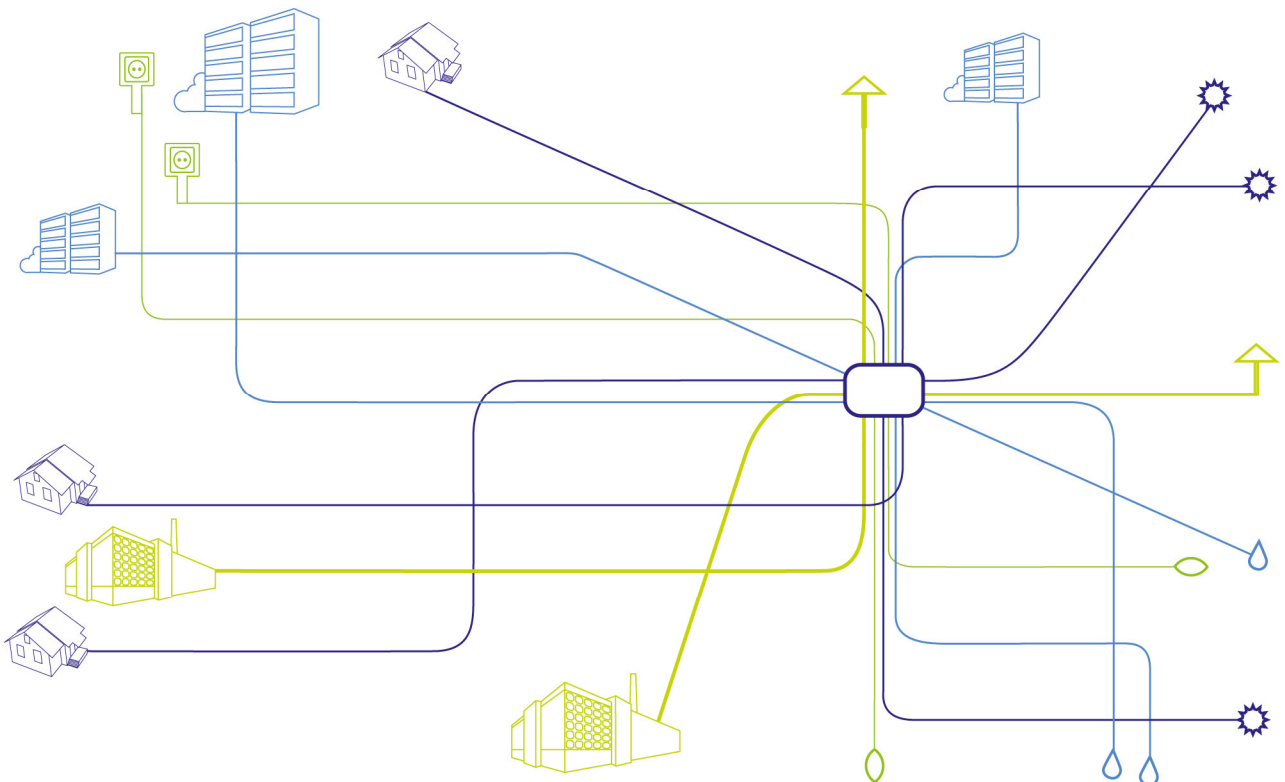




## Decentralised energy storage units becoming economically and environmentally sound



## VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at) zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel  
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds



Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

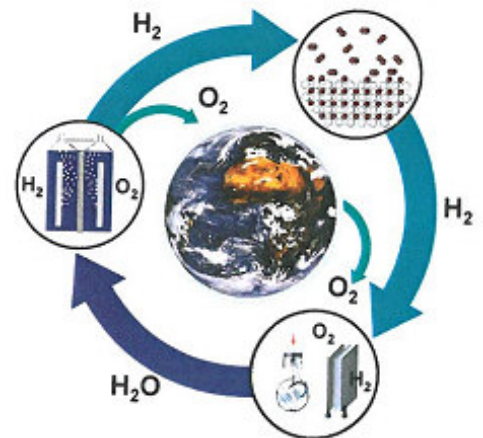
# 1 Inhaltsverzeichnis

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | Inhaltsverzeichnis .....                | 1 |
| 2 | Einleitung .....                        | 2 |
| 3 | Inhaltliche Darstellung .....           | 3 |
| 4 | Ergebnisse und Schlussfolgerungen ..... | 4 |
| 5 | Ausblick und Empfehlungen .....         | 8 |
| 6 | Literaturverzeichnis .....              | 8 |
| 7 | Anhang .....                            | 9 |
| 8 | Kontaktdaten .....                      | 9 |

