

Grüne Wasserstoff- und Brennstoffzellenprojekte in der Exportinitiative Umweltschutz (EXI) – eine Zwischenbilanz

I. Motivation und Zielstellung

Die [Exportinitiative Umweltschutz \(EXI\)](#) unterstützt den Zugang zu Umwelttechnologien und Know-How und zahlt damit in die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung insbesondere in Bezug auf die Agenda 2023 ein. Als Förderprogramm schafft die EXI die Voraussetzungen für die Umsetzung marktvorbereitender Projekte mit hohem Umweltnutzen deutscher, insbesondere mittelständischer, Unternehmen und Forschungseinrichtungen weltweit.

Seit 2021 können über die EXI-Förderrichtlinie auch Projekte gefördert werden, die grüne und nachhaltige Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zur **dezentralen** und dadurch immer auch **lokalen** Energieversorgung einsetzen. Die EXI ergänzt damit idealerweise auch Instrumente der Außenwirtschaftsförderung des BMWK, indem sie Green-Tech Unternehmen bei ersten Schritten im Ausland oder neuen Anwendungsfeldern ihrer Technologien unterstützt. Die Aktivitäten werden außerdem in die internationalen Wasserstoff- und Brennstoffzellenaktivitäten der Bundesregierung eingebunden. Die NOW GmbH als bundeseigene Programmgesellschaft unterstützt die grünen Wasserstoff- und Brennstoffzellenprojekte der EXI inhaltlich und strategisch.



Exportinitiative Umweltschutz (EXI)

Des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Förderziel: Weltweit nachhaltige Infrastrukturen für mehr Umweltnutzen unterstützen

- Anwendung deutscher Umweltschutz- und Ressourceneffizienztechnologien
- Aufbau nachhaltiger Strukturen & Rahmenbedingungen – keine klassische Produkt-Exportförderung
- Wissenstransfer
- Beitrag zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen leisten

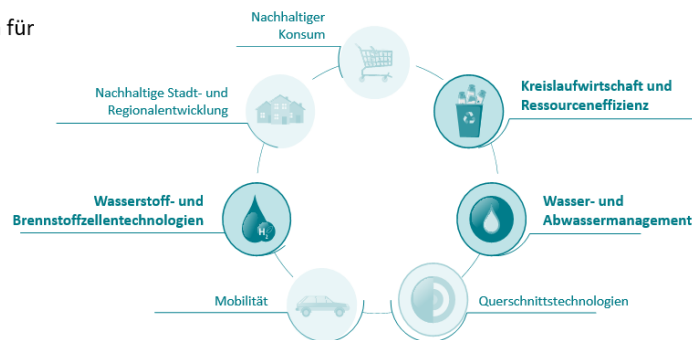


Abb. 1: Die Exportinitiative Umweltschutz unterstützt nachhaltige Infrastrukturen für mehr Umweltnutzen weltweit

Es besteht weltweit Bedarf an resilienter und umweltfreundlicher Energieversorgung

Weltweit haben circa 675 Millionen Menschen keinen Zugang zu Elektrizität (IEA, 2023)¹, zusätzlich leben rd. 1 Milliarde Menschen mit Stromausfällen von mehr als 1.000 Stunden im Jahr (IFC, 2019)². Es ist bekannt, dass sich insbesondere die verlässliche und umweltfreundliche Energieversorgung stark positiv auf grundlegende Entwicklungsindikatoren auswirkt (World Bank, 2019)³. In vielen Teilen der Welt wird

¹ IEA (2023): <https://iea.blob.core.windows.net/assets/9b89065a-ccb4-404c-a53e-084982768baf/SDG7-Report2023-FullReport.pdf>

² International Finance Corporation (IFC) (2019): https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/industry_ext_content/ifc_external_corporate_site/financial+institutions/resources/dirty-footprint-of-broken-grid

³ World Bank (2019): <https://www.worldbank.org/en/region/sar/publication/in-the-dark-how-much-do-power-sector-distortions-cost-south-asia>

