeignete politische Umfeld für eine solche, von privaten Unternehmen organisierte Initiative.

Das Vorhaben soll als Kondensationskern für weitere Ideen im Bereich der Dekarbonisierung, negativer Emissionen oder der Kohlenstoffnutzung dienen und lokal verfügbare Expertise bereitstellen.

Statements

Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Direktor Empa:

Die Realisierung und Erprobung neuer und vielversprechender technologischer Ansätze im industriellen Umfeld, wie in der Zuger Initiative vorgesehen, ermöglicht einen wichtigen Schritt zur Dekarbonisierung der Wirtschaft. Wir freuen uns, in dieser Initiative mit unserem Knowhow einen Beitrag für die Umsetzung zum Wohle der nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung zu leisten.

Heinz M. Buhofer, Unternehmer - Metall Zug und V-ZUG:

Die Klimaveränderung stellt zusammen mit der Versorgungssicherheit eine grosse Herausforderung dar. Die Zuger Unternehmen sind in der Lage und stehen in der Verantwortung, bedeutende Beiträge im In- und Ausland zu leisten. Waren wir bei «Big Oil» Zuschauer können wir bei «Big Non Carbon» eine Rolle spielen.

Silvia Thalmann-Gut, Regierungsrätin, Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zug:

Die Ablösung kohlenstoffhaltiger Energieträger durch erneuerbare Energien ist ein Gebot der Stunde. Der Kanton Zug kann zusammen mit der Zuger Wirtschaft eine führende Rolle einnehmen und dringend benötigte Innovationen vorantreiben. Gleichzeitig werden das Wissen und die Netzwerke für neue Technologien vor Ort aufgebaut und gestärkt.

2. Projektumfang

In der Diskussion zur Dekarbonisierung industrieller Anwendungen wird oftmals Wasserstoff (H₂) als neuer Energieträger angeführt. Dieser eignet sich grundsätzlich für den Einsatz in Hochtemperaturprozessen und Fahrzeugen, führt aber aufgrund der aktuellen Herstellungsart zu einem entsprechend erhöhten Stromimportbedarf im Winterhalbjahr⁶, was sowohl für die CO₂-Reduktion wie auch für die Versorgungssicherheit problematisch ist. Die Rahmenbedingungen für den zukünftigen Import von Elektrizität sind nämlich alles andere als klar, weil sich der europäische Stromsektor durch den New Green Deal der EU ebenfalls stark verändern wird. Daher steigt das Risiko von landesweiten Stromausfällen, mit geschätzten Kosten von 1'800 MCHF pro Vorfall⁷. Die Produktion von Wasserstoff mittels Elektrolyse ist zudem teuer (siehe Abbildung 3) weshalb der Einsatz von solchem Wasserstoff im industriellen Umfeld unwahrscheinlich ist.

Im Rahmen der Zuger Initiative zur Dekarbonisierung der Industrie sollen deshalb zwei sich ergänzende Ansätze für die Wasserstoffbereitstellung realisiert werden (siehe Abbildung 1):

- Die *pyrolytische Wasserstofferzeugung* für die Dekarbonisierung industrieller Hochtemperatur-Prozesse und der kombinierten Strom-/Wärme-Erzeugung im Winterhalbjahr (Erhöhung der Stromversorgungssicherheit im Winter). Dabei entsteht fester Kohlenstoff (C_(s)), der im Rahmen dieses Projekts als neue, werthaltige Ressource im Bau- und Landwirtschaftsbereich eingesetzt werden soll⁸.
- Die *dezentrale elektrolytische Wasserstofferzeugung* eingebettet in ein gekoppeltes Quartierenergieversorgungssystem für den Betrieb von industriellen Fahrzeugen (v.a. LKW). Durch den dezentralen Ansatz soll der aktuelle Strassentransport von Wasserstoff vermieden werden, indem ein neuer Ansatz für eine Stromnetz-Kostenregulierung aufgezeigt wird.