## 2 Einleitung

Obwohl die Charaktereigenschaften von Wasserstoffperoxyd als flüssige Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff unter Chemikern wohl bekannt sind und das Element bei weitem einfacher als Wasserstoff z.B. in Bezug auf Flüchtigkeit zu handhaben ist, gibt es wenig Studien über  $\text{H}_2\text{O}_2$  Sekundärenergieträger und stationärer Energiespeicher. Dieses ist insofern überraschend, als keine negativen Auswirkungen auf Klima und Umwelt zu erwarten sind und bei Herstellung über erneuerbare Energien die Kreislaufbilanz von  $\text{H}_2\text{O}_2$  umweltfreundlich über die gesamte Wirkungskette ist. Sicherheitstechnisch gibt es Herausforderungen, die mit Wasserstoff vergleichbar sind. Es hat sich in der Recherche herausgestellt, dass Wasserstoffperoxyd effizienter als Wasserstoff zwischengespeichert werden kann.

Alle oben gemachten Annahmen, die auf eine durchgeführte Sichtung von Literatur und Patent beruhen, sind im Rahmen der vorliegenden Sondierung mit Fakten und Analyseergebnissen verknüpft worden. Die Herausforderung war es, gesamtheitliche Wirkungszusammenhänge und potentielle Benefits mit der notwendigen Detaillierung zu evaluieren und in Bezug auf Auswirkungen auf das österreichische Energiesystem zuzuordnen. Hierdurch kann Wasserstoffperoxyd ein wesentliches Element einer visionär – nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft (siehe Abb. 2.1.1a) werden<sup>1</sup>.



**Abb. 2.1.1a: Vision einer nachhaltigen H<sub>2</sub>-Wirtschaft, Quelle: Züttel**

Ziele von DESTORE - sind, mit einer kosteneffizienten Wasserstoffperoxyd - Speicherung elektrischer und/oder thermischer Energie wesentlich zu einer nachhaltigen Versorgung von standardisierten Energiedienstleistungen beizutragen.

Untersucht wird im Speziellen inwiefern die dezentrale, saisonale Speicherung von elektrischer und/oder thermischer Energie sich auf die Steigerung des technisch- / wirtschaftlichen Einsatzbereiches erneuerbarer Energieressourcen in ausgewählten Szenarien auswirken könnte. Ziel dieser Sondierung ist es, die Untersuchungsergebnisse mittelfristig in Forschungs- und Umsetzungsprojekte einzupflegen.

Methodisch – sind folgende systematische Vorgehensweise miteinander verknüpft:

- Recherchen und Bilanzierungen der untersuchten thematischen Felder.
- Experteninterviews und Bewertung der diskutierten Wirkungsketten.
- Vergleichsanalysen und Synthetisierung der Ergebnisse in den vorliegenden Bericht.

<sup>1</sup> Züttel A. et al.: Hydrogen as a Future Energy Carrier, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, ISBN 9783527308170, 2008  
Blue Globe Report – Klima- und Energiefonds

Schwerpunkt des Projekts - Wasserstoffperoxyd wird als Energieträger zur Speicherung von elektrischer und/oder thermischer Energie verwendet. Einfache und effiziente Energiespeicherung zählt zu den Schlüsseltechnologien zur Forcierung erneuerbarer Energien und ist das Kernthema dieses Projektes. Die Forschungsgrundlage bildet dabei die Tatsache, dass Wasserstoffperoxyd eine mit Wasserstoff vergleichbare Energiespeicherdichte besitzt, effizient gelagert und wesentlich einfacher transportiert werden kann.

