

Windkraft und Wasserstoff - Komplementäre Energieträger für eine nachhaltige Energieversorgung

Stadt Herten geht mit innovativer Windstrom-Elektrolyse-Anlage voran

White Paper



Inhalt

Executive Summary	3
Ausgangsposition	4
Das Modellprojekt im Überblick	4
Zielsetzung.....	5
Organisation und Projektsteuerung	5
Anlagendetails.....	6
Auslegung der Anlage.....	6
Kern der Anlage - das Energiekomplementärsystem (EKS)	7
Schlüsselkomponenten des EKS	8
Wirkungsgrad und Verfügbarkeit	12
Abgrenzung von anderen Modellprojekten im Bereich Windstrom-Elektrolyse.....	12
Erfahrungen aus dem Aufbau und der Inbetriebnahme	13
Nächste Schritte	14
Kontakte für weitere Informationen.....	15

Executive Summary

Im Mai 2013 ging die erste Windstrom-Elektrolyse-Anlage Nordrhein-Westfalens in Herten (nördliches Ruhrgebiet) in Betrieb. Die Anlage ist Bestandteil des Anwenderzentrums h2herten, dem bundesweit ersten auf Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien ausgerichteten kommunalen Technologiezentrum, das 2009 eröffnet wurde. Mit der Windstrom-Elektrolyse-Anlage wurde nun eine Demonstrationsanlage entwickelt und realisiert, welche Maßstäbe für eine nachhaltige und dezentrale Energieversorgung der Zukunft setzt und weit über das ursprüngliche Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie hinausgeht.

Die Windstrom-Elektrolyse-Anlage, auch als Energiekomplementärsystem bezeichnet, wurde als Forschungs- und Entwicklungsanlage konzipiert, die in vielerlei Hinsicht Modellcharakter für die Energiewende hat. Erstmals wird unter realen Bedingungen aufgezeigt, wie die Energieversorgung eines Gebäudes oder Gebäudekomplexes dezentral (also unabhängig vom öffentlichen Stromnetz) mit ausschließlich erneuerbarer Energie aus Wind und Sonne vollständig, sicher und stabil erfolgen kann. Der Schlüssel dazu ist ein System, welches die Nutzung erneuerbarer Energien durch den Einsatz von Wasserstoff um einen Energiespeicher ergänzt. Die mit der Konzeption, der Umsetzung, der Organisation und Finanzierung der Anlage gesammelten Erfahrungen spiegeln in kleinem Maßstab die mit der Energiewende einhergehenden Herausforderungen bei der Umgestaltung der bestehenden Energieversorgung wider.

Im Projekt haben sich große, mittelständische und kleine Unternehmen - unterstützt von der öffentlichen Hand und wissenschaftlich begleitet von der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen (WHS) - zusammengeschlossen, um ein zukunftsweisendes und klimaschonendes Energieversorgungssystem aufzubauen. Nach Inbetriebnahme steht die Anlage als öffentliche Forschungs- und Entwicklungsplattform allen an der Technologie interessierten Unternehmen und Institutionen für eigene Untersuchungen zur Verfügung. Im Mittelpunkt steht dabei die kontinuierliche Weiterentwicklung und Optimierung der Anlage, um tragfähige Lösungen gegenüber den Herausforderungen der Energiewende zu entwickeln. Dieser barrierefreien Zugang soll den fachlichen Austausch fördern, die erforderlichen Entwicklungen vorantreiben und weiterführende Projekte initiieren. Herten soll damit sowohl in Deutschland, aber auch auf europäischer und internationaler Ebene zur zentralen Anlaufstelle werden, wenn es um Energieversorgungssysteme mit Wind und Wasserstoff geht.

Für die Stadt Herten ist die Inbetriebnahme der Anlage ein weiterer Meilenstein auf dem Weg, mit innovativen Energietechnologien die Wirtschaftskraft der Region zu stärken, zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen und neue Unternehmen anzusiedeln. Auch für das Land Nordrhein-Westfalen ist das Projekt im Verbund mit den übrigen am Standort ansässigen Unternehmensaktivitäten, Demonstrationsprojekten und Entwicklungsvorhaben einer der wesentlichen Eckpfeiler in den Bemühungen des Landes, sich als international führender Standort für Aktivitäten im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zu etablieren. Das Projekt gehört zu den Exzellenzprojekten sowohl der Metropole Ruhr als auch des Landes Nordrhein-Westfalens.