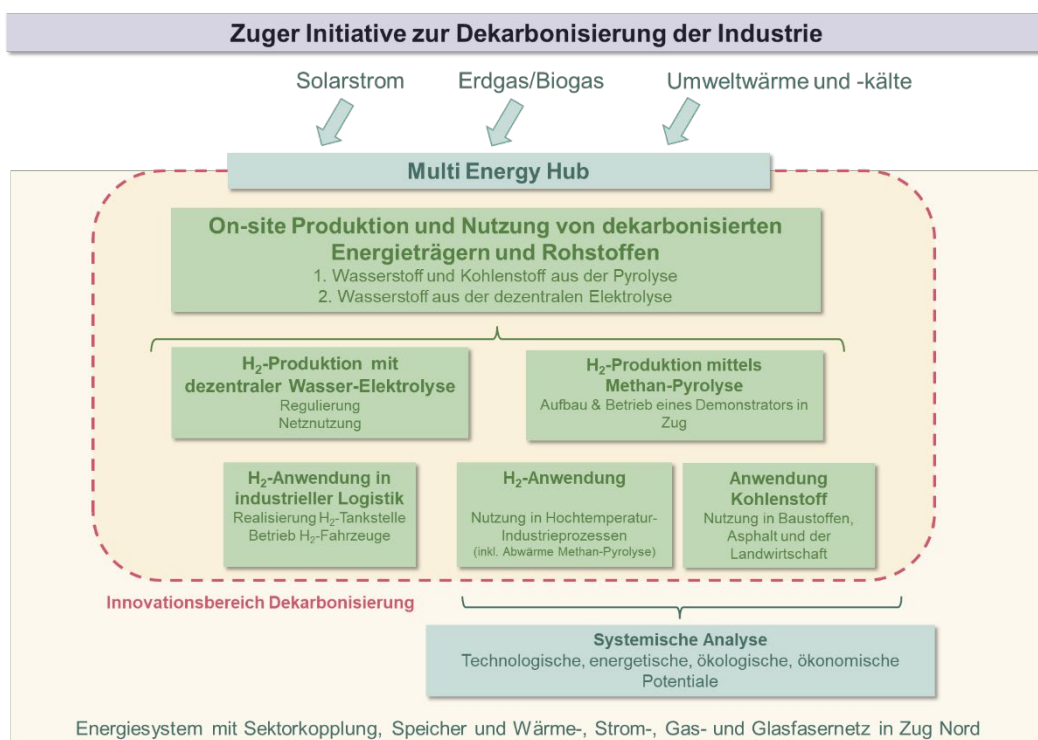


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Zuger Initiative zur Dekarbonisierung der industriellen Mobilität und industrieller Prozesse, inklusive Berücksichtigung indirekter Auswirkungen (Realisierung im Verbund mit dem Multi Energy Hub).

⁶ BFE, Energieperspektiven 2050+ (November 2020)

⁷ Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020 / Gefährdungsdossier Stromausfall (FOCP 2020)

⁸ Weitere Anwendungen wie eine Kohlestoffnutzung beispielsweise als Carbon-Werkstoffe sind denkbar, würden den Rahmen dieses Projekts jedoch sprengen.

Die Umsetzung der neuen technologischen Ansätze erfolgt in einem industriellen Living Lab, in welchem die konkrete gesamtenergetische Einbindung und die Nutzung der produzierten Brenn- und Rohstoffe modellhaft getestet werden kann.

Der Innovationsbereich umfasst dabei die im Folgenden weiter ausgeführten Projektziele.

3. Projektziel: Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff-Technologien

Weshalb zwei Wasserstofferzeugungsverfahren (Methan-Pyrolyse und Wasser-Elektrolyse)?

Industrielle Hochtemperaturprozesse benötigen keine hohe Reinheit beim Brennstoff, sind aber auf eine kostengünstige und robuste Energiezufuhr angewiesen. Pyrolytisch erzeugter Wasserstoff erfüllt diese Kriterien, weil er wesentlich kostengünstiger hergestellt werden kann als elektrolytisch erzeugter Wasserstoff (s. Abbildung 3) und weil Hochtemperaturprozesse im Falle einer Störung der Pyrolyseanlage unterbruchsfrei auf Erdgas/Biogas umstellbar sind. Die pyrolytische Wasserstofferzeugung befindet sich in einem frühen Technologiereifegrad und ist deshalb noch auf die Förderung angewiesen.