Einordnung in das Programm – in der Ausschreibung sind Fragestellungen des Programmmanagements dargestellt, auf welche **DESTORE** folgende Antworten geben sollte:

| Ausschreibungsziele   | DESTORE Sondierung  |
|---|---|
| <u>Elektrische Speicher</u> - „Faktor 8“-Forschung: Reduktion der spezifischen Speichervolumen von heute 17 m <sup>3</sup> /MWh um den Faktor 8 auf 2 m <sup>3</sup> /MWh durch den Einsatz von neuen Speichermaterialien, Reduktion des für den Speicher erforderlichen umbauten Raums | Beim Vergleich erreichbarer volumetrischer Energiedichten wird für die Speicherung von Wasserstoffperoxyd auf der Basis von (100%wt) ein Speichervolumen von ca. 1,13 MWh/m <sup>3</sup> benötigt, was in etwa der Energiedichte von gasförmig gespeichertem Wasserstoff bei 700 bar entspricht (1,3 MWh/m <sup>3</sup> ).                                  |
| <u>chemische Speicher</u><br>- Wasserstofferzeugung durch flexible Elektrolyseure, die für schnelle und häufige Lastschwankungen ausgelegt sind<br>- Umwandlung und Speicherung von fluktuierenden Einspeisungen in Wasserstoff und Methan  | Die zur Wasserstofferzeugung notwendigen und im Projekt untersuchten Elektrolyseure erlauben eine elektro-chemische Spaltung bei niedrigen Temperaturen und starken Lastschwankungen, die Nutzung von Erneuerbaren Energieträgern mit hohen Wirkungsgraden und sind ein möglicher Bestandteil zur Speicherung als flüssiger H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . |

Herstellungsverfahren - Das heutzutage mehrheitlich genutzte Verfahren ist der Anthrachinon (AO) - Prozess. Dieser wird vor allem aufgrund der großen Produktionsmengen sowie der hohen Reinheit des erzeugten Wasserstoffperoxyds angewendet und ist zudem im groß-industriellen Maßstab wirtschaftlich, aber sehr energieaufwendig. Verfahren mit effizienterem Ressourceneinsatz werden vorgestellt, befinden sich aber noch auf Laborversuchsebene.

Lagerhaltung - Im Zuge der Untersuchungen sind die potentiellen Speichermöglichkeiten von Wasserstoffperoxyd unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Maßnahmen und Bestimmungen analysiert und die wirtschaftlichen Aspekte, sowie Materialanforderungen, Investitionskosten und Lebensdauer verifiziert worden. Einen signifikanten Teil der Recherchen nehmen hierbei auch die rechtlichen Rahmenbedingungen Österreichs ein.

Nutzwertanalyse - es sind potentielle Energiebereitstellungskonzepte ausgearbeitet worden, welche die Umwandlung von in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gespeicherter chemischer Bindungsenergie, in nutzbare Energie ermöglichen.

Aus der Gegenüberstellung und den Vergleichsanalysen anhand von ausgewählten Kriterien sollen jene Konzepte identifiziert werden, welche technologisch realisierbar sind und für einen zukünftigen Massenmarkt hinsichtlich technischer, ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte die größte Umsetzungswahrscheinlichkeit versprechen.

Integrationspotential - Speicher- und Transportfähigkeit fossiler Energieträger ohne wesentlichen Energieaufwand bildeten bisher die Grundlage für die industrielle Entwicklung. Doch sind fossile Energien nur begrenzt vorhanden und mit verstärkter Einführung erneuerbarer Energien in die Versorgungskette verliert unser Gesamtsystem an Speicherkapazität. Auf Basis der Ergebnisse aus der vorangegangenen Analyse potentieller H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Energieumsetzungstechnologien wurden im Wesentlichen zwei Konzeptansätze identifiziert, die sich für die integrative Betrachtung in einem Gesamtsystem eignen.

### 3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die, in vier Berichten zusammengefassten Untersuchungsergebnisse (siehe D1 – 4 im Anhang) bilden die Kernelemente der nachfolgend dargestellten Schlussfolgerungen für die essentiellen Aspekte einer Integration von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in das aktuelle Energiesystem.

