

Skizze einer Kopernikus-Projektidee „Power to X“

Das durch die BMBF– Initiative „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ geförderte Projekt „HYPOS Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany“ wird im Zeitraum bis 2019 Lösungen erarbeiten, mit der die Wirtschaftlichkeit der Nutzung des Grünen Wasserstoffs für die Stoffwandlung der chemischen Industrie, für die Mobilität und für die energetische Nutzung erreicht werden soll. Die Wirtschaftlichkeit im großtechnischen Einsatz des Grünen Wasserstoffs ergibt sich aus dem unmittelbaren Wettbewerb mit dem aus Erdgas durch Steamreforming hergestellten Wasserstoff, der in Großanlagen effektiv erzeugt wird.

Diese Themenstellung zur flexibleren Nutzung der Erneuerbaren Energie hat eine Schlüsselstellung im Energiesystem für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende. Die gesellschaftliche Akzeptanz für industriell verwertbare Ergebnisse der Energiewende ist nur erreichbar, wenn parallel zu den technologischen Entwicklungen die Fragen der Sicherheit sowie der regionalen Einbindung der einzelnen Nutzungspfade mit allen Facetten bezüglich der Kosten sowie Sicherheit, der Umweltbeeinflussung, der Naturverträglichkeit und sogar der Sichtbarkeit hinreichend beachtet werden. Weiterhin werden neue Geschäftsmodelle erforderlich. Der Strom ist nur fluktuierend verfügbar, Wasserstoff oder Methanol sind zu speichern und es ergeben sich neue Nutzungspfade. Das Zusammenwirken der Investoren erfordert Berechenbarkeit und Rechtssicherheit für die gesamte Wertschöpfungskette.

Ein Kopernikus-Großprojekt wäre genau der richtige Ansatz, das Geschäftsmodell der Herstellung des Grünen Wasserstoffs für den industriellen Maßstab zu bestätigen.

1. Vorleistungen des Projektes HYPOS

Das Projekt HYPOS stellt sich der Aufgabe, die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung, Speicherung und Nutzung des Wasserstoffs aus Erneuerbarem Strom mit der gesamten Kette der Wertschöpfung zu erreichen. Die Forschungs- und Entwicklungsverbundvorhaben basieren auf einer systemgetriebenen Innovationsarchitektur. Die Wertschöpfungsketten reichen von der Erzeugung des erneuerbaren Stroms durch Wind- und PV-Anlagen, über die Produktionseinheiten des Wasserstoffs, den Transport, die Speicherung bis zu einem verwendbaren Produkt. Im Fall der Chemie können dies der per Pipeline gelieferte Wasserstoff und daraus hergestellte Chemikalien sein. Für die Mobilität sind es der für Brennstoffzellen-Fahrzeuge direkt

eingesetzte Wasserstoff oder der indirekt beim Raffinerieprozess der Diesel-Herstellung benötigte Wasserstoff. In der Energieversorgung sind es Strom und Wärme, geliefert zum Endverbraucher.

An dem Projektvorhaben HYPOS sind über 100 Partner aus verschiedenen Branchen aus großen wie aus kleinen und mittleren Unternehmen, aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen beteiligt. Unternehmen der Energiewirtschaft, der Chemie und des Anlagenbaus bringen ihr Know-how mit ein. Der regionale Bezug umfasst vorwiegend Ostdeutschland. Der gegebene Wasserstoffbedarf des mitteldeutschen Chemiedreiecks und die Wasserstoff-Pipeline, die die Chemiestandorte verbindet sowie die Möglichkeiten der Gasspeicherung in Kavernen der geologischen gegebenen Salzvorkommen bieten eine Infrastruktur für die konzentrierte Umsetzung der Entwicklungsergebnisse.