Demgegenüber benötigen Brennstoffzellen, wie sie in Lastwagen mit elektrischem Antrieb zur Stromerzeugung aus Wasserstoff eingesetzt werden, hochreinen Wasserstoff, wie er ohne aufwändige Nachreinigung nur in Elektrolyseanlagen hergestellt werden kann. Die elektrolytische Wasserstofferzeugung kann heute für den LKW-Bereich dank LSVA-Befreiung bereits wirtschaftlich betrieben werden; allerdings ist eine Anpassung dieser Regelung im Rahmen der Revision des CO₂-Gesetzes in politischer Diskussion⁹.

Energetische Wasserstoffanwendungen sind heute generell auf Subventionierung/Förderung angewiesen. Um diesen Zustand zu brechen, braucht es Innovationen sowohl auf regulatorischer wie auch auf technologischer Seite. Ein Ziel der Zuger Initiative ist deshalb die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffanwendungen. Konkret bedeutet dies, dass die pyrolytische Wasserstofferzeugung durch die Zuger Initiative auf dem Produktentwicklungspfad massgeblich beschleunigt und das entsprechende Knowhow für die Anwendung bei den beteiligten Partnern aufgebaut wird. Für die elektrolytische Wasserstofferzeugung wird der dezentrale Betrieb erprobt, um Strassentransporte nach Möglichkeit abzulösen.

Pyrolytische Wasserstofferzeugung

Die pyrolytische Wasserstofferzeugung stellt einen neuen technologischen Ansatz dar und soll im Rahmen dieser Zuger Initiative erstmalig in der Schweiz in einer industriellen Pilotanlage realisiert werden. Ausgangsmaterial ist Methan (CH₄), das als Hauptbestandteil von Erdgas oder Biogas bereits heute in der Industrie im grossen Stil energetisch genutzt wird. In der Pyrolyse wird Methan mittels Zufuhr von Energie (Elektrizität) in Wasserstoff und Kohlenstoff aufgespalten (Abbildung 2). Anders als bei der bisherigen industriellen Wasserstofferzeugung mittels Dampfreformierung fällt der Kohlenstoffanteil des Methans dabei nicht als gasförmiges CO₂ an, sondern als *fester Kohlenstoff* (C_(s)), was aus Klimasicht ein enormer Vorteil ist. Dieser Kohlenstoff steht zudem neu als werthaltiger Rohstoff für die Bau- und Landwirtschaft zur Verfügung. Allerdings - und das ist der Nachteil - geht die Energie, die im Kohlenstoff steckt, aufgrund der nicht-energetischen Nutzung verloren. Werden mit diesem Verfahren Hochtemperaturprozesse mit Wasserstoff versorgt, kann die auf hohem Temperaturniveau anfallende Abwärme der Methan-Pyrolyse aber zusätzlich genutzt werden.

⁹ Revision des CO₂-Gesetzes: Eröffnung des Vernehmlassungsverfahrens (17.12.2021)

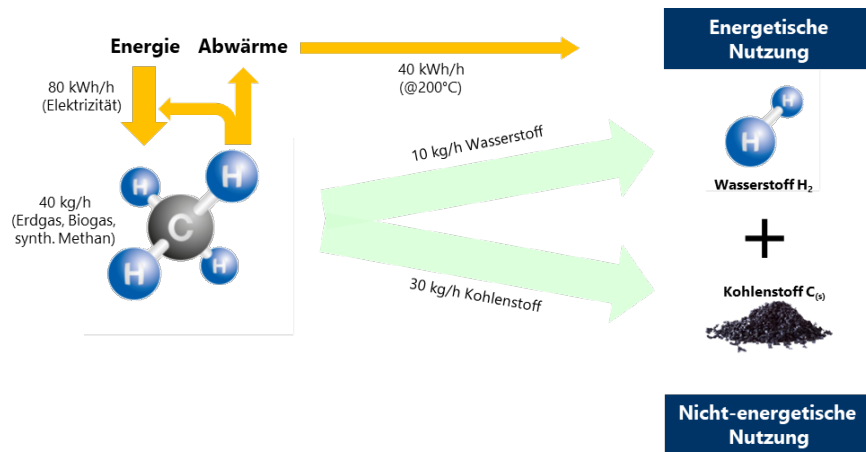


Abbildung 2: Prinzip-Schema der Methan-Pyrolyse mit Energiezufuhr für die Spaltung des Methan-Moleküls in gasförmigen (energetisch nutzbaren) Wasserstoff und festen (nicht-energetisch nutzbaren) Kohlenstoff