Energie netzfern und dezentral bereitgestellt, wozu an den meisten Standorten umweltschädliche Generatoren und fossile Kraftstoffe wie Benzin und Diesel zum Einsatz kommen. Je nach Schätzung sind 25-40 Mio. Dieselgeneratoren mit 450-650 GW Gesamtleistung im globalen Süden zur Stromerzeugung im Einsatz, davon 20 Mio. als Netzersatzanlagen (IFC, 2019), die als Back-Up bei unzuverlässiger Versorgung Energie erzeugen. Stromausfälle sorgen für einen erheblichen wirtschaftlichen Schaden und eine verringerte Leistungsfähigkeit von Unternehmen in den betroffenen Ländern (UNESCAP, 2021)⁴. Eine Studie der Weltbank schätzt den wirtschaftlichen Schaden durch Störungen bei der Stromversorgung in Südasien auf 4 bis 7 Prozent des BIP (World Bank, 2019)⁵.

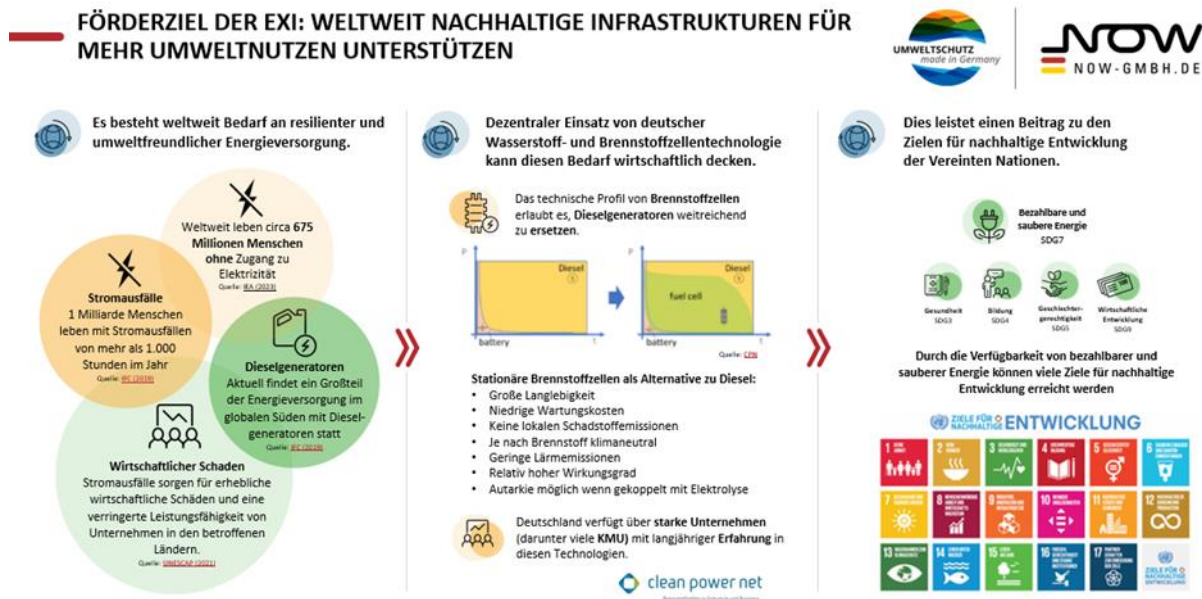


Abb. 2: Der Bedarf an resilienter und umweltfreundlicher Energieversorgung kann auch mit dezentralem Einsatz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien gedeckt werden – das leistet auch einen Beitrag zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen

Die Bedeutung nachhaltiger Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für umweltfreundliche und resiliente Energieversorgung

