Leitprojekt
H_2Giga

Lübeck, 09.01.2026

Verbundvorhaben: H2Giga_QT5.1_HyPLANT100: Entwicklung optimierter und automatisierter Abläufe und Standards für den Aufbau großskaliger Wasserelektrolyseure; Teilvorhaben: Teilautomatisierte Montagesysteme für H2-Demoanlagen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis - Teil I + II

Stand:	09.01.2026
Einreichungsdatum TIB (Teil I+II):	09.01.2026
Partnerin/Partner:	IBG Technology Hansestadt Lübeck GmbH
Autorinnen/Autoren:	Benedikt Ebert
Fördertitel:	68502
Laufzeit:	01.04.2021 bis 31.12.2025
Förderkennzeichen:	03HY114C
Disclaimer:	Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Teil I – Kurzbericht

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Projekt HyPLANT100 wurde die effiziente Montage großskaliger Elektrolyseursysteme erforscht und entwickelt. Das Ziel bestand darin, Empfehlungen für Standardisierungen zu geben, um diese Prozesse in Zukunft zu beschleunigen sowie zu vereinfachen und somit eine schnellere Umsetzung einer Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen. Für eine erfolgreiche (Teil-)Automatisierung wurden insbesondere standardisierte Schnittstellen analysiert und hinsichtlich einer Standardisierung untersucht. In Bezug auf die teilautomatisierte Standortmontage zielte das Projekt darauf ab, anpassungsfähige Montageverfahren und innovative Technologien zu entwickeln. Darüber hinaus wurde im Rahmen des Projekts die potenzielle Automatisierungstiefe an dezentralen Standorten untersucht. Im Hinblick auf eine spätere, wiederholbare Montage und den Aufbau großskaliger Elektrolysesysteme wurde die Qualifizierung des Personals berücksichtigt.

2. Ablauf des Vorhabens

Im Gesamtkonsortium fanden monatliche Regeltermine mit allen Projektpartnern sowie halbjährliche Präsenztermine zur Bearbeitung gezielter Fragestellungen statt. Firmenintern wurde kontinuierlich an den zugewiesenen Aufgaben gearbeitet, insbesondere an der Konzeption und Umsetzung von Demonstrationen in Funktionsmustern.

Zunächst wurde mit den Konsortialpartnern ein Prozessverständnis für alle Prozesse zur Elektrolyseurauslegung, -konzeption und -fertigung aufgebaut. Aufbauend darauf wurden in einer umfangreichen Anforderungsanalyse geeignete Bauteile und Prozesse für die automatisierte Fertigung identifiziert. Im Projektverlauf wurden schließlich physische Teilsysteme und virtuelle Montagesysteme für die Montage- und Handhabungssysteme verschiedener Komponenten entwickelt.

Die Arbeiten wurden gemäß Arbeitsplan ausgeführt. Dabei arbeitete IBG in den folgenden Arbeitspaketen:

- AP 1: Simulation von Aufbaustrukturen großskaliger Elektrolysesysteme
- AP 2: Ermittlung der Grundsatzparameter für Endmontagesysteme
- AP 3: Erforschung der anwendbaren Steuerungstechnologien durch Nutzung intelligenter, innovativer Simulationssysteme
- AP 4: Ermittlung der Parameter für eine innovative Sensorintegration
- AP 5: Mensch-Maschine-Interaktion / Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)
- AP 7: Demonstration in einen Funktionsmuster
- AP 8: Dokumentation und Qualitätssicherheit

- AP 9: Standardisierung
- AP 11: Projektmanagement, Integration, Konzeption, Administration

Die Meilensteine innerhalb des Projekts wurden erreicht:

- Meilenstein 1: Erste Standortlayouts erstellt (AP 1)
- Meilenstein 2: Beginn erster Simulationen (AP 3)
- Meilenstein 3: Erforschung der Steuerungstechnologien abgeschlossen (AP 3) und technischen Möglichkeiten zur Mensch-Maschine-Kooperation abgeschlossen (AP 5)
- Meilenstein 4: Beginn der modellierten Demonstration

3. Wesentliche Ergebnisse

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der Entwicklung von Demonstrationsanlagen zur H2-Produktion. Diese bestanden aus physischen Teilsystemen und virtuellen Montagesystemen. Darüber hinaus wurden anpassungsfähige Montage- und Handhabungssysteme für verschiedene Komponenten entwickelt. Diese umfassten Roboter, fahrerlose Transportsysteme, Greifer- und Greiferwechselsysteme sowie Steuerungen. Dabei wurden voll- und teilautomatische Lösungen mit Mensch-Roboter-Kollaboration sowie eine gemeinsame Standardisierung der Module und Schnittstellen untersucht.

