



H Y P O S HYDROGEN POWER STORAGE & SOLUTIONS EAST GERMANY

# HYPOS

HYDROGEN POWER STORAGE &  
SOLUTIONS EAST GERMANY

## White Paper zur Fortführung der HYPOS Strategie

*Juni 2017*

[www.hypos-eastgermany.de](http://www.hypos-eastgermany.de)



GEFÖRDERT VOM  
 Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## HYPOS – Strategie und Zielstellung

HYPOS steht für die Entwicklung innovativer Lösungen zur wirtschaftlichen Bereitstellung von strombasiertem Grünen Wasserstoff. Im Fokus steht dabei die Entwicklung einer Modellregion in Mitteldeutschland, die durch bereits vorhandene Infrastrukturen und zukünftige Vermarktungspotenziale günstige Voraussetzungen bietet.

In Form eines offenen Konsortiums eröffnet HYPOS die Möglichkeit, technisch-technologische Entwicklungen über die gesamte Wertschöpfungskette, von der Elektrolyse zur Erzeugung von **Grünem Wasserstoff** über den Transport und die Speicherung bis zur Anwendung voranzutreiben und zu etablieren. Ziel ist die großflächige Umsetzung grüner Wasserstoffanwendungen in den Bereichen der **Chemieindustrie, Raffinerie, Mobilität und Energieversorgung**. Voraussetzung dafür sind eine ausreichende Kostenreduktion und der Abbau infrastruktureller Hemmnisse. Die dafür eigens entwickelte Innovationsarchitektur bildet die Grundlage, welche es ermöglicht, die Potentiale wissenschaftlicher Einrichtungen, der Industrie und insbesondere regional verankerten KMUs in einem Netzwerk zu bündeln und somit die Ziele des Zwanzig20-Programms umzusetzen. Durch die Entwicklung des H<sub>2</sub>-Index Tools wurde nicht nur die vorausschauende Bewertung wirtschaftlicher Effekte der Verbundvorhaben ermöglicht, sondern auch der Aufbau einer simulationsgestützten Strategie- und Projektplanung initiiert.

Dementsprechend treiben HYPOS-Projekte die physische Kopplung der Gas-, Strom-, Wärme- und Mobilitätsstrukturen voran und sorgen somit dafür, erneuerbare Energien systemdienlich, gesamtökologisch und makroökonomisch wirksam in allen Sektoren nutzbar zu machen. Darüber hinaus werden die Synergien zwischen den Sektoren gezielt herausgearbeitet. HYPOS ist somit eines der wenigen aktuellen Projekte in Deutschland, die gemäß Zielstellung und Methodik zukunftsweisende Beiträge zur **Sektorenkopplung** leisten.

Die Ausgestaltung der **HYPOS-Gesamtstrategie** kann über folgende Eckpunkte beschrieben werden:

- **Kostenreduktion** für grüne Wasserstoffanwendungen entlang der gesamten HYPOS-WSK durch die aus der **strategischen Projektplanung** abgeleiteten Verbundvorhaben;
- **Auf- und Ausbau eines „Wasserstoffnetzwerks“ in der HYPOS-Region**, welches langfristig über die Verbundvorhaben hinaus, die Umsetzung einer flächendeckenden grünen Wasserstoffwirtschaft vorantreibt;

- **Regionale Kompetenzbündelung** von KMUs, Industrie und wissenschaftlichen Einrichtungen, die zu einer tragfähigen überregionalen und international sichtbaren Innovationsstruktur führt;
- **Vernetzung und Kooperationen** des HYPOS e.V. mit **vergleichbaren Netzwerken** zur Stärkung der Kompetenz- und Innovationskraft;



Abbildung 1 – Sektorkopplung (Darstellung des DVGW)

### Projektbilanz

Aktuell stehen die aus der strategischen Projektplanung abgeleiteten **Verbundvorhaben** im Fokus, da diese neben dem **primären Ziel**, der anvisierten **Kostenreduktion**, ebenfalls essentiell für den initialen Aufbau des HYPOS-Netzwerks und des Kompetenzverbunds sind.