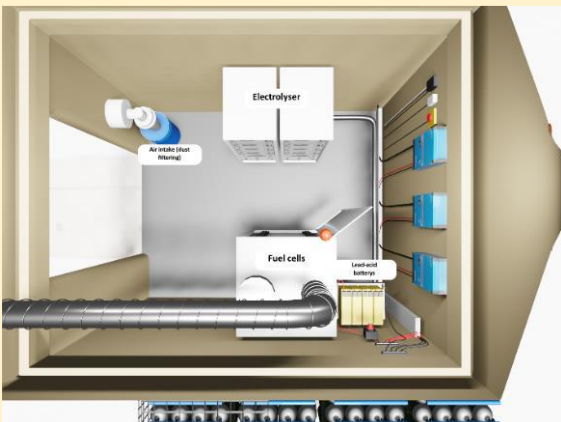
Das technische Profil von Brennstoffzellen erlaubt es, insbesondere Dieselgeneratoren weitreichend zu ersetzen. Brennstoffzellen (in Verbindung mit Batterien) ermöglichen es, Energieerzeugung und Energiespeicher zu entkoppeln und so bei geringem Platzbedarf und ressourcenschonend Energie über einen langen Zeitraum bereitzustellen. Gleichzeitig arbeiten sie dabei langlebig, wartungsarm, lokal schadstoffemissionsfrei und bei Einsatz von erneuerbaren Energiequellen auch klimaneutral. Wenn Brennstoffzellensysteme mit Elektrolyse gekoppelt werden, kann lokal/regional Energieautarkie durch die Speicherung von grünem Wasserstoff erreicht werden (CPN, 2018)⁶. Deutschland verfügt über innovative Unternehmen (darunter viele KMU) mit langjähriger Erfahrung in der Entwicklung, Produktion und auch Anwendung dieser Technologien. Beispielhaft ist der Innovationscluster [Clean Power Net](#), ein Zusammenschluss von Unternehmen in diesem Bereich.

⁴ UNESCAP (2021): www.unescap.org/sites/default/d8files/knowledge-products/Systematic-Review-of-the-Socio-economic-Impacts-of-Rural-Electrification%2026%20Feb.pdf

⁵ World Bank (2019): <https://www.worldbank.org/en/region/sar/publication/in-the-dark-how-much-do-power-sector-distortions-cost-south-asia>

⁶ CPN (2018): <https://www.cleanpowernet.de/wp-content/uploads/2021/07/CPN-Planungsleitfaden-Brennstoffzellen-ESV-inkl-Rechtlicher-Rahmenbedingungen.pdf>

Beispiel EXI-Projekt „GH2GH“: Grüne Wasserstofftechnologie für Bildungscampus Subsahara-Afrika



Gemeinsam mit der Hochschule Bochum entwickeln die deutschen Unternehmen SFC Energy und Green Power Brains eine Lösung für die technische Einbettung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in Tema, Ghana. Umgesetzt wird das Projekt in enger Kooperation mit dem dort ansässigen Don Bosco Ausbildungszentrum, das bisher u.a. im Bereich Solartechnik lokale Fachkräfte ausbildet und sein Schulungsangebot im Rahmen des Projekts mit den deutschen Partnern weiterentwickelt. Der Standort Don Bosco fungiert nicht nur als wichtiger Anker im Vorhaben, sondern bietet auch technisch mit bereits installierter PV-Erzeugung, bereits integrierten Batterien als Speicheroption und genügend Überschuss an Kapazitäten beste Voraussetzungen sowohl für Integration von Elektrolyse, einem entsprechenden Speichersystem und einer Brennstoffzelle für die Rückverstromung, als auch für die Gewinnung von Erkenntnissen und Erfahrungen, von denen im Verlauf des Vorhabens sowohl die deutschen Projektpartner als auch die lokalen Akteure profitieren.

(Bilder: Rendering des geplanten Elektrolyse- und Brennstoffzellensystems am Don Bosco Campus in Ghana. Quelle: Labor für Nachhaltigkeit in der Technik, Hochschule Bochum)

Beitrag zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen

Mit grüner Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, gekoppelt mit dem Ausbau erneuerbarer Energien vor Ort, kann eine nachhaltige, unabhängige und perspektivisch auch wirtschaftliche dezentrale Energieversorgung umgesetzt werden, die zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDGs) beiträgt. Umweltschutz und Marktpotential lassen sich hier gemeinsam denken und umsetzen, sind es doch gerade kleinere, dezentrale Systeme, die ihre Stärken in lokal ganz unterschiedlichen Kontexten ausspielen können.

Themenexkurs: Wasserstoff- Nachhaltigkeitsaspekt Wasser

Viele Länder des Südens verfügen zwar über große Potentiale in der erneuerbaren Energieerzeugung, leiden jedoch unter Wasserstress. Nachhaltige Wasserstoffproduktion setzt entsprechendes Wasserressourcenmanagement voraus – das nötige differenzierte Wissen muss generiert und unter den involvierten Stakeholder ausgetauscht werden. Auch sind die Voraussetzungen vor Ort maßgeblich für Projektumsetzung und eine Einbettung der Technologien in den jeweiligen Kontext. Je nach Anwendungsfall können Technologielösungen mit geschlossenem Wasser-Energie-Kreislauf zum Einsatz kommen, oder solche, bei denen der Kreislauf bspw. durch Belieferung mit Wasserstoff für die Energieversorgung oder durch Entnahme des produzierten Wasserstoffs nach seiner Produktion relevant sind.