Ausgangsposition

Lange vor der von der Bundesregierung beschlossenen Energiewende hat sich die Stadt Herten mit dem Thema nachhaltige Energieversorgung auseinandergesetzt. So wurde bereits in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts der Grundstein für ein Klimakonzept 2020 entwickelt, das die Verminderung der Treibhausgase, den effizienten Umgang mit (fossilen) Energien und eine nachhaltige Stadtentwicklung vorsieht. Aber nicht nur Klimawandel, wachsendes Umweltbewusstsein und die Endlichkeit fossiler Ressourcen waren und sind Treiber für diese Entwicklungen. Genauso entscheidend wirkten und wirken die strukturellen und demografischen Veränderungen in der Region. Bedingt durch den Niedergang des Steinkohle-Bergbaus (die letzte von drei fördernden Zechen in Herten schloss im Jahr 2000) und dem damit einhergehenden tiefgreifenden Wandel der Industrie und der Wirtschaft ging es um die Zukunftsfähigkeit einer Region, die sich zudem mit einer schrumpfenden Bevölkerung konfrontiert sieht. Aus der Not wurde eine Tugend gemacht und bewusst auf Zukunftstechnologien im Bereich der Energieversorgung gesetzt.

Wasserstoff, Brennstoffzellen, Energiespeicher, erneuerbare und intelligente Energien sind die Stichworte, die heute in Herten für die Zukunftsfähigkeit der Kommune und der Region stehen. Bereits Anfang der 2000er Jahre sahen die Verantwortlichen in Herten in der aufkommenden Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ein großes Potenzial, die vorhandenen Infrastrukturen und Ressourcen zu nutzen und neue, qualifizierte und zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen. Mit der Errichtung des Anwenderzentrums h2herten im Jahr 2009 konnte in dem Energiecluster des Zukunftsstandortes Ewald (7,5 ha) der erste Baustein seiner Bestimmung übergeben werden: 1.800 m² Büro- und 1.200 m² Technikraumflächen, die speziell auf die Bedürfnisse und Ansprüche der Branche ausgerichtet sind, bieten insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen sowie Neugründungen ideale Forschungs- und Arbeitsbedingungen. Mit dem Aufbau, der jetzt anstehenden Inbetriebnahme und dem darauffolgenden Alltagsbetrieb der Windstrom-Elektrolyse-Anlage konnte ein weiterer Standortvorteil geschaffen werden, der Hertens Position als Kompetenzzentrum für zukunftsfähige Energiesysteme auf Basis erneuerbarer Energien und Wasserstoff festigt.

Das Modellprojekt im Überblick

Eine der zentralen Herausforderungen der Energiewende ist die Speicherung regenerativ erzeugter Energie. Die Speicherung ist eine Grundvoraussetzung, um die schwankende Stromerzeugung aus Wind und Sonne dennoch jederzeit bedarfs- und lastgerecht zur Verfügung stellen zu können. In diesem Zusammenhang bietet sich Wasserstoff als Speichermedium an, da er langfristig gelagert und bei Bedarf wieder verstromt werden kann. Mit der Wind-Elektrolyse-Anlage in Herten wird dieses Prinzip in der Praxis - bis hin zur Netzintegration - realisiert. Das Anlagenkonzept ist in seiner gesamten Form einmalig. Es wurde technologisches Neuland beschritten: Die Innovation liegt insbesondere in dem bedarfsgesteuerten Zusammenwirken der Komponenten Windkraftanlage, Elektrolyse, Speicher, Brennstoffzelle und den Verbrauchern.