Für das HYPOS-Projekt wurde durch das Konsortium eine besondere Innovationsarchitektur aufgebaut. Mit Hilfe dieser Architektur sollen abgestimmte Innovationen für vernetzte Wertschöpfungsketten entwickelt werden. Die Architektur basiert auf einem Top-Down-Ansatz. Ausgehend vom bestehenden Energieversorgungssystem mit seinen Herausforderungen aus der Energiewende, den bereits heute erkennbaren Problemen und der erklärten HYPOS-Mission, werden die zugehörigen Wertschöpfungsketten abgeleitet und analysiert. Der wesentliche Aspekt der Mission ist die konkurrenzfähige Herstellung von Wasserstoff aus Erneuerbarem Strom und den darauf aufbauenden Produkten. Neben der technologischen Entwicklung werden die Querschnittsaufgaben zu den Fragen der Sicherheit und der gesellschaftlichen Akzeptanz wahrgenommen. Es wird eine Organisationsstruktur etabliert, die auf Basis von Wissensmanagement und stetigem Monitoring der Wirtschaftlichkeit der erzielten Ergebnisse die Weiterentwicklung der Strategie wahrnimmt und Impulse für die Projektsteuerung setzt.

Mit Abschluss des Projektes HYPOS im Jahr 2019 werden überführungsreife Ergebnisse für dezentrale Anwendungen der Wasserstofftechnik und -nutzung zur Verfügung stehen, die insbesondere kleine und mittlere Unternehmen anbieten werden.

Es wird jedoch eingeschätzt, dass die großtechnische Überführung einer zentralen Versorgung mit Grünem Wasserstoff im Wettbewerb zu den abgeschriebenen Anlagen der Steamreforming des Erdgases nicht so einfach möglich sein wird. HYPOS wird jedoch die nachfolgenden Ergebnisse erarbeitet haben:

- Betreiben einer Fraunhofer-Versuchsplattform Wasserelektrolyse in Leuna

- Verfahren und Anlagentechnik zur wirtschaftlichen Wasserstoffherstellung auf Basis des erneuerbaren Stromes in Großelektrolysen
- Abgeschlossene Untersuchungen zur Machbarkeit und Genehmigungsfähigkeit einer Großkaverne zur Speicherung von Wasserstoff
- Wirtschaftliche Bewertung der Wertschöpfung Power to X durch die Studie H2- Index
- Grundlegende Untersuchungen zur Sicherheit und insbesondere zur gesellschaftlichen Akzeptanz der Wasserstofftechnik

2. Bestätigung des Geschäftsmodells Power to X durch ein Kopernikus-Großprojekt

Kopernikus bietet die einzigartige Chance, im Zeitraum 2020 bis 2030/2050 die einseitige Rohstoffabhängigkeit der mitteldeutschen Chemieindustrie von Öl und Gas aufzulösen.

- **Herausforderungen der Energiewende:**

Deutschland muss zeigen, dass die energieintensive Industrie auch mit der Energiewende wirtschaftlich wettbewerbsfähig bleibt

- **Herausforderung der Rohstoffabhängigkeit:**

Deutschland muss Wege finden, die einseitige Rohstoffabhängigkeit von Öl und Gas und damit das „investment leakage“ zu überwinden

Beide Herausforderungen werden als Chancen genutzt, wenn Kopernikus mit einer Großanlage zur Wasserelektrolyse und einer Großkaverne zur Wasserstoffspeicherung das Geschäftsmodell Power to X bestätigt. Die Verbindung mit den Zielmärkten Chemieindustrie, Mobilität und Energie wird nachfolgend erläutert.

Jüngere Untersuchungen wie die Agora Studie „Stromspeicher in der Energiewende“ zeigen auf, dass sich neue Marktpotenziale in den Leitmärkten der Mobilität und der chemischen Industrie ergeben werden, die die Abhängigkeit von Erdöl und Erdgas (Dekarbonisierung) reduzieren. Nicht allein das Speichern, sondern die Flexibilisierung mit der Erschließung der Marktpotenziale von Industrie und Mobilität wird der marktwirtschaftliche Weg sein, der zuerst greift.

