

Umsetzung Klimaschutzplan 2050: Maßnahmenprogramm "INDUSTRIE"

Einschätzung der Investitionskosten für die Strombasierte Wasserstofftechnik als Voraussetzung für das Konzept „Kohlenstoffkette“ für Chemieindustrie und Raffinerietechnik

- Die **strombasierte Wasserstofftechnik** erhält eine **Schlüsselfunktion bei der CO₂-Nutzung und der Minderung der CO₂-Emissionen** in der Chemieindustrie und Raffinerietechnik
- Mit dem **Projekt HYPOS** werden im mitteldeutschen Chemiedreieck **Vorleistungen für Großelektrolyse und Großkaverne** erarbeitet, die die Wirtschaftlichkeit der strombasierten Wasserstofftechnik gewährleisten sollen
- Allein bei der schrittweisen Substitution der fossilen Wasserstofftechnik **durch die strombasierte Wasserstofftechnik** könnten im **mitteldeutschen Chemiedreieck CO₂-Emissionen von 700.000 t/a vermieden** werden → Daraus kann abgeleitet werden, dass das Potenzial der Minderung von CO₂-Emissionen **in Deutschland** durch Ersatz der aus Erdgas und Erdölderivaten erzeugten Wasserstoffmengen für Chemieindustrie und Raffinerie durch strombasierte Wasserstofftechnik in der **Größenordnung von 10.000.000 bis 15.000.000 t/a CO₂** liegt

1. Arbeitsannahmen für die Szenarien:

Die Vorleistungen der HYPOS- Leuchtturmprojekte „MegaLyseur“ und „Forschungskaverne“ sowie die Arbeiten zur Entwicklung industrieller Elektrolysetechnik auf der Fraunhofer Elektrolysetest- und Versuchsplattform Leuna ermöglichen ein Scale-Up auf den industriellen Maßstab.

Für die Großelektrolysen in den Varianten mit 100 MW sowie mit 500 MW Leistungsaufnahme werden Standorte im Chemiedreieck Mitteldeutschland vorausgesetzt, die über Anschluss an die von der Firma Linde AG betriebene Wasserstoff- Pipeline verfügen. Diese Standorte sind über benachbarte sehr leistungsfähige Netzknoten in das Stromnetz integriert.

Es wird ein Stromaufkommen vorausgesetzt, das 4000 h/a für die Elektrolysen verfügbar ist. Die Strombereitstellung aus dem Netz wird als gegeben angenommen.

Die Investition für den Netzausbau und die Onshore-Windparks großer Kapazität, die 4000 h/a Leistung abgeben können, werden nicht betrachtet. Dieses Potential wird schrittweise mit erneuerbaren Kapazitäten aufgebaut und die Refinanzierung erfolgt über den Strompreis.

Damit hat eine Großelektrolyse **100 MW** ein Minderungspotenzial von ca. **80.000 t CO₂/a**. Das Minderungspotenzial einer Großelektrolyse **500 MW** beträgt ca. **400.000 t CO₂/a**.

Die vollständige Substitution des technologisch ersetzbaren fossil erzeugten Wasserstoffs der mitteldeutschen Chemieindustrie in der Größenordnung einer CO₂- Minderung von **700.000 t CO₂/ a** würde bei einem Stromangebot von ca. 4000 h/a Elektrolysen mit einer installierten Leistung von **900 bis 1.200 MW** erfordern.

Das dazu erforderliche Stromaufkommen von ca. **4 TW/a** wird nach einem weiteren Ausbau erneuerbarer Energien verfügbar sein, so dass diese Substitution schrittweise mit dem anwachsenden Stromaufkommen erfolgen wird.

2. Investitionskostenschätzung der Großelektrolysen

Großelektrolysesystem 100 MW **70 Millionen Euro** (Ausblick auf das Jahr 2025)

dazu Stromeinbindung an Netzknoten mit Schaltanlage und Trafo 110/ 30 kV

7 Millionen Euro

Großelektrolysesystem 500 MW **300 Millionen Euro** (Ausblick auf das Jahr 2030)

dazu Stromeinbindung an Netzknoten mit Schaltanlage und Trafo 110/ 30kV

17 Millionen Euro

In den Investitionskosten zum Großelektrolysesystem sind die Kosten der Peripherie wie Wasseraufbereitung, Trafos, Leistungselektronik und Gasreinigung enthalten.

3. Investitionskostenschätzung der Großkaverne

Da vorausgesetzt wird, dass die HYPOS-H₂-Forschungskaverne inklusive der Pipelineanbindung mit einem Investitionsaufwand von 36 Mio. € als Demoanlage bereits errichtet wurde, fallen nur die Umrüstkosten für den Realbetrieb mit dem vollen Speichervermögen an.

Die Forschungskaverne auf dem Untergrundgasspeicher (UGS) Bad Lauchstädt verfügt über ein Hohlraumvolumen von 420.000 m³. Bei einem Betriebsdruck bis max. 140 bar steht damit für die Nutzung als Großkaverne im Realbetrieb ein Speichervermögen von 42 Millionen Nm³ Wasserstoff zur Verfügung. Bei einer Ausspeiserate von 75.000 Nm³/h H₂ kann so eine Dunkelflaute oder Windstromflaute von 23 Tagen überbrückt werden. Das wird für die vollständige Substitution des fossil erzeugten Wasserstoffs von etwa **100.000 Nm³/h** als ausreichend angesehen.