In diesem Zusammenhang wurde eine modulare Roboterzelle entwickelt, die unterschiedliche Aufgabenstellungen zur automatisierten Montage abdecken kann. Damit konnten die Kernprozesse im Bereich Montage und Handhabung abgebildet werden. Die Testzelle besteht aus einem Industrieroboter, einem Montagewagen, einer Zentrierung des Montagewagens, Sicherheitstechnik und einer Steuerung. Es wurden prototypische, bauteilspezifische Handhabungsprozesse mit individualisierten Greifern weiterentwickelt und experimentelle Studien zu verschiedenen Sensorsystemen durchgeführt.

4. Zusammenarbeit mit anderen (Forschungs-)Einrichtungen

Sämtliche Arbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern durchgeführt. Darüber hinaus fand ein reger Austausch im H2Giga-Netzwerk statt. Dieser umfasste nicht nur die jährlichen Vernetzungstreffen mit Ergebnispräsentationen, sondern auch bilaterale Austausche.

Teil II – Eingehende Darstellung

1. Eingehende Darstellung der durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse

Im Teilvorhaben „Teilautomatisierte Montagesysteme für H2-Demoanlagen“ sollte die Entwicklung von Demonstrationsanlagen für die H2-Produktion stattfinden. Diese bestehen aus physischen Teilsystemen und virtuellen Montagesystemen. Dazu sollten anpassungsfähige Montage- und Handhabungssysteme für verschiedene Komponenten umgesetzt sowie Roboter, ein fahrerloses Transportsystem, ein Greifer- und Greiferwechselsystem und entsprechende Steuerungen eingesetzt werden. Der Prozess sollte voll- und teilautomatisiert mit Mensch-Roboter-Kollaboration ablaufen. Zudem sollte eine gemeinsame Standardisierung der Module und Schnittstellen erfolgen.

Im Rahmen des Teilvorhabens wurden Technologien, Prozesse und Systeme zur Automatisierung der Montage von Wasserstoff-Elektrolyseuren entwickelt, erprobt und bewertet. Ziel des Projekts war es, modulare und flexible Montagesysteme zu erforschen, die eine industrielle Fertigung großskaliger Elektrolyseursysteme unter Einbindung von Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) ermöglichen. Die Arbeiten umfassten die virtuelle Planung, die praktische Demonstration sowie die Standardisierung und Qualitätssicherung der relevanten Fertigungsprozesse.

Arbeitspaket 1 – Simulation von Aufbaustrukturen großskaliger Elektrolyseursysteme

Zu Beginn des Projekts wurden virtuelle Planungen und Simulationen zur Gestaltung und Optimierung der Montage von Bauteilen und Baugruppen durchgeführt. Dabei wurden Montage- und Servicekonzepte analysiert, um eine gute Erreichbarkeit und Wartbarkeit der Komponenten sicherzustellen. Es erfolgte die virtuelle Umsetzung des (teil-)automatisierten Aufbaus in der Vormontage sowie die Identifikation und Umsetzung der zentralen Kernprozesse. Die Ergebnisse wurden in der gemeinsamen Veröffentlichung „HyPLANT100: Industrialization from Assembly to the Construction Site for Gigawatt Electrolysis“ vorgestellt.