Im Bericht D1 (siehe Anhang) sind alle in der Recherche analysierten Produktionsverfahren in Form einer Matrix verglichen worden. Dieser in nachfolgender Tabelle Tab. 3a zusammengefasste Vergleich zeigt, dass von den derzeit realisierbaren H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Produktionsverfahren der Anthrachinon (AO) - Prozess aufgrund seiner groß-industriellen Anwendbarkeit und der Anzahl der weltweit installierten Anlagen als Referenzverfahren für potentiell zukünftige Herstellungsvarianten herangezogen werden kann. Der AO – Prozess wird vor allem aufgrund der großen Produktionsmengen sowie der hohen Reinheit des erzeugten Wasserstoffperoxids angewendet. Alle anderen im Bericht D1 (siehe Anhang) Verfahren wie z.B. die Direktsynthese, ein neues Verfahren basierend auf der kathodischen Reduktion und das Brennstoffzellenverfahren werden in der Literatur als vielversprechend identifiziert, befinden sich aber noch in der Vorentwicklung. Im Vergleich zum AO-Prozess wird ein effizienterer Ressourceneinsatz prognostiziert und als Möglichkeit einer dezentralen Herstellung von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in Aussicht gestellt.

Im Bericht D2 (siehe Anhang) sind potentielle Speichermöglichkeiten von Wasserstoffperoxid analysiert worden. Rechtliche Aspekte in Österreich bilden hierbei den relevanten Teil der Recherchen. Dabei hat sich ergeben, dass H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 70wt% relativ gut und sicher speicherbar sind, solange Wasserstoffperoxid in den dafür geeigneten Behältern (z.B. Edelstahl) und unter Berücksichtigung der entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen (z.B. Vermeidung von Verunreinigungen) gelagert wird. Insbesondere der Umstand, dass Wasserstoffperoxyd bei Umgebungstemperatur als Flüssigkeit vorliegt und eine ähnlich hohe volumetrische Energiedichte wie gasförmiger Wasserstoff bei 700 bar besitzt sowie die geringen Speicherverluste bei richtiger Lagerung, eröffnen damit die Möglichkeit Wasserstoffperoxid zukünftig als Energieträger für kleine dezentrale Energiebereitstellungseinheiten zu nutzen. Unter Einhaltung der im Bericht D2 dargestellten technischen und rechtlichen

Rahmenbedingungen, könnten damit beispielsweise entlegene Gebiete im ländlichen Raum mit Wärme und Elektrizität versorgt werden.

Im Bericht D3 (siehe Anhang) sind potentielle Einsatzmöglichkeiten ausgearbeitet worden. Aufgezeigt wird die thermische Umwandlung der in Form von chemischer Bindungsenergie in  $H_2O_2$  gespeicherten Energie in nutzbare Energie (elektrische Energie, Wärmeenergie). Alternativ dazu werden auch unterschiedliche auf  $H_2O_2$  basierende Brennstoffzellensysteme als potentielle Energieumsetzungsmethoden analysiert. Abschließend wird eine ganzheitliche Betrachtung eines auf  $H_2O_2$ -basierten Energieträgerkonzepts durchgeführt, bei dem sich die in Tab. 2.3b dargestellten Gesamtspeicherwirkungsgrade ergeben. Limitierende Faktoren sind die durchschnittliche Jahresproduktion einer Wasserstoffperoxyd-Produktion sowie fehlende praktische Erfahrungen mit den dafür benötigten Katalysatoren. Was den Einsatz der  $H_2O_2$ -Brennstoffzellentechnologie betrifft, so muss konstatiert werden, dass nach derzeitig vorliegendem Technologiestand ein kommerzieller Betrieb nicht absehbar ist.

Im Bericht D4 (siehe Anhang) werden potentielle Einsatzfelder der in D3 vorgestellten  $H_2O_2$ -Energieumsetzungskonzepte betrachtet. Auf der einen Seite handelt es sich dabei ein thermisches Energiespeicherkonzept, bei dem die ungenutzte Abwärme von Industrieprozessen genutzt wird, um  $H_2O_2$  effizient herzustellen und aufzukonzentrieren. Bei Konzentrationen von 70wt% könnte  $H_2O_2$  effizient gelagert und transportiert werden, um es abschließend thermisch mit Hilfe eines ORC-Prozesses (Organic Rankine Cycle) in entlegenen Versorgungsgebieten rückzuverstromen. Aufgrund des hohen apparativen und finanziellen Aufwands gepaart mit dem relativ geringen Gesamtspeicherwirkungsgrad hat sich allerdings gezeigt, dass sich die hohen Investitionskosten niemals während des Betriebs amortisieren würden. Auch das zweite Einsatzfeld der integrativen Nutzung eines auf  $H_2O_2$  basierten Brennstoffzellensystems bestehend aus einer  $H_2O_2$ -Elektrolyseeinheit und einer PEM-Brennstoffzelle im Anlagenverbund mit einer Notstromversorgung (siehe Tab. 3b) hat sich im Zuge der detaillierteren Recherche als derzeit noch nicht umsetzbar und sinnvoll erwiesen.