Die **Investitionskosten für die Umrüstung der Forschungskaverne** auf Vollleistung für den Realbetrieb werden mit **19 Millionen Euro** eingeschätzt.

4. Forschungsseitige Voraussetzungen für die Umsetzung des Konzeptes

Die mit dem **Projekt HYPOS** erarbeiteten **Lösungsansätze der strombasierten Wasserstofftechnik** sind in der Folgezeit mit folgenden Maßnahmen zur Wirtschaftlichkeit und industriellen Reife zu führen:

- Die **Fraunhofer Elektrolysetest- und Versuchsplattform** bietet am **Chemiestandort Leuna** Anlagenbauern die Möglichkeit, ihre Entwicklungen industrieller Elektrolyseure kostengünstig zu optimieren, weiterzuentwickeln und zu testen und so die Marktreife zu erreichen. Der Förderaufwand wird mit **50 bis 80 Millionen Euro** bis 2025 eingeschätzt, die nicht mehr aus dem HYPOS- Projekt verfügbar sind. Darin ist auch die Fördersumme einer zusätzlichen Elektrolyse- Demoanlage 10 MW enthalten.
- Die **Forschungskaverne zur Wasserstoffspeicherung auf dem UGS Bad Lauchstädt** erfordert zur Realisierung und für den Demobetrieb als Großkaverne eine erhebliche Förderung für die Phasen 2 und 3 in der Größenordnung von ca. **24 Millionen Euro**, die nicht mehr aus dem HYPOS- Projekt verfügbar sind.

Darüber hinaus sind insbesondere wegen der fehlenden Regulierung der Stromversorgung für Demoanlagen weitere spezifische Förderungen erforderlich, die von Netzentgelten und anderen Abgaben entlasten.

5. Zusammenfassende Wertung der Investitionskosten von Grozelektrolyse und Großkaverne

Eine Grozelektrolyse 500 MW mit Stromeinbindung und Nebenanlagen kostet ca. 320 Millionen Euro und erbringt bei einem Stromangebot von über 4.000 h/a eine CO₂- Reduktion von ca. 400.000 t/a. Zur Speicherung wird eine Großkaverne erforderlich, die einen Investitionsaufwand von 55 Millionen Euro erfordert. Investitionen in Chemieanlagen oder Raffinerietechnik sind nicht erforderlich, da bei diesem Konzept der strombasierte Wasserstoff den bisher fossil aus Erdgas erzeugten Wasserstoff substituiert.

Letztlich ist das auch eine virtuelle Energiespeicherung, weil das „eingesparte“ Erdgas im Netz und seinen Speichern weiter verfügbar bleibt und jederzeit bei einer Dunkelflaute verstromt werden kann.

Spezifisch ergibt sich eine **CO₂ Reduktion** von ca. **1.000 t CO₂/ 1 Million Euro Investition**. Bei weiterem Ausbau wird sich dieser Wert geringfügig vergrößern, weil die eine Großkaverne größere Wasserstoffmengen aufnehmen kann.

Es wird eingeschätzt, dass die PEM- Elektrolysen zum Zeitpunkt der Investition im Jahr 2025 eine Lebensdauer von 15 a bis zum Wechsel der Stacks erreichen werden. Durch den Austausch der Stacks kann die Anlage weiter betrieben werden. Die Kosten für den Tausch der Stacks werden mit 30 % der Investitionskosten geschätzt. Die Lebensdauer einer Kaverne mit ihren obertägigen Anlagen wird mit 33 a angesetzt.

Bei der Einschätzung wurden die günstigen infrastrukturellen Voraussetzungen des mitteldeutschen Chemiedreiecks vorausgesetzt:

- Wasserstoff- Pipelinesystem und gegebener Wasserstoff- Bedarf
- Flächenangebot der Chemieparcs bzw. Industriestandorte
- Verfügbarkeit von Großkavernen sowie leistungsfähiger Netzknoten des Stromnetzes in unmittelbarer Nachbarschaft

Eine einfache Hochrechnung auf Gesamtdeutschland bei ganz anderen infrastrukturellen Voraussetzungen in den anderen Regionen ist nicht möglich.

Zum jetzigen Zeitpunkt kann kein Geschäftsmodell für Großelektrolyse und Großkaverne entwickelt werden. Das Stromaufkommen wird durch den Ausbau der Erneuerbaren Energie bestimmt. Strompreise und insbesondere die Zusatzkosten wie Entgelte und Abgaben sowie die Bewertung der CO₂ Emissionen sind von den künftigen Regulierungen abhängig und werden politisch determiniert.

November 2017

Kontaktdaten:

Herr Dr. Christoph Mühlhaus

c/o InfraLeuna GmbH

Netzwerksprecher
Am Haupttor, Gebäude 4310
06237 Leuna
Telefon: 03461/ 43 68 28
E-Mail : christoph.muehlhaus@web.de

Herr Dirk Heymel

Isw gGmbH

Management
Seebener Straße 22
06114 Halle (Saale)
Telefon: 0345/ 29 98 28 39
E-Mail : heyemel@isw-institut.de

Herr Alexander Spieß

HYPOS - Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e.V.

Projekt & Wissensmanagement
Schillerstraße 5
04109 Leipzig
Telefon: 0341/ 600 16 24
E-Mail: spiess@hypos-eastgermany.de