Der im geplanten Demonstrator pyrolytisch erzeugte Wasserstoff soll dem Emallierungsofen der V-ZUG als Brenngas zugeführt werden, um die entsprechende Menge an Erdgas zu substituieren. Die erforderlichen technischen Anpassungen werden mit dem Hersteller der Anlage und den für den Betrieb verantwortlichen Personen sowie mit den Genehmigungsstellen abgestimmt. In diesem Projekt vorgesehen ist der Betrieb der Pyrolyseanlage während 10'000 Vollaststunden innerhalb von 3 - 4 Jahren. Damit werden insgesamt 100 t Wasserstoff erzeugt, und es können rund 700 t CO_2 eingespart werden. Gleichzeitig entstehen 300 t fester Kohlenstoff ($\text{C}_{(s)}$), die in der Bau- und Landwirtschaft eingesetzt werden sollen. Untersuchungen zum Einsatz von Kohlenstoff als Zusatz zu Beton und Asphalt laufen bereits und werden auch zukünftig von der Forschungsanstalt Empa weiterverfolgt.

Die Methan-Pyrolyse wird in der Literatur als kostengünstigeres Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff genannt, als die Elektrolyse. Eigene Kostenrechnungen der Empa anhand aktueller Zuger Strom- und Gaspreise bestätigen dies (Abbildung 3).

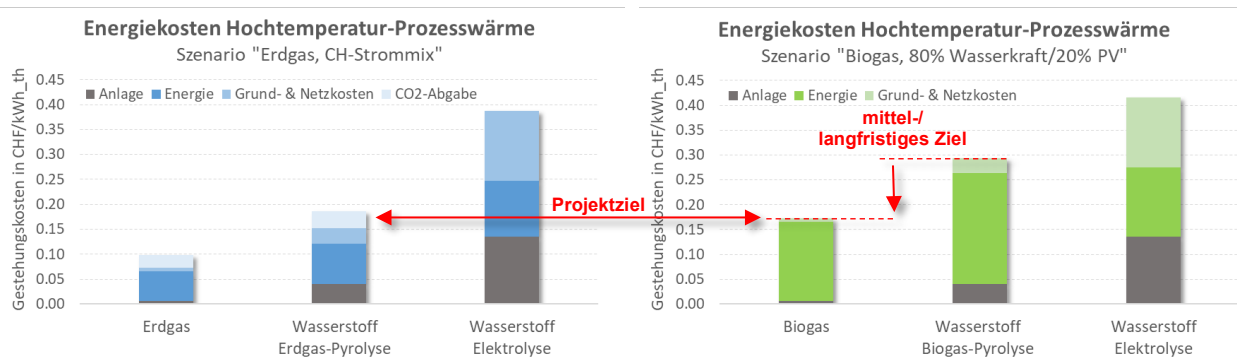


Abbildung 3: Energiekosten für die Bereitstellung von Hochtemperatur-Prozesswärme. Links in Blau für das Szenario "Erdgas, CH-Strommix" und rechts in Grün für das Szenario "Biogas, 80% Wasserkraft/20% PV";

Im Rahmen der Zuger Initiative soll aufgezeigt werden, wie die Energiekosten der Erdgas-Pyrolyse auf das Niveau der direkten Nutzung von Biogas gesenkt werden kann (siehe "Projektziel" in Abbildung 3) und wie diese mittel-/längerfristig trotz Transformation auf erneuerbares Methan auf diesem Kostenniveau gehalten werden können (siehe "mittel-/langfristiges Ziel" in Abbildung 3). Wird synthetisches Methan in Grossanlagen (z.B. in Wüstenregionen) produziert, sind niedrigere Endkundenpreise denkbar, als dies heute bei einheimischem Biogas der Fall ist. In Verbindung mit steigenden Erlösen für Kohlenstoff, Effizienzsteigerungen im Pyrolyseverfahren und Kostensenkungen bei den Anlagen (Lernkurve, Skaleneffekte) ist mittel-/längerfristig eine starke Annäherung der Pyrolyse von erneuerbarem Methan an die aktuellen Kosten der Erdgas-Pyrolyse vorstellbar.