2.1. Zielmarkt Chemieindustrie

2.1.1. Syntheseverfahren mit hoher Wertschöpfung für „grüne“ Wasserstoffchemie

Zuerst wird die Wirtschaftlichkeit mit Projekten erreicht, die auf eine Wertschöpfung setzen, bei denen die Kunden die Nachhaltigkeit der Lösung preislich würdigen. Die Hydrierung mit Grünem Wasserstoff, aber insbesondere die Hydroformulierung mit Nutzung von CO₂ bietet die Chance, hochwertige Riechstoffe nachhaltig zu erzeugen. Es wird die Umsetzung dieser Projekte am Traditionsstandort Bitterfeld/Wolfen erwartet.

2.1.2. „Power to Hydrogen“ als Rohstoff für Chemieindustrie und Raffinerie

Im Zeitraum 2020 bis 2030 erreichen der Stromüberschuss und die zeitliche Verfügbarkeit der erneuerbaren Energie in Mitteldeutschland eine Größenordnung, die Großinvestitionen zur Wasserstoffherstellung auslösen können.

Dazu einige Kennzahlen, die die Situation im mitteldeutschen Chemiedreieck charakterisieren:

- Wasserstoffbedarf für Hydrierungen, Düngemittelherstellung und andere Verfahren der Chemieindustrie und von ca. 100.000 Nm³/h, der zurzeit durch Steamreforming von Erdgas abgedeckt wird.
- Zur Ablösung dieses Bedarfs wäre eine Elektrolyseleistung von 450 MW erforderlich, die wegen der fluktuierenden Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien GroÙelektrolysen von 1000 bis 1200 MW erfordern würden.
- Der derzeitige Strombedarf der Chemieindustrie von ca. 4 TWh/a würde sich mit diesen GroÙelektrolysen in etwa verdoppeln und damit entsprechend den „Stromexport“ aus Mitteldeutschland reduzieren.
- Darüber hinaus hat eine Raffinerie mit einer integrierten Methanolproduktion einen Wasserstoffbedarf in der Größenordnung der mitteldeutschen Chemieindustrie.

Die aufgezeigte Substitution könnte schrittweise gemäß der Entwicklung des günstigen Stromangebotes und der Bereitschaft der Investoren erfolgen.

Die Infrastruktur des Chemiedreiecks ist bereits vorzüglich entwickelt und damit kostengünstig darstellbar:

- Erfahrenes Sicherheitsmanagement für Wasserstofferzeugung und -nutzung sowie für GroÙelektrolysen.
- Wasserstoffpipeline der Linde AG, die bereits jetzt die wichtigsten Chemiestandorte von Zeitz über Böhlen, Leuna, Schkopau, Bitterfeld- Wolfen bis Rodleben verbindet und die für den derzeitigen Bedarf ausreichend ist.
- Großkavernen der Fa. VNG Gasspeicher im Raum Bad Lauchstädt. Der Soleverbrauch der mitteldeutschen Chemieindustrie erfordert eine kontinuierliche Aussolung und damit das Entstehen neuer Kavernen. Eine Kaverne bei der Nutzung für Wasserstoff wäre für 10 bis 14 Tage Windstromflaute ausreichend. HYPOS wird das Verfahren entwickeln und die Genehmigungsfähigkeit nachweisen.
- Netzknoten des Stromnetzes mit den Umspannwerken in Marke/ Raguhn, Bad Lauchstädt und Pulgar jeweils in unmittelbarer Nähe und mit leistungsfähigen Einspeisungen für die Chemiestandorte Bitterfeld-Wolfen, Schkopau, Leuna und Böhlen.

Im Zeitraum bis 2025 sollte mit einem Kopernikus- Großprojekt das Geschäftsmodell Power to Products seine Bestätigung finden. Mit einer GroÙelektrolyse und einer Großkaverne wäre der Schritt zur Wirtschaftlichkeit zu vollziehen und es könnte nachgewiesen werden, dass in Deutschland mit oder trotz Energiewende die energieintensive Chemieindustrie die Chance der Dekarbonisierung nutzt.

