

Tipping Point Analyse für verschiedene Wasserstofferzeugungsarten und Anwendungsfälle

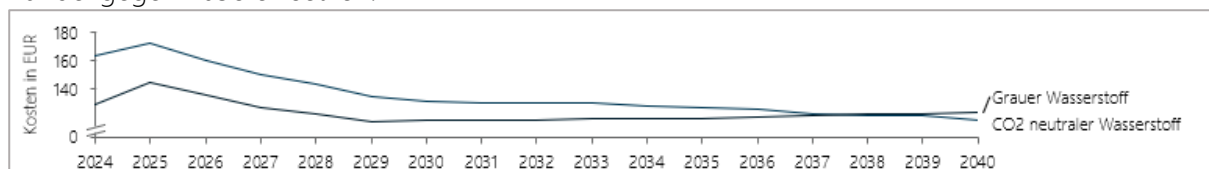
Wasserstoff wird als zentraler Baustein der Energiewende betrachtet, da er fossile Energieträger in verschiedenen Industrien ersetzen kann. Sein Einsatz könnte erheblich zur Reduktion von CO₂-Emissionen beitragen und langfristig eine nachhaltige Energieversorgung sichern. Allerdings ist Wasserstoff unter den derzeitigen Bedingungen nicht wirtschaftlich konkurrenzfähig. Die Bezugskosten sind hoch, und ohne großindustrielle Skalierung sowie staatliche Unterstützung bleiben sie auf einem Niveau, das eine breite Markteinführung hemmt. Eine Kostendegression erfordert daher großangelegte Projekte, die auch durch langfristige Betriebskostenförderung gestützt werden müssen. Alternativ könnte eine marktwirtschaftliche Lösung mit geringeren staatlichen Subventionen durch einen signifikant steigenden CO₂-Preis erreicht werden.

Advyce & Company hat untersucht, unter welchen Bedingungen Wasserstoff wettbewerbsfähig gegenüber konventionellen Technologien werden kann. Die Analysen zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit maßgeblich von der Art der Wasserstoffherstellung und der Entwicklung der CO₂-Preise abhängt. Die Untersuchung folgt einem strukturierten Ansatz und konzentriert sich auf Branchen mit hohem Emissionsminderungspotenzial. Im Fokus stehen die Stahlherstellung, Stromerzeugung, der Schwerlastverkehr sowie die Chemieindustrie. Dabei wird deutlich, dass sich bei Nutzung des derzeit kostengünstigsten Wasserstoffs – produziert mit chilenischer Windenergie – und moderat steigenden CO₂-Preisen bis 2040 wirtschaftliche Wendepunkte in der Chemieindustrie und im Transportsektor abzeichnen.

Zur Identifikation der Wirtschaftlichkeitstreiber werden zentrale Faktoren berücksichtigt: die Kosten für grünen Wasserstoff, Investitionskosten für teilweise notwendige Umrüstung sowie der CO₂-Emissionspreis. Wobei davon ausgegangen wird, dass die Kosten für die Wasserstoffproduktion durch den Markthochlauf und technologische Weiterentwicklungen mittelfristig sinken werden. Um die Wirtschaftlichkeit unter verschiedenen Rahmenbedingungen bewerten zu können, werden drei CO₂-Preis Szenarien modelliert. Grundsätzlich wird bei den CO₂-Preisen eine Steigerung prognostiziert, da die freie Allokation von Emissionszertifikaten sukzessive reduziert wird. Die Szenarien simulieren dennoch moderat und stark steigende CO₂-Preise sowie ein sinkendes Szenario, um alle Eventualitäten abzubilden. Für die folgenden Analysen wird ein realistisch angenommenes Szenario mit moderat steigenden CO₂-Kosten herangezogen, das eine Erhöhung von derzeit etwa 70 EUR/t auf 140 EUR/t bis 2040 unterstellt. Dieser Zeithorizont ermöglicht belastbare Aussagen über zukünftige Entwicklungen. In Szenarien mit höheren CO₂-Kosten treten wirtschaftliche Wendepunkte früher ein, während bei fallenden CO₂-Preisen entsprechende Verschiebungen nach hinten zu erwarten sind.

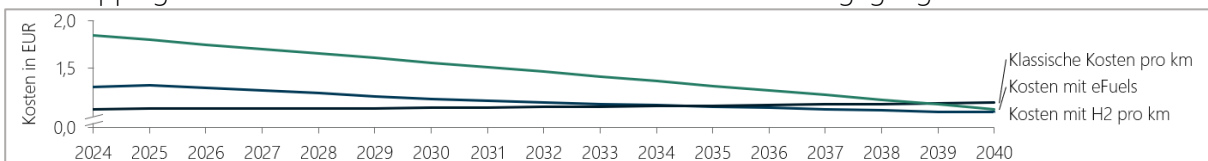
Chemie

Im Chemiesektor kann grauer Wasserstoff ohne weitere Umrüstung auf grünen Wasserstoff umgestellt werden. Steigt der CO₂-Preis schneller als die Mehrkosten grünen Wasserstoffs, wird die Substitution wirtschaftlich attraktiv. Mit sinkenden Elektrolysekosten und steigenden Emissionskosten dürfte dieser Wandel gegen 2038 einsetzen.