CO₂-Reduktion

Motivation für den Einsatz von Wasserstoff ist die Reduktion der CO₂-Emissionen. Zwar entstehen bei der energetischen Nutzung von Wasserstoff keine direkten CO₂-Emissionen, dafür aber in der Energiebereitstellung für die Wasserstoffherzeugung. In Abbildung 4 sind diese Emissionen für die beiden Szenarien "Erdgas, CH-Strommix" sowie "Biogas, 80% Wasserkraft/20% PV" dargestellt.

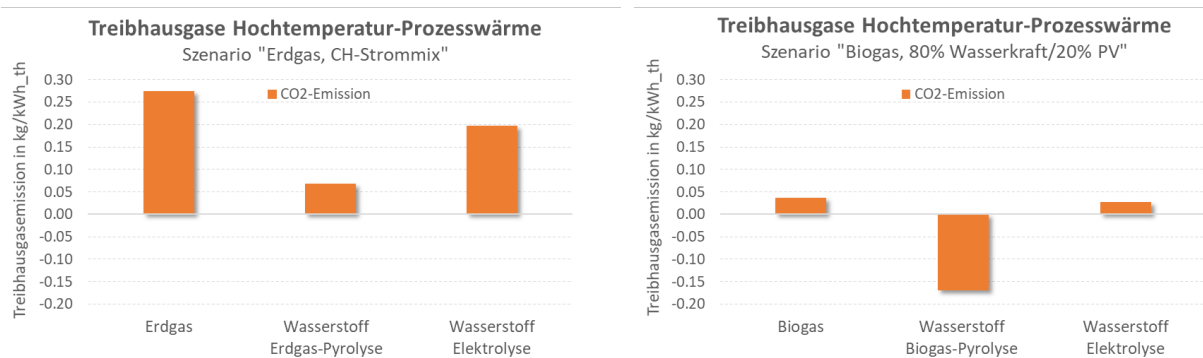


Abbildung 4: Darstellung der Treibhausgas-Emissionen für das Szenario "Erdgas, CH-Strommix" (links) und das Szenario "Biogas, 80% Wasserkraft/20% PV" (rechts)

Der Umstieg von Erdgas auf Biogas führt zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 - 85%; der Umstieg auf pyrolytisch aus Erdgas erzeugtem Wasserstoff führt zu einer Reduktion um 70 - 75% (ohne aber die mengenmässige Limitierung von Biogas aufzuweisen). Die Elektrolyse basierend auf dem CH-Strommix erlaubt im Vergleich zur direkten Nutzung von Erdgas nur eine Reduktion der Treibhausgase um 25%.

Bei Verwendung von erneuerbarem Methan sind selbst beim Einsatz des CH-Strommix negative CO₂-Emissionen möglich. Das bedeutet, dass die Anwendung der Erdgas-Pyrolyse auch dann zu einer signifikanten CO₂-Reduktion führt, wenn der ganze Pfad weiterhin fossil bleibt. Kann der Anteil von erneuerbarem Methan gesteigert werden, sinken die Emissionen entsprechend. Abschätzungen zeigen, dass mit einem je hälftigen Anteil von fossilem Erdgas und erneuerbarem Biogas/synthetischem Methan bereits "Null-Emissionen" resultieren.

Elektrolytische Wasserstoffherzeugung

Heute wird elektrolytisch erzeugter Wasserstoff in zentralen Grossanlagen direkt bei Wasserkraftwerken mit Elektrizität hergestellt. Stromnetz-Nutzungskosten werden damit vermieden. Allerdings muss der Wasserstoff in gasförmiger Form per LKW zu den Verbrauchern transportiert werden, was zu einem rund 10-mal höheren Transportbedarf führt als bei Diesel. Das ist weder wirtschaftlich noch ökologisch sinnvoll und belastet zusätzlich die Verkehrsinfrastruktur.