Tab. 3a: Matrixvergleich gängiger H2O2-Herstellungsverfahren

|   | Technologie zur Umsetzung verfügbar<br>kommerziell verwertet |                   |                   |   |                      |  | Technologie zur Umsetzung <u>nicht</u> verfügbar<br>Laborversuche teilweise vorhanden, kommerziell noch <u>nicht</u> verwertet |  |                     |                |                                     |               |                            |   |           |                      |
|---|--|-------------------|-------------------|---|----------------------|--|--|--|---------------------|----------------|-------------------------------------|---------------|----------------------------|---|-----------|----------------------|
|   | Elektrochemische<br>Verfahren                                |                   |                   | Anthrachinonprozess-Prozess<br>(AO-Prozess) | 2-Propanol-Verfahren | Kathodische Reduktion<br>Dow-Huron-Zelle | Methylbenzylalkohol  | Kathodische Reduktion<br>(Mangan II-Ionen) | Peroxidverbindungen | Direktsynthese | Carbonmonoxid, Sauerstoff<br>Wasser | Photokatalyse | Brennstoffzelle (Yamanaka) | Autooxidation<br>(auf Basis des AO-Prozesses) | Plasma    | Organische Verfahren |
|   | Degussa-Weissenstein   | Münchener-Prozess | Riedel-Löwenstein |   |                      |  |  |  |                     |                |                                     |               |                            |   |           |                      |
| Energiebedarf fossile Rohstoffe               | -  | -                 | --                | +   | 0                    | 0  | ++   | 0  | 0                   | ++             | +                                   | 0             | ++                         | +   | --        | ++                   |
| Systemkomplexität                             | --   | --                | --                | --  | --                   | -  | -  | -  | 0                   | +              | +                                   | 0             | -                          | --  | 0         | +                    |
| Wirkungsgrad                                  | -  | -                 | --                | ++  | 0                    | +  | ++   | 0  | --                  | +              | 0                                   | --            | -                          | ++  | --        | --                   |
| (Reinheit) Ausgangsstoff                      | -  | -                 | -                 | +   | 0                    | 0  | +  | ++   | --                  | ++             | --                                  | --            | ++                         | -   | ++        | --                   |
| max. H2O2-Konzentration                       | +  | +                 | +                 | ++  | +                    | -  | ++   | --   | --                  | -              | --                                  | --            | 0                          | ++  | 0         | --                   |
| Erzeugungskapazität                           | ++   | ++                | ++                | ++  | ++                   | 0  | 0  | --   | --                  | -              | --                                  | --            | -                          | ++  | --        | --                   |
| Integrierbarkeit<br>(dezentrale Systemlösung) |  |                   |                   |   |                      | 0  |  |  |                     |                |                                     |               |                            |   |           |                      |
| Kapitalbedarf                                 | --   | --                | --                | --  | --                   | 0  | -  | -  | --                  | +              | --                                  | --            | -                          | --  | -         | 0                    |
| Ökologischer Footprint                        | --   | --                | --                | --  | --                   | -  | -  | ++   | 0                   | ++             | 0                                   | 0             | ++                         | --  | --        | ++                   |
| Time to Market                                | ++   | ++                | ++                | ++  | ++                   | ++                                       | +  | -  | --                  | +              | --                                  | --            | -                          | +   | -         | --                   |
| <b>Gesamtbewertung (Punkte)</b>               | <b>14</b>  | <b>14</b>         | <b>12</b>         | <b>22</b>                                   | <b>17</b>            | <b>20</b>                                | <b>23</b>  | <b>25</b>                                  | <b>6</b>            | <b>30</b>      | <b>10</b>                           | <b>6</b>      | <b>31</b>                  | <b>19</b>                                     | <b>11</b> | <b>13</b>            |