Die Verbundvorhaben stehen somit für die **Senkung identifizierter Kostentreiber**, die **Vorbereitung und Umsetzung einer flächendeckenden Wasserstoff-Infrastruktur** in der Modellregion und **wirtschaftlicher Anwendungen** in den Bereichen der **Chemieindustrie, Raffinerie, Mobilität und Energieversorgung**.

Zu diesem Zweck konnten bisher 20 Verbundvorhaben identifiziert werden. 2 Projekte konnten abgeschlossen werden, 9 Projekte sind in Umsetzung und 9 Projekte sind in der Antragsphase. Der mit Abstand größte Anteil der Vorhaben befindet sich jedoch noch im ersten Abschnitt der Umsetzung.

Strategie

Strategiekonzept inkl. der Machbarkeitsstudien, H <sub>2</sub> -Index-I+II, ImplaN		
Themenfeld II	Themenfeld III	Themenfeld IV
Chemische Umwandlungsprozesse	Transport und Speicherung	Verwertung und Vertrieb
<p><i>Kostensenkung Elektrolyse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mega-Lyseur:</b> 23 % auf H<sub>2</sub>-Gestehungskosten PEM-Elektrolyse</li> <li>• <b>rSOC:</b> 75 % auf Investitionskosten reversible Hochtemperaturelektrolyse</li> <li>• <b>ELKE:</b> 30 % auf Investitionskosten alkalische Elektrolyse</li> <li>• <b>LocalHy:</b> Reduktion der Investitionskosten alkalische Druckelektrolyse</li> </ul> <p><i>Weitere Kostensenkung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RW-Trockner:</b> bis zu 80 % Energieeinsparung bei Gastrocknung</li> </ul> <p><i>Auslastung der Elektrolyse durch reversiblen Betrieb</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>REVAL:</b> reversible Membranelektrolyse</li> <li>• <b>rSOC:</b> reversible Hochtemperaturelektrolyse</li> </ul>	<p><i>Kostensenkung Transport</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>H<sub>2</sub>-HD:</b> 18 % auf spezifische Transportgestehungskosten mit LKW</li> <li>• <b>H<sub>2</sub>-Netz:</b> 30 % auf spezifischen Transportgestehungskosten im Vergleich zu Stahlrohrleitungen</li> </ul> <p><i>Umwidmung des Erdgasnetze</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>H<sub>2</sub>-MEM:</b> Trennung H<sub>2</sub>/Erdgas auf Basis von Kohlenstoffmembranen</li> <li>• <b>H<sub>2</sub>-PIMS:</b> innovative Bewertungssysteme zur Betriebssicherheit Erdgasnetze mit H<sub>2</sub></li> <li>• <b>HyPros:</b> Entwicklung einer hochsensitiven Wasserstoffsensoren</li> </ul> <p><i>Entwicklung Großspeicher</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>H<sub>2</sub>-UGS:</b> Speicherung Grünen Wasserstoffs in Untergrundgasspeichern</li> <li>• <b>H<sub>2</sub>-Safety-Re-Design:</b> Sicherheitskonzept für oberirdige Bestandsanlagen UGS</li> </ul>	<p><i>Stoffliche H<sub>2</sub>-Verwertung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>COOMet:</b> 16 % Reduktion der Methanolgestehungskosten</li> <li>• <b>eKeroSyn:</b> 33 % auf Kerosingestehungskosten mittels FT-Verfahren</li> </ul> <p><i>Urbane Energieversorgung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>H<sub>2</sub>-Home:</b> 50 % Kostenreduktion Stromgestehungskosten</li> </ul> <p><i>Dezentrale Verwertung und hochpreisige Nischenmärkte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LocalHy:</b> H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> – Mobilität, Rückverstromung &amp; Abwasserreinigung</li> <li>• <b>FRAGRANCES:</b> dezentrale Produktion von CO und H<sub>2</sub></li> </ul> <p><i>Mobilität</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ImplaN:</b> Entwicklung einer optimalen Tankstelleninfrastruktur</li> </ul>
<p>INES - themenfeldübergreifende Sicherheitsbetrachtung an den Schnittstellen</p>		