Zielsetzung

Das oberste Ziel des Projekts ist es, Unternehmen eine Forschungs- und Entwicklungsplattform für die Weiterentwicklung integrierter Systeme für die hochgradig erneuerbare Versorgung von Gebäuden oder Gebäudekomplexen zu bieten. Durch die Möglichkeit, beliebige Lastgänge sowohl auf Seiten der Erzeugung, als auch auf Seiten des Verbrauchs realitätsgetreu und sogar in Echtzeit zu simulieren, ergänzt um eine offene Schnittstelle für die Systemsteuerung kann eine Vielzahl von Szenarien abgebildet werden.

So wird es gerade kleinen und mittelständischen Unternehmen ermöglicht, ohne eigene Investitionen Zugriff auf eine der innovativsten Anlagen im Bereich Power to Gas und Energiespeicherung zu erhalten. Auf diese Art kann die Anlage als Keimzelle für neue Versorgungskonzepte dienen, welche für die hochgradig erneuerbare Energieversorgung von immenser Bedeutung sind.

Zudem dient das System als Anschauungsobjekt um ein Bewusstsein für die Herausforderungen der Energiewende zu schaffen. Nationale und internationale Besuchergruppen sich dort über den aktuellen Stand der Entwicklung von Wasserstoffbasierten Energiespeichern in Verbindung mit erneuerbaren Energien informieren.

Organisation und Projektsteuerung

Mit dem Bau der Windstrom-Elektrolyse-Anlage wurde im Oktober 2010 begonnen. Vorausgegangen waren viele Monate intensiver technischer und finanzieller Planungen und Vorbereitungen unter Federführung des Projektträgers Anwenderzentrum h2herten GmbH (AHG)¹ zusammen mit dem Westfälischen Energieinstitut der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen². Mit der gesamten Projektsteuerung wurde das Science-to-Business Center Eco² der Evonik Degussa GmbH³ betraut. Alle acht Komponenten-Lieferanten und Dienstleister wurden im Rahmen eines europaweiten Ausschreibungs- und Vergabeverfahrens ausgewählt.

¹ Siehe www.wasserstoffstadt-herten.de.

² Siehe www.w-hs.de.

³ Siehe www.creavis.de.

Die Lieferanten im Überblick (in alphabetischer Reihenfolge):

Unternehmen	Komponente
Gustav-Klein GmbH, Schongau www.gustav-klein.de	Leistungselektronik
Hydrogenics GmbH, Gladbeck www.hydrogenics.com	Elektrolyse, Brennstoffzelle
Janssen GmbH, Aurich www.rolf-janssen.de	Elektrotechnik (NSP)
Linde AG, Düsseldorf www.the-linde-group.com	Ionischer Kompressor
ProPuls GmbH, Gelsenkirchen www.propuls.de	Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik (MSR)
Saft Industries, Frankreich www.saft.com	Lithium-Ionen Speicher
Theissen GmbH, Ochtrup www.theissen-gmbh.de	Verrohrung
Vako GmbH, Kreuztal www.vako.net	H2-Speicher / -Tank

Investition / Laufzeit

Das Investitionsvolumen für die Anlage beläuft sich auf drei Millionen Euro. Die Finanzmittel stammen zu 90 Prozent (2,7 Millionen Euro) aus Zuwendungen des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Regionalen Wirtschaftsförderungsprogramms. Die verbleibenden 10 Prozent (0,3 Millionen Euro) wurden aus Eigenmitteln erbracht.

Das Projekt hat eine Laufzeit von 15 Jahren (bis 2025).

Anlagendetails
Auslegung der Anlage

Die Windkraftanlage, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft des Anwenderzentrums h2herten auf der Bergehalde Hoppenbruch befindet, wurde exemplarisch für die Auslegung des Energiekomplementärsystems heran gezogen. Zudem kann über eine permanente Schnittstelle in Echtzeit auf die Leistungsdaten der Windkraftanlage zugegriffen werden. So ist es möglich über den Windkraftanlagen Simulator jederzeit reale Lastgänge in das System einzuspeisen. Aber auch beliebige andere Lastgänge von verschiedenen Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung lassen sich so simulieren.