Kopernikus bietet zur Netzentlastung eine Stromsenke in Größenordnungen, wenn die Rahmenbedingungen bei den Kapazitätsmärkten, dem Lastmanagement und den Netzentgelten richtig gesetzt werden. Es stimmt optimistisch, dass der Einsatz von Grünem Wasserstoff in Raffinerien künftig in der Größenordnung der CO₂-Vermeidung bei der Bioquote der Kraftstoffe Berücksichtigung finden soll.

Die so geschaffene Infrastruktur der Speicherfähigkeit und der Nachweis der Wirtschaftlichkeit können im kommenden Jahrzehnt bis 2030 eigenständige Folgeinvestitionen auslösen, die das Angebot des Erneuerbaren Stromes und seiner Preisbildung aufgreifen.

2.1.3. „Power to Hydrogen“ für Biotechnologie und Kohlechemie

Mit den Entwicklungsergebnissen der Projekte Spitzencluster „BioEconomy“ und „Innovative Braunkohlenintegration Mitteldeutschland“ („ibi“) ergeben sich im mitteldeutschen Wirtschaftsraum vielfältige Anknüpfungspunkte für die Verwendung von kostengünstig erzeugtem Grünem Wasserstoff.

Die Biotechnologie bietet die Chance, mit Wasserstoff neue Produktfelder durch Hydrierungen zu erschließen. Aus gutem Grund wird die künftige Versuchsplattform Wasserelektrolyse in Kooperation mit dem Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse (CBP) in Leuna betrieben werden.

Erst mit Wasserstoff aus Erneuerbarem Strom ergibt sich die Möglichkeit einer CO₂-armen Kohlechemie. Bei Vorkommen von bitumenreicher eozäner Braunkohle können mit dem komplexen Verfahrensweg ibi zunächst die Montanwachse und die in der Braunkohle enthaltenen anderen Kohlewasserstoffe wie die Aromaten gewonnen werden. Kostengünstiger Wasserstoff bietet die Chance, den restlichen Kohlenstoff dieser Kohle, aber auch zusätzlich industriell verfügbares CO₂ zur Herstellung von Methanol (C1-Chemie) zu nutzen. Methanol wäre eine weitere Option der chemischen Energiespeicherung und die CO₂-Nutzung könnte zur Dekarbonisierung anderer Industrieprozesse beitragen.

Es wäre Aufgabe eines Kopernikus-Projektes, auch diese Optionen zu bewerten und dann gegebenenfalls mit Demoanlagen die Verfahrenswege zu bestätigen.

2.2. Zielmarkt Mobilität

Treiber der Entwicklung ist die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW). Das Erreichen der Wirtschaftlichkeit wird durch die Projekte der Automobilhersteller für die Fahrzeuge und durch den Aufbau eines Tankstellennetzes durch die Mineralöl- und Gasindustrie bestimmt. Hierzu gibt es konkrete Pläne bis 2023, in Deutschland 400 Tankstellen zu errichten. Um diese Pläne umzusetzen, haben sich Air Liquide, Linde, Daimler, Shell, Total und OMV in einem Joint Venture zusammengeschlossen. Kopernikus kann die regionale Umsetzung durch das Projekt einer Tankstelle am Pipelinenetz befördern. Die Nähe zum Flughafen Leipzig-Halle bietet die gute Chance, dass mit dem Flottenverbrauch der Logistik-Dienstleister die Wirtschaftlichkeit frühzeitiger erreicht wird.

2.3. Zielmarkt Energie

Treiber der Entwicklung sind Projekte anderer Initiativen und Netzwerke. HYPOS will mit der Anbindung eines „Wasserstoffdorfes“ an die Pipeline demonstrieren, wie Wasserstofftransport und -speicherung mit der vielfältigen energetischen Nutzung verknüpft werden können. Die Umsetzung in anderen Regionen wird davon bestimmt werden, ob es für das Tankstellennetz einige Hauptachsen eines Wasserstoff-Pipelinenetzes geben wird.