Abbildung 2 – Einordnung HYPOS-Verbundvorhaben (Stand Februar 2017)<sup>1</sup>

Ausgehend vom Projektfortschritt ergibt sich folgendes Bild:

- Als **herausragende Kostentreiber** wurden die **Investitionskosten sowie die Auslastung der Elektrolyseanlagen** identifiziert. Dabei werden mit den Vorhaben im Bereich der Alkali-, der PEM-, der Hochtemperatur- und reversiblen Elektrolyse sowie im Bereich der H<sub>2</sub>-BHKW die vorgesehene Senkung der Investitionskosten und die Erhöhung der Volllaststunden aller Voraussicht nach realisiert werden können. Durch die Adressierung verschiedener Elektrolysetechnologien werden die verschiedenen Zielmärkte, Einsatzgebiete und standortbezogene Anforderungen berücksichtigt.
- Für die Umsetzung einer **flächendeckenden Wasserstoffwirtschaft** bedarf es einer dafür ausgerichteten, unterstützenden sowie kostengünstigen **Wasserstoff-Infrastruktur**. Dadurch wird die Überführung von wirtschaftlichen Nischenanwendungen zur großflächigen grünen Wasserstoffwirtschaft ermöglicht. Für die frühe Phase, in der vor

<sup>1</sup> Für die Projekte Mega-Lyseur, H<sub>2</sub>-HD und COOMet basiert die Angabe der Kostenreduktion auf der H<sub>2</sub>-Index-Berechnung. Die Angaben für rSOC basieren auf dem Ergebnis von rSOCa. Die Angabe H<sub>2</sub>-Netz ist eine erste Abschätzung des Konsortiums. Die Angabe bei eKeroSyn, ELKE und RWTrockner beruhen auf den Angaben der Konsortien in den jeweiligen Skizzen bzw. der Gesamtvorhabenbeschreibung



allein bei dezentralen Anwendungen und Anwendungen in Nischenmärkten eine Versorgung mit geringen H<sub>2</sub>-Mengen notwendig ist, wird die technologische Weiterentwicklung der Trailerversorgung vorangetrieben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass dieses Transportinstrument auch langfristig für die Wasserstoffversorgung in der Fläche benötigt wird. Spätestens mit dem Anstieg der benötigten H<sub>2</sub>-Mengen bzw. größeren Applikationen bedarf es langfristig kostengünstigere und energieeffizientere Transportmöglichkeiten. Dafür ist die Umwidmung des Erdgasnetzes zur Nutzung mit wasserstoffreichen Gasen bzw. reinem Wasserstoff vorgesehen. Dies reduziert im Vergleich zum vollständigen Ersatz bisheriger Netzstrukturen die Systemtransformationskosten. Parallel dazu wird die Kostenreduktion für den Neubau von Wasserstoffpipelines vorangetrieben. Die großvolumige und effiziente Speicherung in Untergrundgasspeichern (UGS) befindet sich ebenfalls in Vorbereitung. Diese Entwicklungen werden durch themenfeldbezogene und übergreifender schnittstellenbezogene Sicherheitsbetrachtungen ergänzt.

- Die Absatzpotentiale für **wirtschaftliche grüne Wasserstoffanwendungen** in der Modellregion konnten durch die Erstellung der Potentialanalyse des DBI aufgenommen werden. Die Ergebnisse ergänzen sich mit den aktuellen veröffentlichten Potentialstudien auf bundesweiter Ebene. Mit der Entwicklung neuer Verfahren bzw. Weiterentwicklungen bestehender Verfahren zur stofflichen Wasserstoffverwertung wird im HYPOS-Projekt aktuell die Einführung grüner Anwendungen vorbereitet. Ziel ist es, hochpreisige Märkte zu adressieren, die eine frühe Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Parallel dazu werden Vorhaben gefördert, die zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit mehrere Märkte kombinieren oder die grüne Wasserstoffanwendungen in einen laufenden Betrieb integrieren.

### **Ausgestaltung der Strategie**

In Anbetracht der vorhandenen Ansätze als auch externer Entwicklungen sind die Eckpunkte der Strategie weiter auszugestalten.