Abbildung 5 zeigt die heutigen H₂-Versorgungskosten einer Tankstelle mit elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff; jeweils für einen zentralen und dezentralen Ansatz. Das Ziel des Elektrolyse-Projektes in Zug ist es, die Netznutzungsentgelte¹⁰ für dezentrale Anlagen unter die Kosten des Strassentransports zu senken, indem ungenutzte Stromnetzkapazitäten - das sind Zeiten, an denen das Netz nicht an der Belastungsgrenze betrieben wird - mittels einer intelligenten Steuerung optimal ausgenutzt werden. Die Kosten des Netzes sind getrieben von der maximal übertragbaren Leistung. Wird Strom zu Schwachlastzeiten transportiert, muss das Netz nicht ausgebaut werden und es fallen nur die variablen Grenzkosten an. Diese bestehen im Wesentlichen aus den Transportverlusten und machen nur einen geringen Teil der Netzkosten aus.

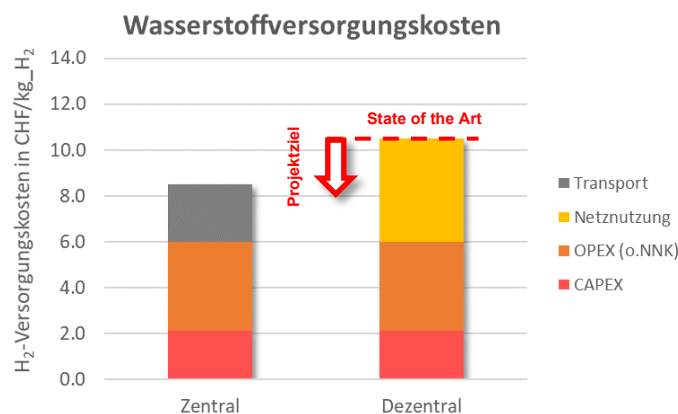


Abbildung 5: H₂-Versorgungskosten einer Tankstelle (ohne bauliche Massnahmen, ohne Marge, ohne Steuern), aufgetrennt nach Abschreibung und Kapitalkosten (CAPEX), Betriebskosten ohne Netznutzungskosten (OPEX) sowie Kosten für Netznutzung und Transport

Im Rahmen dieser Zuger Initiative ist die Planung und Realisierung einer H₂-Tankstelle vorgesehen, die für den Betrieb von 30 - 35 Lastwagen/Busse ausgelegt wird. Für die elektrolytische Produktion des Wasserstoffs vor Ort ist eine Bewilligung der Netznutzungs-Kostenbefreiung Voraussetzung, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen. Andernfalls müsste die Anlieferung des Wasserstoffs via Lastwagen in Erwägung gezogen werden.

Das Netznutzungs-Entgelt ist gesetzlich geregelt und gibt lokalen Energieversorgungsunternehmen kaum Spielraum, Anreize zu setzen für eine Auslastung ungenutzter Netzkapazitäten. Um Innovationen im Bereich strombasierter Energieträger zu ermöglichen, sollen im revidierten Stromversorgungsgesetz Hürden für die (Teil-)Befreiung von Netzentgelten abgebaut werden, ohne die derartige Projekte nicht wirtschaftlich durchführbar sind. In Zusammenarbeit mit der Beratungsfirma Energie Zukunft Schweiz AG bereitet der Tech Cluster Zug bei der Eidgenössischen Elektrizitätskommission (EiCom) einen Antrag auf Netzkostenbefreiung vor. Parallel dazu wird die Notwendigkeit der Anpassung der Netznutzungsregulierung auf politischer Ebene diskutiert.

¹⁰ Der Stromnetzbetreiber darf für die Netznutzung ein Entgelt erheben. Da der Netzbetreiber nur die effektiven Kosten verrechnen darf, und die Kosten massgeblich kapazitätsgetrieben sind, sinken die Netzentgelte pro Energiemenge, je besser das Stromnetz ausgelastet ist. Die vorliegende Initiative trägt zu einer derartigen Netzoptimierung bei.