2.4. Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen des Kopernikus Ansatzes ist die Modellierung der Wirtschaftlichkeit der Wertschöpfungsketten mit dem Modell H2-Index stetig weiter zu entwickeln. Dabei sind einerseits die technologischen Einflussgrößen der Entwicklung auf capex und opex der Einzelemente der Wertschöpfung aber auch die systemische Verknüpfung in der Wertschöpfungskette zu bewerten. Andererseits bietet das Modell die einzigartige Möglichkeit, mit einer Vorausberechnung eine Folgenabschätzung für die Änderung der politischen Rahmensetzungen der europäischen Energiepolitik und der deutschen Energiewende durchzuführen. Damit ist jederzeit die Möglichkeit gegeben, die vorgesehene Zielerreichung der Entwicklungen zu überprüfen. Möglicherweise sind Entwicklungen dann abzurechnen oder neu auszurichten. Diese strategische Bewertung und Neuausrichtung ist eine Voraussetzung zur Erreichung der industriellen Umsetzung bei einer so komplexen Materie der Energiewende.

2.5. Sicherheit und gesellschaftliche Akzeptanz

Die gesellschaftliche Akzeptanz ist eine Grundvoraussetzung für die industrielle Umsetzung der Energiewende. Bei der Wasserstofftechnik ist die Akzeptanz im mitteldeutschen Chemiedreieck im Umfeld der Chemiestandorte und entlang der Pipeline durchaus gegeben. Daran anknüpfend sind für die neuen Nutzungspfade gezielt Forschungsarbeiten aufzunehmen, die das ganze Spektrum der gesellschaftlichen Akzeptanz umfassen:

- Technische und technologische Sicherheit,
- Gefahrenabwehr als Bestandteil der Schulungen der örtlichen Feuerwehren,
- Nutzen für die Region und ihre Bevölkerung,
- Kostendegression für den Endnutzer,
- Umweltbeeinflussung einschließlich umfassender Naturverträglichkeit,
- bis zu dem Themen Sichtbarkeit und Schutz vor Terrorismus.

Es sind Methoden zu entwickeln, wie die Ergebnisse transparent vermittelt und regional kommuniziert werden.

2.6. Geschäftsmodelle zur industriellen Umsetzung der Ergebnisse

Mit der Vernetzung der Erzeugung von Erneuerbarer Energie, der Bereitstellung von Rohstoffen und ihrer Speicherung, der Produkterzeugung auf neuen Pfaden und der Nutzung des Wasserstoffs oder Methanols für Mobilität und Energieerzeugung werden tradierte Muster der industriellen Geschäftsverteilung aufgegeben. Die fluktuierende Strombereitstellung, die zeitweise Nutzung der Anlagenkapazitäten und insbesondere die Notwendigkeit der Speicherung erfordern eine neue Methodik der Kostenbewertung und Kostenzuordnung. Es kann nicht damit gerechnet werden, dass ein Investor die gesamte Wertschöpfungskette wahrnimmt. Somit werden neue Geschäftsmodelle erforderlich, die Berechenbarkeit und Rechtssicherheit gewährleisten.

Finanzierbarkeit, Rechtssicherheit und Verknüpfung der neuen Wertschöpfung sollten mit begleitenden Untersuchungen der Wirtschafts- und Rechtswissenschaften gestaltet werden.

3. Vision für das mitteldeutsche Chemiedreieck im Zeitraum 2030 bis 2050

Für den Zeitraum 2030 bis 2050 wird der Stromüberschuss der erneuerbaren Energie eine Größenordnung erreichen, dass es wirtschaftlich möglich sein sollte, mit dem erzeugten Wasserstoff eine neue Phase der C1-Chemie (Methanolchemie) anzugehen. Weitere Produktgruppen ließen sich auf dieser Basis ohne Öl und Gas aus dem gegebenen CO₂-Aufkommen der Raffinerie erzeugen. Darüber hinaus bietet sich die Kombination mit einer neuen Kohlechemie an, die unter CO₂-Vermeidung den für die organische Chemie unverzichtbaren Kohlenstoff liefern würde. Die mit dem Projekt „Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland“ („ibi“) eingeleitete Verfahrensentwicklung weist den Weg, wie aus der bitumenreichen mitteldeutschen Braunkohle die wertvollen Kohlenwasserstoffe, aber auch der Kohlenstoff als Rohstoffe gewonnen werden können. Das würde die Abhängigkeit von Öl und Gas weiter einschränken.