Die EXI schafft durch die Verknüpfung ihrer Handlungsfelder eine Plattform für die Betrachtung entstehender Synergien und Co-Benefits für eine mögliche Wasserstoffproduktion für die Nutzung vor Ort. Ein Beispiel ist die Untersuchung der Potentiale von Wasserstoffproduktion und Nutzung in Kläranlagen, welche ein Aspekt der Machbarkeitsstudie in Jordanien (s. unten) sowie eines sich in Umsetzung befindlichen AHK Projekts in Brasilien ist. In beiden Projekten steht zudem der Erfahrungsaustausch zwischen deutschen und lokalen Stakeholdern im Mittelpunkt.

Auch das Pilotprojekt HyGO in Namibia untersucht die lokalen Vorteile von Wasseraufbereitung und Trinkwasserbereitstellung durch Betrieb von Mini-Grids mit Wasserstofferzeugung, -speicher und Rückverstromung. Auch hiermit sollen wichtige Aspekte des Wasser-Wasserstoff-Nexus explizit sichtbar gemacht werden.

Um deutsche Technologielösungen und die bestehenden Marktpotentiale zusammenzuführen, bietet die EXI mit ihren [förderpolitischen Zielen](#) für Unternehmen und Forschungspartner ein Angebot, um gemeinsam mit Akteuren im jeweiligen Partnerland anwendungs- und marktspezifische Lösungen und Geschäftsmodelle für konkrete Anwendungsfälle des Einsatzspektrums der Technologien zu erproben. Dabei können die lokalen, technischen und umfeldspezifischen Anforderungen an die Systeme, sowie soziale Aspekte wie Ausbildung und Akzeptanz systematisch pilotiert und entsprechend untersucht werden. Diese Erfahrungen sollen insgesamt den Kostenregressionspfad unterstützen und so die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Die EXI schafft auf diesem Weg und durch enge Partnerschaften mit lokalen Netzwerken erste Referenzen mit hohem Übertragungspotential im lokalen Kontext und sichert die Verwurzelung der Technologien durch das systematische Teilen des gewonnenen Wissens.

II. EXI-Projekte und Aktivitäten im Bereich umweltfreundlicher Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendungen

Das Interesse an anwendungsorientiertem Know-How im Bereich grüner Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in der dezentralen Energieversorgung und im globalen Kontext wächst weiterhin.

Seit Beginn der Förderung des Themenschwerpunktes 2021 wird ein hohes und stetig wachsendes Interesse seitens deutscher KMU und Forschungsinstitutionen am Unterstützungsangebot der EXI verzeichnet. Aktuell befinden sich die Projektvorschläge des EXI-Förderaufrufs 2023 in der Evaluation. Die neue Runde von Projekten im Bereich grüner Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien wird voraussichtlich im Frühjahr 2024 mit der Umsetzung weiterer Vorhaben starten und den Wissenspool um den dezentralen Einsatz grüner Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien erweitern.