Arbeitspaket 2 – Ermittlung der Grundsatzparameter für Endmontagesysteme

In diesem Arbeitspaket wurden die technologischen Rahmenbedingungen für verschiedene Anwendungsszenarien definiert. Dabei stand die Modularisierung der Gesamtanlage im Vordergrund. Durch die Zerlegung der Elektrolyseanlage in standardisierte Module mit definierten mechanischen, elektrischen und medientechnischen Schnittstellen konnte das Automatisierungspotenzial deutlich erhöht werden. Darüber hinaus wurden standardisierte Datenmodelle eingeführt, um einen durchgängigen Informationsfluss zwischen den Teilsystemen sicherzustellen.

Arbeitspaket 3 – Erforschung der anwendbaren Steuerungstechnologien durch Simulationssysteme

Hier wurden die grundlegenden Parameter für die Interaktion von Steuerungstechnologien konzipiert und geeignete Simulationssysteme ausgewählt. Auf dieser Basis wurden Simulationen und Visualisierungen von Montageprozessen durchgeführt, um Steuerungsarchitekturen zu bewerten und zu optimieren. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Analyse der MRK-Fähigkeit, um eine sichere und effiziente Zusammenarbeit von Mensch und Roboter zu gewährleisten.

Arbeitspaket 4 – Ermittlung der Parameter für eine innovative Sensorintegration

In diesem Arbeitspaket wurden die Vorgaben für die Entwicklung einer geeigneten Sensorik-Analysesoftware definiert. Die Sensorintegration wurde eng mit den bestehenden Steuerungstechnologien verknüpft, um eine präzise Erfassung und Auswertung von Prozessdaten zu ermöglichen. Darüber hinaus wurden die relevanten Schnittstellen bestimmt und hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Kompatibilität analysiert.

Arbeitspaket 5 – Mensch-Maschine-Interaktion / Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)

Ein zentrales Ergebnis dieses Arbeitspakets war die Ausarbeitung sicherer und effizienter MRK-Konzepte. Durch die Unterteilung der Arbeitsbereiche in manuelle, kooperative und vollautomatisierte Zonen konnte die Interaktion zwischen Mensch und Roboter optimiert werden. Sicherheitsmechanismen wie Schutzzaun, Lichtgitter und Laserscanner wurden implementiert, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Der Roboter übernahm dabei monotone oder ergonomisch ungünstige Aufgaben, während der Mensch weiterhin komplexe und variantenreiche Tätigkeiten ausführte.

Arbeitspaket 7 – Demonstration in einem Funktionsmuster

Zur Validierung der entwickelten Konzepte wurde eine modulare Roboterzelle aufgebaut. Diese diente der Untersuchung verschiedener automatisierter Montageprozesse, wie der Verschraubung, Reinigung und Dichtungsapplikation. Zudem wurden Prototypen für bauteilspezifische Handhabungsprozesse mit individualisierten Greifern entwickelt. Das Funktionsmuster wurde auf der NORTEC 2022 vorgestellt und diente als Demonstrator für die im Projekt erzielten Fortschritte.

Arbeitspaket 8 – Dokumentation und Qualitätssicherung

Für die Qualitätssicherung wurde eine automatisierte Dokumentation konzipiert, die die digitale Erfassung von Fertigungs- und Prozessdaten ermöglicht. Durch die Definition und Festlegung von Prüfkriterien wurde sichergestellt, dass die Prozess- und Produktqualität reproduzierbar bleibt.

Arbeitspaket 9 – Standardisierung

Ein weiterer Schwerpunkt lag in der Identifikation von Standardisierungspotenzialen bei Baugruppen, Verbindungstechnologien und Datenstrukturen. Die strukturierte Erfassung und Dokumentation von Konstruktionsdaten ermöglichten eine bessere Vergleichbarkeit und Wiederverwendung. Die erzielten Ergebnisse bilden die Grundlage für ein „Design for Automation“ in zukünftigen Wasserstoffprojekten.

Arbeitspaket 11 – Projektmanagement, Integration und Konzeption

Das Projektmanagement umfasste die technische Gesamtintegration, das Schnittstellenmanagement sowie die Abstimmung der Entwicklungstätigkeiten zwischen den beteiligten Partnern. Durch regelmäßige Projekt- und Arbeitsgruppentreffen konnten die Entwicklungsstände erfolgreich synchronisiert und die Meilensteine planmäßig erreicht werden.