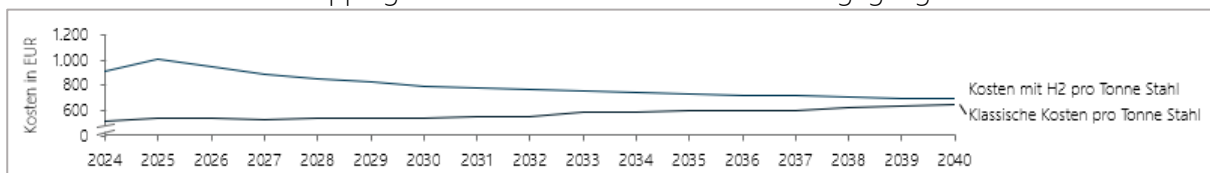
Kraftstoffvergleich LKW

Im Schwerlastverkehr hängt die Wirtschaftlichkeit verschiedener Antriebsoptionen v.a. von Kraftstoffkosten, Investitionsaufwand und Effizienz ab. Diesel-LKW werden durch steigende Treibstoff- und CO₂-Kosten zunehmend unattraktiver. Wasserstoff-LKW hingegen erfordern hohe Anfangsinvestitionen, insbesondere für Fahrzeuge und Tankinfrastruktur. Für den Kraftstoffvergleich können zusätzlich zu Diesel und Wasserstoff auch E-Fuels betrachtet werden. E-Fuels bieten eine alternative Nutzung bestehender Infrastruktur, sind jedoch aufgrund ihrer niedrigen Effizienz und hohen Produktionskosten derzeit wenig wettbewerbsfähig. Die Wirtschaftlichkeit der Antriebsarten wird maßgeblich durch zukünftige CO₂-Preise, technologische Fortschritte und regulatorische Rahmenbedingungen bestimmt. Im Schwerlastverkehr kann bei moderat steigenden CO₂-Preisen von einem Tipping Point durch den Wasserstoff-Antrieb im Jahr 2034 ausgegangen werden.



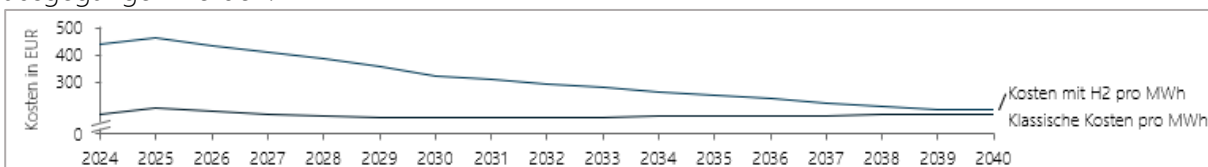
Stahl

In der Stahlindustrie erfordert der Einsatz von Wasserstoff eine Umstellung der Produktionsprozesse und damit verbundene hohe Investitionen. Die Wirtschaftlichkeit hängt von zwei Faktoren ab: der Zahlungsbereitschaft der Kunden für grünen Stahl und der Höhe der CO₂-Kosten, die die konventionelle Produktion verteuern. Nur wenn die Nachfrage ausreichend hoch ist und CO₂-Preise langfristig steigen, wird die Investition in wasserstoffbasierte Verfahren wirtschaftlich tragfähig. In dieser Branche kann von einem Tipping Point kurz nach dem Jahr 2040 ausgegangen werden.



Strom

In der Stromerzeugung erfordert der Einsatz von Wasserstoff den Bau neuer oder die Umrüstung von bestehenden Kraftwerken sowie geeignete Speicherinfrastrukturen, entweder für Wasserstoff oder in Form von Ammoniak. Die Wirtschaftlichkeit hängt von CO₂-Kosten, Investitionsaufwand und politischen Rahmenbedingungen ab. Staatliche Fördermaßnahmen und ein steigender CO₂-Preis könnten Wasserstoffkraftwerke langfristig wettbewerbsfähig machen, sofern Speicherkosten und Effizienzverluste wirtschaftlich tragbar sind. Auch hier kann langfristig von einem Tipping Point ausgegangen werden.



Die Wirtschaftlichkeit grüner Wasserstofftechnologien hängt maßgeblich von Investitionskosten und erreichbaren Volllaststunden ab. Im aktuellen regulatorischen Umfeld erweist sich die Wasserstoffproduktion mittels chilenischer Windenergie als besonders kosteneffizient.



Der Ersatz von grauem Wasserstoff durch grünen Wasserstoff in der Chemieindustrie stellt einen der ersten wirtschaftlich tragfähigen Anwendungsfälle dar. Auch in im Transportsektor zeichnet sich ein Wendepunkt ab. Somit sind erste wirtschaftliche Anwendungsfälle bereits erkennbar, die langfristige Wettbewerbsfähigkeit ist allerdings entscheidend von politischen und marktseitigen Weichenstellungen geprägt.