4. Forschungspartner

Die Forschungsanstalt Empa, die an einem Wasserstoff-/Kohlenstoff-Trennverfahren arbeitet, ist gemeinsam mit dem Tech Cluster Zug (TCZ) für Anbahnung, Realisierung und Betrieb des Pyrolyse-demonstrators zuständig. Die Integration von Kohlenstoff in Baustoffe wird ebenfalls von der Empa bearbeitet. Weitere Forschungspartner (zur Zeit in Abklärung) sind die ETH Zürich, die die Eignung von pyrolytisch erzeugtem Wasserstoff für die Herstellung synthetischer Energieträger (sowie von synthetischen Chemikalien) untersucht, der OST-WERZ, die in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Gaswirtschaft ein Transformationskonzept für den Wechsel von hauptsächlich fossilem Erdgas hin zu vollständig erneuerbarem Methan entwickelt sowie der ZHAW und dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), die in Zusammenarbeit mit dem Grüngutverwerter AVAG den Einsatz von Kohlenstoff in der Landwirtschaft analysiert.

In diesem Kontext soll eine längerfristige Zusammenarbeit aufgebaut werden, die auch für individuelle Fragestellungen der involvierten Partner nutzbar gemacht werden kann. Die Initiative trägt zur pragmatischen Sicherung der langfristig positiven Rahmenbedingungen für die Bevölkerung, für einen Forschungsstandort und für die Unternehmen in Zug bei.

5. Budget und Finanzierung der Zuger Initiative zur Dekarbonisierung der Industrie

Das Budget der Zuger Initiative zur Dekarbonisierung der Industrie wird auf 30.9 MCHF festgelegt. Damit sollen alle Aufwendungen für die Entwicklung mit der begleitenden Forschung, die Erstellung mit Anlagen und Bau und der Betrieb für 7 Jahre gedeckt werden können. Während die geplanten Investitionen in Entwicklung/Forschung und in Anlagen/Bau gut abgeschätzt werden können, sind die Betriebskosten von vielen Annahmen bezüglich der externen Rahmenbedingungen abhängig.

Basis für das Budget und die Finanzierung bilden die betrieblichen Kenngrössen:

- Ein Absatz von 224 Tonnen Wasserstoff pro Jahr zu einem Preis von ca. 11 CHF/kg
- Eine durchschnittliche Auslastung der Anlage im regulären Betrieb von 5'000 Stunden pro Jahr
- Eine Befreiung der Netzkosten um Umfang von 80% der regulären Netzkosten

Mit diesen Annahmen gliedert sich der zwischen 2024 und 2030 aufsummierten Gesamtaufwand wie in Abbildung 6 dargestellt:

Gesamtaufwand	
	MCHF
- Entwicklung / Forschung	6.8
- Anlagen / Bau	10.1
- Betrieb bis 2030	14.0
- Total Kosten	30.9

Abbildung 6: Zusammenstellung der Investitionen und der Kosten für Amortisation und Betrieb 2024 - 2030

Die Laufzeit bis 2030 wurde gewählt, weil in dieser Periode die Forschungsfragen fundiert erarbeitet, iteriert und in einem kontinuierlichen Betrieb validiert werden können. Das o.g. Budget soll zu einem grossen Teil über den Erlös von Wasserstoff (17.5 MCHF) und den Erlös des Restwertes (5.4 MCHF per Ende 2030) finanziert werden. Aufgrund des Forschungscharakters des Projekts und des hohen Anteils an Entwicklungsarbeiten müssen Kosten im Umfang von 8.0 MCHF mit Fördergeldern finanziert werden.

Diese Förderbeiträge werden zu zwei Drittel getragen von den beteiligten Unternehmen, und durch ein Drittel von der öffentlichen Hand (Kanton Zug, Empa), siehe Abbildung 7.