Tab. 3b: Matrixvergleich von Wasserstoffperoxid H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> vs. Wasserstoff H<sub>2</sub>

|                         | Herstellungsprozess                        |                 |                   |             |                   | Speicherung                         |                                      |                                      |   | Technologiepotential über die gesamte Prozesskette |             |  |                                 |   |  |                                |  |  |   |                 |                            |                     |  |    |
|-------------------------|--|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|-------------|--|---------------------------------|---|--|--------------------------------|--|--|---|-----------------|----------------------------|---------------------|--|----|
|                         | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>              |                 | H <sub>2</sub>    |             |                   | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>       |                                      |                                      |   | H <sub>2</sub>                                     |             | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                          |                                 |   |  |                                |  |  |   | H <sub>2</sub>  |                            |                     |  |    |
|                         | AO-Prozess                                 | Brennstoffzelle | Dampfreformierung | Elektrolyse | Biomassebergasung | 8 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 30 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 70 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 80-85 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | gasförmig  | verflüssigt | Dampfkraftprozess 85 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | Dampfkraftprozess +Vorwärmstufe | Dampfkraftprozess +Nachverbrennung O <sub>2</sub> -Anteil | Dampfkraftprozess +Direkte O <sub>2</sub> -Verbrennung | Dampfkraftprozess +ORC-Prozess | ORC-Prozess 70 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | ORC-Prozess 30 wt% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> od. NaBH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Brennstoffzelle | V/KM            | H <sub>2</sub> -Gasturbine | PEM-Brennstoffzelle | Brennstoffzellenkonzept, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |    |
| Erzeugung- /Herstellung | Energiebedarf fossile Rohstoffe            | --              | 0                 | -           | 0                 | ++                                  |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | --                             | --   | --   | --  | --              | nicht umsetzbar            | -                   | 0  | 0  |
|                         | Systemkomplexität                          | --              | +                 | --          | ++                | --                                  |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | --                             | --   | --   | --  | --              | nicht umsetzbar            | --                  | ++   | +  |
|                         | Wirkungsgrad                               | -               | -                 | ++          | +                 | -                                   |                                      |                                      |   |  | -           | -  | -                               | -   | -  | -                              | -  | -  | -   | -               | nicht umsetzbar            | ++                  | +  | -  |
|                         | Konzentration (Reinheit) Ausgangsstoff     | 0               | -                 | ++          | ++                | --                                  |                                      |                                      |   |  | 0           | 0  | 0                               | 0   | 0  | 0                              | 0  | 0  | 0   | 0               | nicht umsetzbar            | ++                  | ++   | -  |
|                         | Erzeugungskapazität                        | ++              | -                 | ++          | +                 | +                                   |                                      |                                      |   |  | ++          | ++   | ++                              | ++  | ++   | ++                             | ++   | ++   | ++  | ++              | nicht umsetzbar            | ++                  | +  | -  |
|                         | Integrierbarkeit (dezentrale Systemlösung) | --              | ++                | --          | +                 | --                                  |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | --                             | --   | --   | --  | --              | nicht umsetzbar            | --                  | ++   | ++ |
|                         | Kapitalbedarf                              | --              | +                 | --          | +                 | --                                  |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | --                             | --   | --   | --  | --              | nicht umsetzbar            | --                  | +  | +  |
|                         | Ökologischer Footprint                     | --              | 0                 | -           | 0                 | +                                   |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | --                             | --   | --   | --  | --              | nicht umsetzbar            | -                   | 0  | 0  |
| Speicherung             | volumetrische Energiespeicherdichte        |                 |                   |             |                   |                                     | --                                   | --                                   | 0                                       | +  | 0           | +  | +                               | +   | +  | +                              | 0  | --   | 0   | nicht umsetzbar | +                          | +                   | --   |    |