Für den Fall, dass die Stromproduktion der Erneuerbaren Energien den Bedarf des simulierten Verbrauchers übersteigt, wird der Überschussstrom über die Leistungselektronik entweder direkt in die integrierte Lithium-Ionen-Batteriebank gespeichert oder - wenn die Akkus voll sind bzw. die maximale Ladeleistung überschritten wird - über den alkalischen Elektrolyseur in Wasserstoff umgewandelt. Der erzeugte Wasserstoff wird in einem Kompressor auf den erforderlichen Speicherdruck gebracht und schließlich in Druckbehältern gespeichert.

Im umgekehrten Fall, wenn also zu wenig Strom aus Erneuerbaren Energien zur Verfügung steht, wird stattdessen die gespeicherte Energie aus der Batterie und dem Wasserstoff rückverstromt. Die Batterie dient dabei in erster Linie als Puffer für die Konditionierung (Spannungs- und Frequenzregelung) des Windstroms, während der Wasserstoff insbesondere als Reserveleistung bei länger anhaltender Flaute sowie zur Deckung eines kurzzeitigen

Spitzenbedarfs über das PEM-Brennstoffzellensystem verstromt wird. Auf diese Art und Weise kann eine ganzjährige, netzunabhängige Stromversorgung durch erneuerbare Energien dargestellt werden.

Aufbau des Energiekomplementärsystems (EKS)

Die Hauptaufgabe des Projekts bestand im Aufbau und in der Integration des Energiekomplementärsystems.

Es gliedert sich in drei Funktionsebenen:

1. **Energiewandlung:**
Wechselstrom mittels Gleichrichter in Gleichstrom und mittels Elektrolyseur in Wasserstoff.
2. **Energiespeicherung:**
Kurzzeitspeicherung von Gleichstrom in Batterien und Mittel- und Langzeitspeicherung von Wasserstoff in Druckbehältern.
3. **Rückverstromung:**
Batterie-Gleichstrom mittels Wechselrichter in Wechselstrom und Wasserstoff über Brennstoffzelle und Wechselrichter. Zukünftig besteht zudem die Möglichkeit, die Anlage um einen H₂-Verbrennungsmotor zu ergänzen.

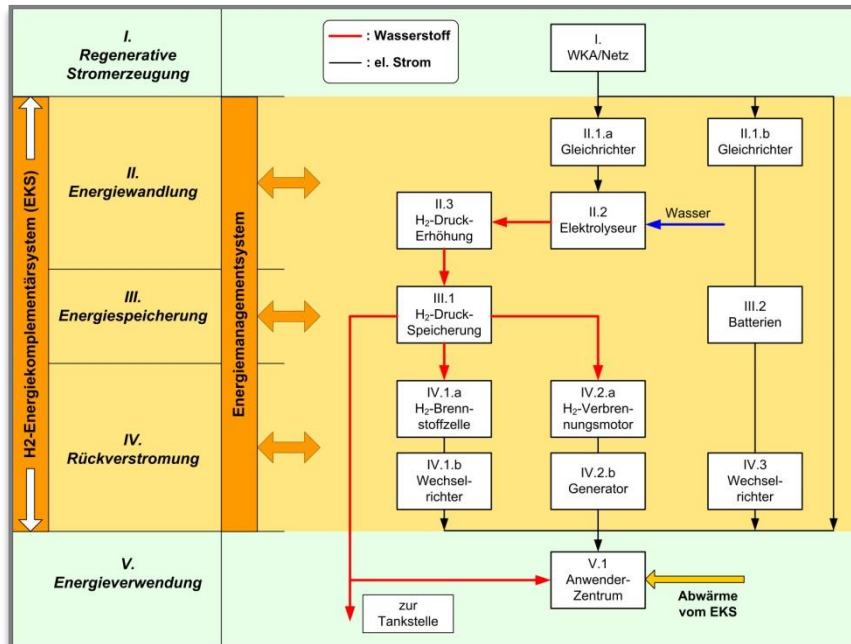


Abb. 1 Schematische Darstellung der Funktionsebenen, eigene Quelle

Schlüsselkomponenten des EKS

Kernkomponenten des Energiekomplementärsystems sind der alkalische Elektrolyseur zur Erzeugung des Wasserstoffs, das PEM-Brennstoffzellen-System zur Verstromung des Wasserstoffs, der ionische Kompressor zur Verdichtung des Wasserstoffs sowie die beiden Energiespeicher Lithium-Ionen-Batteriebank und Wasserstofftank.