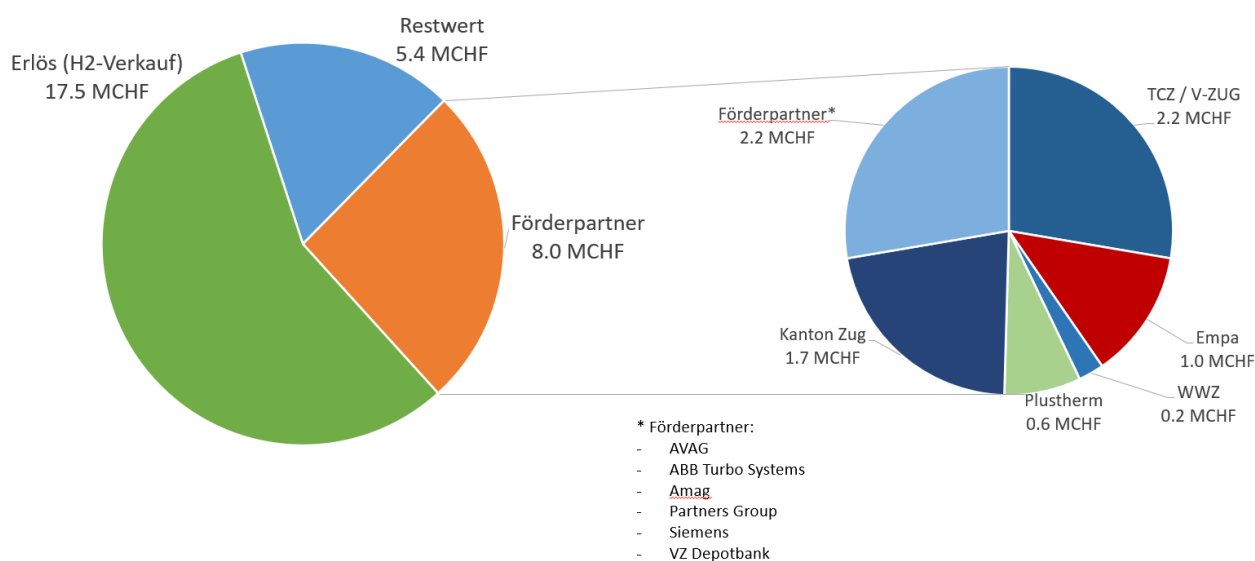


Abbildung 7: Darstellung der Finanzierung der Zuger Initiative

6. Trägerschaftsmodell

Die Initiative bietet für Kanton und Stadt Zug die Möglichkeit, eine weitere wichtige Innovationskompetenz anzusiedeln. Daraus kann längerfristig auch ein neuer Forschungsstandort entstehen. Gemäss der kantonalen Strategie setzt die Zuger Regierung dazu insbesondere auch auf die Innovationskraft der Wirtschaft und der Wissenschaft und ist interessiert an erfolgsversprechenden Neuerungen.

Bis im Januar 2022 wurde das Vorhaben von der öffentlichen Hand (Kanton Zug, Stadt Zug), der Industrie (V-ZUG, Metall Zug, WWZ) und der Wissenschaft (Empa, OST-WERZ) positiv aufgenommen.

Das Trägerschaftsmodell sieht einen breiteren Kreis von Partnern vor, und unterdessen liegen zusätzliche Zusagen von AVAG, ABB Turbo Systems, Amag, Partners Group, Siemens und der VZ Depotbank vor. Diese Förderpartner unterstützen die Initiative durch nicht refinanzierte Eigenmittel und Eigenleistungen, resp. durch Fördergelder. Die Trägerschaft hat am 28. März einen Verein «zur Dekarbonisierung der Industrie» gegründet, der das Vorhaben nun weiter vorantreibt.

Hauptträger des Vorhabens bleiben damit die Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft. Dabei gehen sie hohe unternehmerische und finanzielle Risiken ein. Ziel ist letztlich die Wettbewerbsfähigkeit der Zuger Wirtschaft auf hohem Niveau zu halten und den Forschungs- und Wirtschaftsstandort Zug mit einem zusätzlichen, zukunftssträchtigen und global enorm wichtigem Geschäftsfeld zu stärken – ganz im Sinne aller Beteiligten. Wir erwarten, dass diese Initiative im Kanton weitere Arbeitsplätze für hochqualifizierte MitarbeiterInnen schaffen wird, dass weitere Innovationen und Forschungstätigkeiten angeregt werden und dass sich im Idealfall rund um das Thema nachhaltige Rohstoffe neue Startup-Unternehmen formieren.

Dübendorf und Zug, den 8. April 2022