|                         | Energieaufwand für Aufbereitung            |                 |                   |             |                   |                                     | ++                                   | +                                    | -                                       | -  | 0           | -  | --                              | --  | --   | --                             | -  | +  | -   | nicht umsetzbar | 0                          | 0                   | ++   |    |
|                         | Energieaufwand für Transport               |                 |                   |             |                   |                                     | --                                   | --                                   | +                                       | +  | +           | +  | +                               | +   | +  | +                              | -  | --   | -   | nicht umsetzbar | +                          | +                   | ++   |    |
|                         | Apparativer/Sicherheitstechnischer Aufwand |                 |                   |             |                   |                                     | ++                                   | +                                    | -                                       | -  | +           | -  | --                              | --  | --   | --                             | -  | +  | -   | nicht umsetzbar | +                          | +                   | ++   |    |
|                         | Speichergröße                              |                 |                   |             |                   |                                     | --                                   | --                                   | +                                       | +  | +           | ++   | +                               | +   | +  | +                              | +  | +  | --  | +               | nicht umsetzbar            | +                   | +  | -- |
|                         | Kapitalbedarf Speichersystem               |                 |                   |             |                   |                                     | 0                                    | -                                    | 0                                       | -  | 0           | --   | -                               | -   | -  | -                              | 0  | -  | 0   | nicht umsetzbar | 0                          | 0                   | 0  |    |
|                         | Gefahrenpotential                          |                 |                   |             |                   |                                     | ++                                   | +                                    | 0                                       | --   | +           | 0  | --                              | --  | --   | --                             | 0  | +  | 0   | nicht umsetzbar | +                          | +                   | ++   |    |
| Energieumsetzung        | Wirkungsgrad                               |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | 0           | 0  | 0                               | 0   | 0  | -                              | -  | +  | +   | nicht umsetzbar | +                          | ++                  | -  |    |
|                         | Technische Umsetzbarkeit                   |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | 0           | -  | 0                               | --  | 0  | +                              | +  | 0  | 0   | nicht umsetzbar | --                         | ++                  | -  |    |
|                         | Systemkomplexität                          |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | -           | --   | --                              | --  | --   | +                              | +  | +  | +   | nicht umsetzbar | --                         | +                   | 0  |    |
|                         | Wärmenutzungspotential                     |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | +           | +  | ++                              | +   | +  | +                              | 0  | 0  | --  | nicht umsetzbar | ++                         | --                  | --   |    |
|                         | Kapitalbedarf                              |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | -           | -  | --                              | --  | --   | 0                              | 0  | +  | +   | nicht umsetzbar | --                         | +                   | 0  |    |
|                         | Gefahrenpotential Betrieb                  |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | -           | --   | -                               | -   | -  | 0                              | +  | ++   | ++  | nicht umsetzbar | -                          | ++                  | ++   |    |
| Prozesskette            | Ganzheitliche Integrierbarkeit             |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | -                              | -  | +  | +   | nicht umsetzbar | --                         | ++                  | ++   |    |
|                         | Gesamtspeicherwirkungsgrad                 |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | --                             | -  | +  | +   | nicht umsetzbar | 0                          | ++                  | +  |    |
|                         | Massenmarkttauglichkeit                    |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | --          | --   | --                              | --  | --   | -                              | -  | 0  | 0   | nicht umsetzbar | --                         | +                   | +  |    |
|                         | Time to Market                             |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | 0           | 0  | 0                               | 0   | 0  | 0                              | 0  | 0  | +   | nicht umsetzbar | 0                          | ++                  | -  |    |
|                         | Gesamtbewertung (Punkte)                   |                 |                   |             |                   |                                     |                                      |                                      |   |  | 29          | 26   | 28                              | 25  | 27   | 37                             | 36   | 45   |   | nicht umsetzbar | 45                         | 77                  | 56   |    |