Beim Bau der Anlage wurde darauf geachtet, dass Komponenten ausgewählt wurden, die auf dem Markt verfügbar sind und ihre Alltagstauglichkeit, Robustheit und Zuverlässigkeit bereits in anderen Projekten und Anwendungen bewiesen haben. Die Entwicklung neuer Bauteile erfolgte nur an Stellen, an denen es keine vergleichbaren Produkte auf dem Markt gab, was insbesondere bei der Leistungselektronik der Fall war.

Überblick Kernkomponenten



Elektrolyseur

Zum Einsatz kommt ein Industrie-Elektrolyseur, der sich durch einen robusten und zuverlässigen Betrieb mit guten Wirkungsgraden auszeichnet. Der alkalische Elektrolyseur, eigentlich für einen konstanten Betrieb ausgelegt, wird im EKS aufgrund der schwankenden Windenergie und damit einhergehenden kurzfristigen Lastanforderungen dynamisch betrieben werden. Der Elektrolyseur kann unter Volllast bis zu 30 Nm^3 Wasserstoff pro Stunde mit einem Ausgangsdruck von 10 bar und hoher Qualität erzeugen.



Brennstoffzelle

Für die Rückverstromung kommt ein PEM-Brennstoffzellensystem zum Einsatz, da dieser Typ den dynamischen Anforderungen des Energieversorgungssystems im Vergleich zu anderen Brennstoffzellentypen am besten gerecht wird. Das Brennstoffzellensystem liefert eine Spitzenleistung von 50 kW.



Kompressor

Um das im Elektrolyseur erzeugte Wasserstoffgas in der benötigten Menge im Wasserstofftank speichern zu können, muss es auf 50 bar komprimiert werden. Dies geschieht mit Hilfe eines sogenannten Ionischen Kompressors. Anstelle des festen (metallinen) Kolbens wie in einem konventionellen Kompressor wird der Wasserstoff hier mit Hilfe einer ionischen Flüssigkeit verdichtet. Die Vorteile dieses Kompressortyps sind ein höherer Wirkungsgrad, eine höhere Verdichtungsleistung sowie ein geringerer Wartungsaufwand. Der Verdichter hat eine Kapazität von 30 Nm³ pro Stunde, bei einem Eingangsdruck von 5 bis 10 bar und einem Ausgangsdruck von 50 bar.



Batteriespeicher

Als kurzfristiger Stromspeicher kommen moderne Lithium-Ionen-Akkus mit einer Kapazität von 30 kWh zum Einsatz. Die Akkus dienen in erster Linie als Puffer, um damit das Stromnetz zu konditionieren und zu stabilisieren. Sie haben eine (Spitzen-) Leistung von 50 kW.



Wasserstoffspeicher

Der H₂-Tank dient als mittel- bis langfristiger Energiespeicher. Der im Elektrolyseur erzeugte und für die Rückverstromung vorgesehene Wasserstoff wird in einem 22 Meter hohen Speichertank gelagert, der neben dem Anwenderzentrum installiert wurde. Er hat eine Kapazität von 115 Nm³ bei einem Speicherdruck von 50 bar. Das ergibt ca. 5.300 Nm³ oder 470 kg H₂.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad der Gesamtanlage liegt im simulierten Langzeitbetrieb zwischen 58 und 70 Prozent. Die dabei zu Grunde gelegten Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten konnten in verschiedenen Testläufen bestätigt werden.

Abgrenzung von anderen Modellprojekten im Bereich Windstrom-Elektrolyse

Die Anlage in Herten kann im Gegensatz zu anderen Pilotanlagen im Bereich Power to Gas nicht nur im Netzparallelen Betrieb, gekoppelt an das Stromnetz, eingesetzt werden, sondern ermöglicht es auch einen Betrieb im Inselnetz zu simulieren. Für die effektive und effiziente Integration regenerativ erzeugten Stroms in die Stromversorgungssysteme wird es zukünftig immer wichtiger sein, den Strom am Ort seiner Erzeugung zu verwenden, sei es zum Eigenverbrauch oder für die Direktvermarktung. Die Anlage bildet im kleinen Maßstab (Stichwort Minigrid) ein komplettes Energiesystem, bestehend aus regenerativer Einspeisung, Energiespeicherung und Energienutzung, unter realen Randbedingungen ab.