#### ***Kurz- bis mittelfristig***

*Projektbezogen* stehen vor allem Verbundvorhaben im Vordergrund, die eine weitere **Markteröffnung** für grüne Wasserstoffanwendungen ermöglichen bzw. eine **wirtschaftliche**



**Verwertung mit kurz- bis mittelfristigem Zeithorizont** in Aussicht stellen. Dezentrale Märkte und hochpreisige Nischenmärkte bieten zunächst die größten Potentiale. Daneben zeigt sich der Raffineriemarkt als vielversprechender Zielmarkt für große Produktionsmengen in der Region. Für die **Umsetzung von Großspeichern und Transportinfrastruktur** gilt es die laufenden und geplanten Voruntersuchungen in Demonstrations-Projekte zu überführen. Ziel ist es, mit den Demonstration-Projekten aufzuzeigen, dass diese direkt in einen wirtschaftlichen Betrieb überführt werden können (mittel-langfristig). Nichts desto trotz sollten Verbundvorhaben mit **besonderem Innovations-** und **Kostensenkungspotential** nicht unberücksichtigt bleiben, da ansonsten Chancen einer Durchbruchinnovation verpasst werden.

*Netzwerkbezogen* ist die **Steigerung der Sichtbarkeit** ein unerlässliches Ziel hinsichtlich des Auf- und Ausbaus der HYPOS-Netzwerks und der Modellregion. Die Platzierung von Großprojekten im Anschluss an die Zwanzig20-Förderung kann hier unterstützend wirken. Darüber hinaus gilt es, die **Netzwerkaktivitäten** zu erhöhen. Dazu gehört die weitere Ausarbeitung des Profils als Modell-Region, die Erweiterung der Partnerschaften mit vergleichbaren Netzwerken (national wie international), das verstärkte Auftreten auf Fachveranstaltungen sowie der Ausbau des externen Wissensmanagements.

Die Förderung **der Vernetzung im HYPOS e.V.** darf dabei nicht unberücksichtigt bleiben. Innerhalb von Fachgruppen und Workshops soll der interne Austausch im Konsortium gestärkt und der Austausch von Wissen ermöglicht werden, sodass neue Innovationen entstehen und der Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft weiter verstärkt werden kann.

Hinsichtlich der *Weiterentwicklung der Strategie und strategischen Projektplanung* gilt es die Wirkungen der Verbundvorhaben auf der Wertschöpfungskette im Kontext konkreter Anwendungsfälle abzubilden, sodass auf Basis der tatsächlichen Projektergebnisse neue Maßnahmen gesetzt werden können sowie die Zielerreichung des Gesamtprojektes evaluiert werden kann.. Die methodische Basis bildet hier der H<sub>2</sub>-Index.

### ***Mittel- bis langfristig***

*Projektbezogen* ist und bleibt auch die **großtechnische Umsetzung** das Ziel in HYPOS, sodass eine großflächige Durchdringung mittels der strombasierten Wasserstofftechnik sowohl bei kleinen Bedarfsträgern als auch bei Großabnehmern erreicht werden kann. Daher bleibt die Entwicklung der Infrastruktur, hinsichtlich der Großelektrolyse, der Transportstrukturen und der Großspeicherung, ein Schwerpunkt.

Netzwerkbezogen müssen für HYPOS neue Fördermöglichkeiten gefunden oder eine ausreichende Eigenfinanzierung erreicht werden. Die Grundlagen dazu sind bereits in der jetzigen Phase zu legen. Zur Umsetzung bzw. Ausarbeitung eines Konzepts wurde ein eigenes Team gegründet.

Für die *Weiterentwicklung der Strategie* für das Netzwerk und die Entwicklung der Modellregion wird auch zukünftig die **simulationsgestützte Strategie- und Projektplanung** auf Basis bisheriger Entwicklungen weiter vorangetrieben. Als Vision soll hier die sektorenübergreifende Modellierung der Potentiale, Netze und Infrastruktur der Modellregion angeführt werden. Dabei geht es nicht um eine Neuentwicklung, sondern um die Verknüpfung von Bestehendem unter Berücksichtigung der Interessen der Träger. Dies ist nur unter Einbeziehung der Partner möglich, wobei als Zentrum des HYPOS-Netzwerks der HYPOS e.V. Zugriff und Know-How-Träger werden muss.