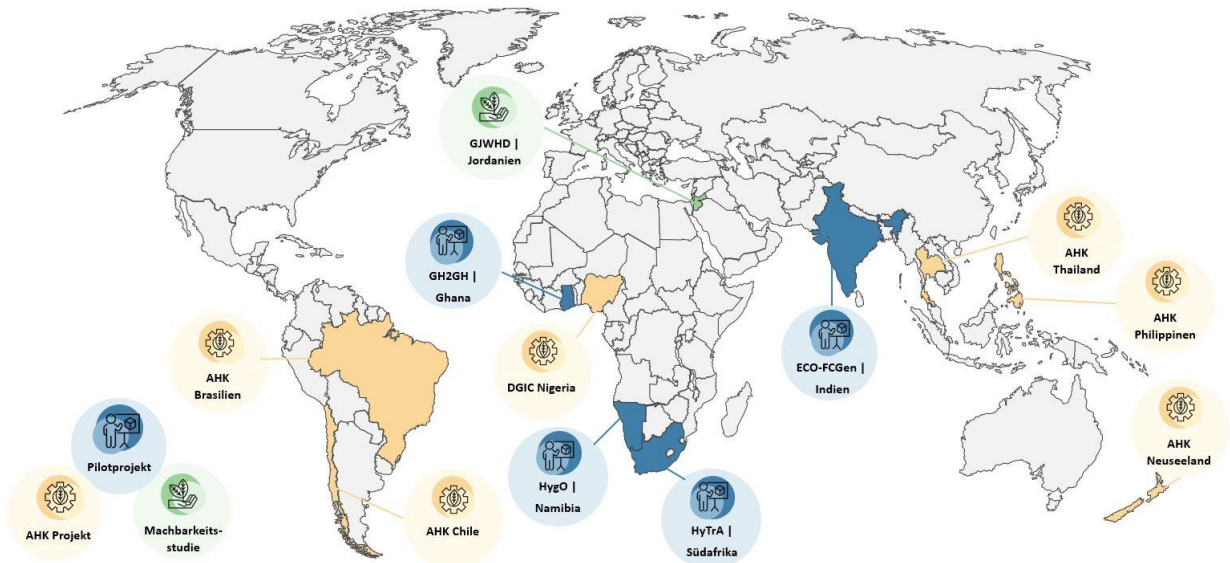


Abb. 3: Gesamtübersicht EXI-Projekte im Themenschwerpunkt "grüne Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in der dezentralen Energieversorgung" (Stand Januar 2024)

Eine wichtige Kooperationspartnerin im Rahmen der EXI-Wasserstoff- und Brennstoffzellenprojekte ist die DIHK Service GmbH mit dem AHK-Netzwerk „[Chambers for GreenTech](#)“. Die Auslandshandelskammern sind ein wichtiger Multiplikator über den „Umweltschutz Made in Germany“ in die Welt getragen werden kann. Um die Mitarbeiter:innen dabei zu qualifizieren wurde im Bereich nachhaltige Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit Unterstützung der NOW GmbH die Erstellung eines Schulungsprogramms entwickelt („[GreenTech Agents](#)“). Darüber hinaus unterstützt die NOW GmbH auch bedarfsbezogen den Wissensaufbau zu einzelnen Aspekten, wie bspw. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Systeme, über den kontinuierlichen Austausch und unter Einbindung wissenschaftlicher Partner.

Durchführbarkeitsstudien und Wissensaufbau

Neue Technologien wie die Erzeugung von grünem Wasserstoff oder die Brennstoffzelle können für die dezentrale Energieversorgung nur dann weltweit nachhaltig verankert werden, wenn die maßgeblichen Akteure die für sie jeweils relevanten ökonomischen, technischen und ökologischen Informationen durch effektiven Wissenstransfer zu Verfügung haben. Ein Beitrag der EXI dazu sind u.a. unterschiedliche Studienansätze und gezielter Wissensaufbau (u.a. auch in Kooperation mit dem AHK-Netzwerk):

- Durchführbarkeitsstudie in [Jordanien](#): Analyse von Chancen und Herausforderungen für eine lokale und nachhaltige Wasserstoffproduktion in ariden Gebieten sowie Untersuchung für eine perspektivische Nutzung vor Ort. Hierbei stand insbesondere die Identifikation von Möglichkeiten und Co-Benefits der Wasserstoffproduktion im Abwassersektor im Zentrum des Wissensaustausches zwischen deutschen und jordanischen Partnern.
- Um Aspekte der Wirtschaftlichkeit näher zu beleuchten, wurde eine Modellierung unterschiedlich ausgelegter Systeme zur dezentralen Energieversorgung durch ein technisches Beratungsunternehmen durchgeführt. Im Jahr 2023 wurden die Ergebnisse dieser [Wirtschaftlichkeitsuntersuchung](#) veröffentlicht.
- Technische Studie [Brasilien](#): mit der AHK Rio de Janeiro werden derzeit Möglichkeiten zur Herstellung von grünem Wasserstoff in Kläranlagen unter Berücksichtigung von technischen, wirtschaftlichen, regulatorischen und Umweltaspekten untersucht. Zudem erarbeiten die Projektpartner:innen potentielle Geschäftsmodelle für eine Implementierung in Brasilien.
- Die AHK [Chile](#) analysierte das Potential zum Einsatz von grünem Wasserstoff bei netzfernen Anwendungen in Insel- und mittleren Stromnetzen. Hierbei wurden konkrete Anwendungen

identifiziert, mit denen in Chile die weitere Elektrifizierung vorangetrieben und die über Dieselgeneratoren vielfach dezentral versorgten Netze dekarbonisiert werden könnten (z.B. Lachsfarm).