## 4 Ausblick und Empfehlungen

Die Erzeugung und Bereitstellung von  $H_2O_2$  und die Nutzung als Energieträgermedium ist technisch prinzipiell möglich. Allerdings sind noch viele technische Schwierigkeiten ungelöst bzw. mangelt es an einer fehlenden Möglichkeit zur Implementierung in ein Gesamtsystem, sodass die Durchführbarkeit und Wirtschaftlichkeit einer derartigen Anlage stark in Zweifel gezogen werden muss.

Die Umsetzung von  $H_2O_2$ -Brennstoffzellenkonzepten hat den Nachteil, dass diese Technologie aufgrund des geringen Wirkungsgrades der  $H_2O_2$ -Herstellung und des zusätzlichen Elektrolyse-Umwandlungsprozesses zur Rückgewinnung des Wasserstoffs für die Rückverstromung in der  $H_2/O_2$  bzw.  $H_2/H_2O_2$ -Brennstoffzelle, in Summe einen deutlich niedrigeren Gesamtspeicherwirkungsgrad als eine normale  $H_2/O_2$ -Brennstoffzelle mit vorgeschaltetem Elektrolyseur hat. Insgesamt betrachtet wiegen die Vorteile des Einsatzes von  $H_2O_2$  als Energieträger speziell wegen der relativ unkomplizierten Speicherung die Nachteile wie die geringe Energiedichte nicht auf, so dass sich der direkte Einsatz etwa von Wasserstoff in einer Brennstoffzelle in Summe technisch und wirtschaftlich günstiger darstellt. Vor allem bietet Wasserstoff zusätzlich noch die Möglichkeit der Einspeisung ins Erdgasnetz, was gemessen am täglichen Erdgasverbrauch ein signifikantes Potential von bis zu einem 10%igen Anteil am Erdgas (ohne der Verwendung von Edelstahlrohren) hinsichtlich des realisierbaren Einspeisevolumens birgt.

Wie schon vorhergehend ausgeführt, kann zusammenfassend gesagt werden, dass der stationäre Einsatz von Wasserstoffperoxid sich wohl auf Nischenmärkte wie die Notstromversorgung und spezifische Kraft-Wärme Kopplungsanlagen beschränken könnte. Ein Einsatz in Österreich ist auf Grund preiswerter biogener und fossiler Alternativen in naher Zukunft selbst in netzfernen Anwendungsfällen auszuschließen. Die Verwendung im Transportbereich wurde in der vorliegenden Sondierung nicht betrachtet und wäre ein eigenes Projekt, dessen Ausschreibung im Rahmen der KLIEN – Förderprogramme vom Projektteam empfohlen wird.

Im Zuge der Recherche über das Potential von  $H_2O_2$  als zukünftiges Energieträgermedium, hat sich gezeigt, dass neben  $H_2$  und  $H_2O_2$  auch noch andere Energieträgermedien verfügbar und schon heute technisch einsatzfähig sind. Sehr vielversprechend scheint die Möglichkeit der alternativen  $H_2$ -Speicherung, bei der  $H_2$  in chemisch gebundener Form in  $NaBH_4$  gespeichert ist. Eine auf  $NaBH_4$  aufgebaute Energieversorgung kombiniert dabei die einfache Speicherbarkeit von  $NaBH_4$  mit der volumetrischen Energiedichte von flüssigem Wasserstoff.

## 5 Literaturverzeichnis

Siehe Referenzen in den beiliegenden Berichten D1 – D4.

## 6 Anhang

Siehe beiliegende Berichte D1 – D4.

## 7 Kontaktdaten

**Klaus KOGLER**, DI (FH), MSc

iC clean energy solutions GesmbH  
Schönbrunner Str. 297, 1120 Vienna, Austria  
T +43 1 521 69-232, F +43 1 521 69-180  
M +43 664 601 69 232  
[k.kogler@ic-group.org](mailto:k.kogler@ic-group.org)  
[www.ic-group.org](http://www.ic-group.org)

## IMPRESSUM

### **Verfasser**

iC Clean Energy Solution Ges.m.b.H

Klaus Kogler

Schönbrunner Str. 297, 1120 Wien

Tel: +43 1 521 69-232

Fax: +43 1 521 69-180

E-Mail: k.kogler@ic-group.org

Web: www.ic-group.org

HyCentA Research GmbH

Innfeldgasse 15, A-8010 Graz

Tel: +43 / (0)316 873-9501

Fax: +43 / (0)316 873-950

E-Mail: office@hycenta.at

Web: www.hycenta.tugraz.at

### **Autoren**

Michael Heidenreich, Klaus Kogler,

Therese Lorenz, Alexander Schöll

Stefan Brandstätter, Manfred Klell

### **Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber**

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

### **Disclaimer**

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

### **Gestaltung des Deckblattes**

ZS communication + art GmbH