Abbildung 3 – Roadmap

### Fazit

**HYPOS muss sich als Vorreiter im Bereich der Sektorenkopplung weiter etablieren.** Die Notwendigkeit dazu hat der jüngst veröffentlichte Klimaschutzplan der Deutschen Bundesregierung gezeigt, der zur Erreichung der Klimaschutzziele bis 2050 für Deutschland weitest gehende Treibhausgasneutralität fordert.

Sektoren und Infrastrukturen sind durch Kopplungselemente intelligent und wirtschaftlich zu verbinden. Dazu bieten Wasserstoff und seine Folgeprodukte wie Methanol, Dimethylether und



Methan einerseits die dem Stromsektor fehlende Möglichkeit der Speicherung großer Energiemengen. Andererseits ergibt die Sektorenkopplung die Möglichkeit, die CO<sub>2</sub>-Emissionen der etablierten großtechnischen Verfahren von Chemieindustrie und Raffinerietechnik erheblich zu verringern. Dabei ist eine innovative Modernisierungsstrategie zum Erhalt der Industrie erforderlich, welche kosteneffizient zur Treibhausgasneutralität führt, ohne die Wirtschaftlichkeit der vorhandenen Wirtschaftszweige zu gefährden.

Die Einzigartigkeit von HYPOS liegt in der Möglichkeit, die verschiedenen Kopplungselemente und Anwendungsmöglichkeiten durch die gegebenen Infrastrukturen, wie Wasserstoffpipeline, Erdgasnetz, Stromnetz und Gasspeicher zu verbinden, so dass sich in der Summe der Einzelinnovationen wirtschaftliche Vorteile für die gesamte Wertschöpfungskette ergeben. Die Einbindung industrieller Partner der Raffinerietechnik, der Gasversorger, der Chemieindustrie, der Stromversorger und insbesondere der Chemieparks ergänzt die bereits vorhandenen infrastrukturellen Gegebenheiten. Dadurch ist die Sektorenkopplung ein immanenter Bestandteil der **HYPOS-Strategie**.

HYPOS und seine Projekte erarbeiten den technologischen Vorlauf für die wirtschaftliche Umsetzbarkeit. Es wird davon ausgegangen, dass die Markteinführung mit einer Großelektrolyse und einer Großkaverne in der Region erfolgt, die mit ihrer Infrastruktur und den industriellen Partnern die besten Voraussetzungen bietet. Großkaverne und Großelektrolyse mit der schrittweisen Substitution eines fossil abgedeckten Wasserstoffbedarfs werden mit ihrem Scale-up die Eingangspforte für die Wirtschaftlichkeit der strombasierten Wasserstofftechnik öffnen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Markteinführung politisch durch Rahmensetzungen zu CO<sub>2</sub>-Kosten, zur CO<sub>2</sub>-Anrechnung bei der Mobilität, zur Nutzung des Erneuerbaren Stromes ohne Zusatzbelastungen durch Netzentgelte oder andere Abgaben so begleitet wird, dass das Geschäftsmodell für Investoren attraktiv wird.

Aufgabe von HYPOS ist es, für die HYPOS-Region den technologischen Vorlauf insbesondere durch die Genehmigungsfähigkeit einer Großkaverne und durch die Entwicklung industrieller Elektrolyseure mit der Fraunhofer Versuchsplattform zu sichern. Eine Experimentierklausel sollte daher für die Projekte der Versuchsplattform eine kostengünstige Stromversorgung gewährleisten. Die industrielle Umsetzung soll kostengünstig unter Einbeziehung vorhandener Technik und Technologien erfolgen, die nicht umfassend zu ersetzen, sondern zu ergänzen sind.

Mit der großtechnischen Markteinführung werden sich auch die von HYPOS entwickelten dezentralen Anwendungen in das flächendeckende Wasserstoffversorgungsnetz integrieren. Dadurch werden zusätzliche Deckungsbeiträge in den Bereichen Mobilität und Energieumwandlung ermöglicht.