- Über die AHK [Neuseeland](#) läuft eine Analyse zur Erzeugung von grünem Wasserstoff, der Systemintegration von Netzersatzanlagen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen und deren Verwendung für umweltfreundliche Energieversorgung für Tourismusanlagen auf den pazifischen Inseln. Es werden für vier ausgewählte Standorte techno-ökonomische Betrachtungen durchgeführt.
- Die Delegation der deutschen Wirtschaft in [Nigeria](#) untersuchte die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Produktion von grünem Wasserstoff in einem bestehenden Minigrid, die Umweltauswirkungen und das Marktpotential dieser Anwendung in Nigeria.
- Auf den [Philippinen](#) recherchierte die AHK lokale Rahmenbedingungen, bestehendes Interesse sowie Akzeptanz grüner Wasserstofftechnologien als Teil von Netzersatzanlagen im urbanen Kontext. Aktuell werden in Kollaboration mit einem Forschungsinstitut in einem [zweiten Projekt](#) netzferne Anwendungen in unterschiedlichen technischen Szenarien für Anlagen, die durch öffentliche und private Akteure betrieben werden, untersucht und verglichen.

Pilot- und Modellvorhaben

In den Pilotvorhaben der EXI entwickeln KMU ihre Produkte weiter und können mit Hilfe der Förderung erste Schritte in neuen Anwendungen bzw. Märkten machen. Sie illustrieren Möglichkeiten nachhaltiger Anwendung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in der dezentralen Energieversorgung, so dass auch projektübergreifendes Wissen generiert wird. Derzeit werden vier dieser Pilotvorhaben mit einem Gesamtfördervolumen von 5,3 Mio. Euro über die Förderrichtlinie der EXI unterstützt (Juni 2023):

- Im Projekt [ECO-FCGen](#) (Indien) wird ein dezentraler Stromerzeuger auf Brennstoffzellenbasis entwickelt und mit lokalen Partnern erprobt. Hierbei handelt es sich um ein mit Wasserstoff beliefertes System, das als Back-Up Lösung entwickelt wird. Nächste Schritte sind die Systemtests in Deutschland und in Indien in Kooperation mit einem lokalen Partnerunternehmen.
- In Ghana wird im Projekt [GH2GH](#) auf einem Don-Bosco Bildungscampus ein bestehendes Minigrid durch Elektrolyse, Wasserstoffspeicher und Rückverstromung mittels Brennstoffzellen erweitert, Aspekte der smarten Steuerung des Minigrids mit Hilfe von Blockchain-Technologie untersucht und die Ausbildung von Solartechniker:innen in diesen Fachthemen entwickelt und implementiert. Die Wasserstoff- und Brennstoffzellenkomponenten werden voraussichtlich in Q2 2024 in Betrieb genommen.
- Im Projekt [HyTrA](#) in Südafrika geht es ebenfalls um die Machbarkeit von Elektrolyse, Wasserstoffspeicher und Rückverstromung mittels Brennstoffzellen in einem Minigrid zur Dekarbonisierung eines Industrieunternehmens. Hier stehen neben der technischen Lösung auch sozio-ökonomische Aspekte sowie aktiver Wissenstransfer (Projektpartner Stellenbosch Universität) im Vordergrund. Das System wurde im Juli 2023 als erstes seiner Art im südlichen Afrika in Betrieb genommen und hat sich als Referenzprojekt im Kontext seines Anwendungsfalls etabliert.
- [HygO](#) Namibia: baut direkt auf der Technologie von HyTrA auf, legt aber besonderen Fokus auf die Stromversorgung und Wasseraufbereitung einer Schule vor Ort und den Möglichkeiten eines weitgehend geschlossenen Wasserkreislaufes im System.

III. NOW GmbH als Programmpartnerin der EXI

Als technische Expertin im Bereich grüne Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie unterstützt die NOW das BMUV bei der Umsetzung der Förderziele in diesem Themenschwerpunkt. Dazu gehören unter anderem gezieltes Markt- und Gremienmonitoring und Recherchen.