Das Teilvorhaben wurde erfolgreich zum 31.12.2025 abgeschlossen und sämtliche Meilensteine wurden erreicht.

2. Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Rahmen des Teilvorhabens wurden überwiegend Personalkosten abgerechnet. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der konzeptionellen, simulativen und experimentellen Entwicklung von Automatisierungs- und Montagesystemen, die in erster Linie durch ingenieurtechnische Tätigkeiten geprägt waren. Ein wesentlicher Teil der Personalaufwendungen entfiel auf die Entwicklung von Simulationsmodellen, die Auslegung und Programmierung der Steuerungssysteme sowie die Erstellung technischer Konzepte und Dokumentationen. Darüber hinaus wurden die Konstruktion und Inbetriebnahme des Funktionsmusters sowie die Integration der Sensorik- und MRK-Komponenten durch eigenes Fachpersonal durchgeführt.

Neben den Personalkosten wurden in begrenztem Umfang eigene Sachmittel für die Erstellung und Erprobung des Demonstrators eingesetzt. Diese umfassten insbesondere Hardwarekomponenten für den Aufbau der modularen Roboterzelle, wie Robotersysteme, oder Greifer. Diese Arbeiten waren notwendig, um die im Projekt entwickelten Konzepte praktisch zu validieren und reale Testreihen durchzuführen. Größere Investitionen in Form eigenständiger Teststände oder umfangreicher Infrastrukturmaßnahmen waren nicht erforderlich, da bestehende Versuchseinrichtungen genutzt werden konnten. Die eingesetzten Mittel dienten somit vorrangig der Finanzierung der Entwicklungs- und Forschungsarbeiten des interdisziplinären Projektteams.

Insgesamt wurden die Fördermittel zweckentsprechend verwendet, um die wissenschaftlich-technischen Ziele des Vorhabens zu erreichen und die erarbeiteten Ergebnisse im Demonstrator erfolgreich umzusetzen.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Aufgrund der Komplexität und Neuheit des Entwicklungsvorhabens sowie der damit verbundenen finanziellen Belastung ist IBG nicht in der Lage, ein solches Projekt in angemessener Projektzeit ohne Zuwendung zu bewältigen. Bei einem Scheitern würden sich ohne staatliche Förderung die Ergebnisse des Unternehmens deutlich verschlechtern und andere wichtige Entwicklungen könnten nicht zeitnah durchgeführt werden. Da IBG ein KMU ist, kann es die Risiken eines solchen Entwicklungssprungs nur mit einer finanziellen Zuwendung aus öffentlichen Mitteln tragen.

Die Notwendigkeit, dieses FuE-Projekt durchzuführen, besteht darin, dass stetig neue Anwendungsgebiete und Marktnischen gefunden werden müssen, um die Innovationen, von denen IBG lebt, zu vermarkten. Eine frühzeitige Positionierung auf dem wachsenden Markt im Bereich der Wasserstofftechnologie mit der Entwicklung von effizienten Montage- und Handlingsystemen für großskalige Elektrolyseursysteme ermöglicht das Erschließen neuer Marktsegmente. Diese anspruchsvolle Innovation erhöht die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig.

Zudem werden qualifizierte Arbeitsplätze gesichert. Nach erfolgreichem Abschluss dieses FuE-Projektes werden in Zukunft weitere qualifizierte Mitarbeiter/-innen eingestellt.

Das wirtschaftliche Risiko besteht darin, dass die Entwicklung zu teuer wird und das Gesamtkonzept somit am Markt nicht verkaufsfähig ist. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass die Anwender diesen disruptiven Entwicklungsschritt für derart hochkomplexe, risikobehaftete Montagesysteme erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung annehmen.