Von Ostdeutschland wird eine Revolution der Wasserstoffwirtschaft ausgehen, die mit der Energiewende der energieintensiven Chemieindustrie die Chance bietet, die einseitige Rohstoffabhängigkeit von Öl und Gas aufzulösen. Das Potenzial in Deutschland ergibt sich aus dem Wasserstoffbedarf der Chemieindustrie, der etwa das 20-fache des Bedarfs im mitteldeutschen Chemiedreieck erreicht.

4. Einbindung der gesellschaftlichen Akteure und der relevanten Industriepartner

Die Strukturen des Projektes HYPOS, des Spitzenclusters BioEconomy und der Entwicklungsgemeinschaft Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland bieten vorzügliche Voraussetzungen für die Einbindung der wichtigen Akteure und zum Erreichen der gesellschaftlichen Akzeptanz, die ein Kopernikus-Großprojekt nutzen könnte.

Die Akzeptanzuntersuchungen werden aufzeigen, dass die Wasserstoffwirtschaft die Chance bietet, die für Mitteldeutschland so wichtigen Leitindustrien der Chemie und der Verarbeitung ihrer Produkte nicht nur zu erhalten, sondern nachhaltig weiterzuentwickeln. Die Sicherheit der Wasserstoffnutzung im großtechnischen Maßstab und der Gasspeicherung in Kavernen ist seit Jahrzehnten nachgewiesen. Diese Erfahrungen sollen bei dem Kopernikus-Projekt genutzt und mit neuen Ideen angereichert werden.

Der Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland bietet eine vorzügliche Plattform zur Verknüpfung der notwendigen Industriepartner mit den anwendungsorientierten Wissenschaftseinrichtungen der Region. Bereits bei dem Projekt HYPOS wirken wesentliche Industriepartner der Gasindustrie, Chemieindustrie, Energiewirtschaft und des Anlagenbaus mit. Repräsentanten der Industriefirmen Linde AG, Siemens AG, Air Liquide Deutschland GmbH und VNG Gasspeicher GmbH übernehmen Verantwortung im Vorstand des HYPOS e.V. Der Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland bietet gute Voraussetzungen, weitere Firmen der Chemieindustrie, Energiewirtschaft, Braunkohle und des Anlagenbaus mit einzubinden, wenn wir die Wirtschaftlichkeit eines Geschäftsmodells „Power to X“ mit einem Kopernikus-Großprojekt aufzeigen sollen.

Weiter steht die Aufgabe, Modelle der Finanzierbarkeit von Großprojekten zu entwickeln. Auch beim Erreichen der Wirtschaftlichkeit ergibt sich mit der Energiewende ein außergewöhnlicher Finanzbedarf für ein Investment des nachhaltigen Umbaus der energieintensiven Industrie, der Planungssicherheit und Bürgschaften erfordern wird.

Der komplexe Ansatz eines Kopernikus-Großprojektes erfordert eine Projektsteuerung, die Erfahrungen der Industrie aufgreift und zielorientiert auf Wirtschaftlichkeit und Erfolg setzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass auch dazu der Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland mit seinem Management und seiner Organisation eine gute Ausgangsbasis bieten wird.

Juni 2015

Sprecher des Clusters Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland

Dr. Christoph Mühlhaus, E-Mail: christoph.muehlhaus@web.de, Tel: 03461/436828
c/o InfraLeuna GmbH, Am Haupttor, Gebäude 4310, 06237 Leuna

Sprecher für Feedstocks des Clusters Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland

Andreas Dietrich, Leiter On-Site Management, Linde AG

Sprecher für Wissenschaft des Clusters Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn, Leiter, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Halle