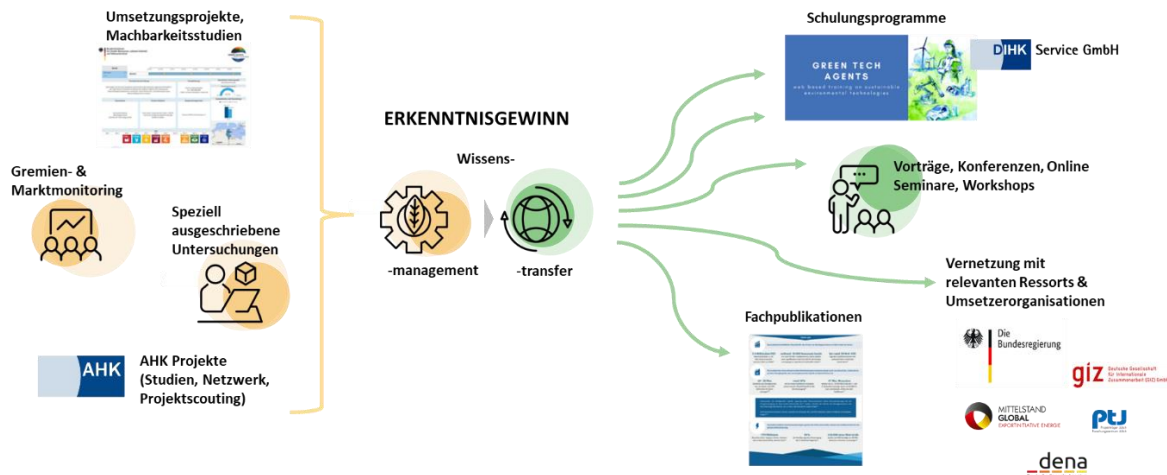


Abb. 4: Generierung, Aufbereitung und Verbreitung des Know-Hows zum Einsatz grüner Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in der EXI

Durch ihre nationalen und internationalen Netzwerke in Industrie und Forschung setzt die NOW Impulse in der Projektanbahnung und unterstützt somit den inhaltlichen Fokus von grünen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in der dezentralen Energieversorgung (www.now-gmbh.de). NOW-eigene Publikationen bieten ergänzende Informationen zu Markt- und Umweltpotentialen der Technologien in einzelnen Anwendungsfeldern (z.B. [Mobilfunk](#), [Netzersatzanlagen](#), [Inselnetzen](#)). Die geförderten EX-Vorhaben im Bereich grüne Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie werden durch die NOW eng begleitet, um inhaltlichen Wissenstransfer und Verknüpfungen sowie den Austausch unter allen Akteuren sicherzustellen und öffentlich sichtbar zu machen (Abb. 4).

Voraussetzung für diesen Wissenstransfer ist die Vernetzung der Akteure sowie den damit verbundenen Austausch zu gewonnenen Erkenntnissen bzw. Informationsbedarfen, die im Rahmen der Projekte identifiziert werden. Hier leistet die NOW über die aktive Vernetzung der Projektpartner:innen und weiterer relevanter Akteure, bspw. über die Ausrichtung von [Netzwerk-Workshops](#), im Themenfeld Unterstützung. Ein weiterer wichtiger Aspekt in dem Zusammenhang sind auch die Vernetzung und der aktive Austausch mit anderen Ressorts der Bundesregierung und ihren Umsetzungsorganisationen (z.B. die Geschäftsstelle der Exportinitiative Energie, unterschiedliche Bereiche und Programme der GIZ, der Deutschen Energie-Agentur). Das Ziel ist stets der fachlich fundierte Informationsaustausch, um die unterschiedlichen internationalen Initiativen mit Wasserstoffbezug der Bundesregierung miteinander in Einklang zu bringen sowie die Verzahnung der marktvorbereitenden Aktivitäten der EXI-Vorhaben mit weiteren Programmen zu unterstützen. Insbesondere Synergien im Rahmen der Außenwirtschaftsförderung des BMWK sollen so gemeinsam befördert und zur Beschleunigung des Einsatzes von deutscher Green-Tech im Umweltschutz weltweit gehoben werden.