Das wissenschaftlich-technische Risiko besteht darin, dass die automatisierten Prozesse hinter den verschiedenen Parametern und Bedingungen nicht immer ausreichen, um die Erfordernisse für den Einsatz dieser Konzepte zu ermöglichen. Zudem kann das Maß der Automatisierung für diese Elektrolyseursysteme nicht ausreichen. Es ist auch möglich, dass die Schnittstellen nicht sinnvoll und in vollem Umfang standardisiert werden können. Darüber hinaus ist eine sehr hohe Variabilität für die neuen innovativen Montageverfahren erforderlich. Es gibt extrem viele Komponenten, Geräte, Systeme und Module für die Elektrolyseursysteme, die zudem von unterschiedlichen Lieferanten hergestellt werden. Auch daraus ergibt sich ein sehr hohes technisches Risiko für das Entwicklungsvorhaben.

4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses – auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

IBG lässt die Forschungsergebnisse nach dem Projekt in die eigene Produktentwicklung einfließen, um mittelfristig neue Produkte entwickeln zu können. Die geplanten prototypischen Systeme stellen dabei den ersten Schritt der Produktentwicklung dar. Langfristig sollen damit neue Märkte im Bereich der innovativen Montage- und Handlingsysteme, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Mensch-Roboter-Kollaboration, erschlossen werden. Hierfür besitzt IBG bereits jetzt schon Marktzugänge, über die die Forschungsergebnisse nach einer nachgelagerten Produktentwicklung wirtschaftlich verwertet werden können. Darüber hinaus gewinnt IBG in den Bereichen Greifersysteme und insbesondere Mensch-Roboter-Kollaboration einen technologischen Vorsprung, um sich im Wettbewerb zu behaupten. Dies betrifft insbesondere die Entwicklung von Handhabungs- und Transportsystemen für Schwerlastbauteile. Nach Abschluss des Projekts ist IBG in der Lage, Kunden entsprechende Angebote für diese komplexen Montageprozesse inklusive Mensch-Roboter-Kollaboration zu unterbreiten.

In das Projekt sind nahezu alle Unternehmensbereiche eingebunden. Dadurch werden die Kompetenz und das Know-how der Mitarbeitenden in allen Unternehmensbereichen gestärkt. Dies führt ebenfalls zur Stärkung der Wettbewerbsposition. Auch die Entwicklung von Handhabungs- und Montageprozessen unter MRK-Bedingungen stärkt die Wettbewerbssituation.

Der innovative Standardisierungsansatz und die entsprechenden Entwicklungen im Bereich der Mensch-Roboter-Kollaboration eröffnen zahlreiche Ansatzpunkte für die Verwertung und den Transfer der Projektergebnisse in weitere Industriebereiche. Die Projektergebnisse bieten verschiedene Verwertungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Industriebereichen. Durch ein besseres Verständnis der unterschiedlichen Prozessabläufe bei der Montage und den variablen Einsatz der Mensch-Roboter-Kollaboration sind in diesem Projekt zahlreiche verwertbare Ergebnisse entstanden.

Die Partner werden auch weiterhin in den Themenfeldern dieses Projektes kooperieren, sodass sich weitere Entwicklungen im Bereich der Wasserstoffgewinnung und -nutzung ergeben werden. Die Partner werden einen intensiven Informationsaustausch betreiben und gemeinsame Entwicklungen für weitere Anwendungen in speziellen Themenfeldern durchführen.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während des Durchführungszeitraums wurden keine für das Vorhaben relevanten Ergebnisse von dritter Seite bekannt. Es fand jedoch ein reger Austausch mit dem Partnerprojekt „QT4.2 Fertigung und Robotik" statt. Die jeweiligen Ergebnisse wurden dabei regelmäßig gegenseitig präsentiert und diskutiert.

6. Liste der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF

Datum	Art der Veröffentlichung	Titel, Quelle/Zitat (Journal, Konferenz)	Autoren	Link
01.04.2021	Website-Post	HyPLANT100	IBG	Link
01.12.2021	Website-News	Innovative Forschung – Neue Projekte in H2Giga	IBG	Link
31.05.-03.06.2022	Messe	Mitnahme des Demonstrators zur NORTEC	IBG	Link
26.09.2023	Website-News	H2Giga-Statuskonferenz 2023	IBG	Link
28.04.2024	Fachartikel	HyPLANT100: Industrialization from Assembly to the Construction Site for Gigawatt Electrolysis	Konsortium	Link