Erfahrungen aus dem Aufbau und der Inbetriebnahme

In Anbetracht des innovativen Charakters der Anlage für zukunftsfähige Versorgungssysteme auf Basis erneuerbarer Energien erfüllt das Projekt im Rahmen der Energiewende alle bisher gestellten Erwartungen und hat Modellcharakter.

Marktfähige Komponenten erforderlich

Erst durch den inzwischen sehr weit fortgeschrittenen Entwicklungsstand sowie die Kostenstrukturen bei Brennstoffzellen, Lithium-Ionen-Speichern und Leistungselektronik war es möglich, das Projekt unter den vorhandenen Rahmenbedingungen umzusetzen. Dies gilt auch im Hinblick auf die Fortschritte im Bereich der Standardisierung sowie die Definition sicherheitstechnischer Verfahren bei der Nutzung von Wasserstoffsystemen. Dennoch mussten insbesondere im Bereich der Leistungselektronik einzelne Komponenten auf die besonderen Anforderungen des EKS hin ausgelegt werden. So wurde beispielsweise ein bidirektionaler Wechselrichter entwickelt, den es in dieser Art bisher nicht auf dem Markt gibt.

Pioniergeist und Standortvorteile zahlen sich aus

Im Zuge der Ausschreibungen wurde deutlich, dass die Zahl der Anbieter vor dem Hintergrund der Anforderungen beispielsweise an Garantien und Gewährleistungen sowie vertraglich fixierte Laufzeiten der Komponenten sehr überschaubar ist. Es erforderte somit bei allen Beteiligten ein hohes Maß an Pioniergeist, Vertrauen und einen ausgeprägten Bereitschaftswillen - weit über die vereinbarten Leistungen hinaus - die Anlage in der jetzt zur Verfügung stehenden Qualität zu realisieren.

Der Standort in Herten erwies sich dabei als sehr vorteilhaft, da die für das Projekt erforderlichen Kompetenzen im Ruhrgebiet und in Nordrhein-Westfalen in großem Maß zur Verfügung stehen.

Komplexität und Zeit managen

Bei der Anlage handelt es sich um eine Pilotanlage, die als komplexe und sehr anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsplattform für zukünftige Energiesysteme konzipiert wurde. Damit aus einem H₂-Energiekomplementärsystem ein verlässliches und hocheffizientes System wird, spielen die Schnittstellen eine wesentliche Rolle. Beim Aufbau und der Inbetriebnahme zeigte sich, dass zwar jede Komponente für sich nach heutigem technischen Stand ausgereift ist, sie sich allerdings nicht ohne weiteres miteinander verschalten lassen. So führte häufig nicht die spezifische Funktion einer einzelnen Komponente zur Beeinträchtigung oder zum Ausfall des Gesamtsystems. Stattdessen war häufig das komplexe Zusammenspiel der vielen einzelnen Komponenten die Ursache für unerwartete Abbrüche der ersten Versuchsreihen. Erst durch die während des Betriebs gesammelten Erfahrungen konnten die verschiedenen kritischen Punkte nach und nach abgearbeitet und schlussendlich behoben werden.

Der Aufbau eines solch komplexen Systems erforderte überdies bei allen Beteiligten Zuversicht und Geduld. Auch das aufwändige Ausschreibungs- und Vergabeverfahren auf europäischer Ebene kostete überdurchschnittlich viel Zeit, was am Ende zu einer zeitlichen Verzögerung von rund 12 Monaten zwischen Konzeptfreigabe und Inbetriebnahme führte.

Nächste Schritte

Mit dem Aufbau und der Inbetriebnahme der Windstrom-Elektrolyse-Anlage sind zwei wichtige Meilensteine erreicht worden. Im nun folgenden Alltagsbetrieb können praktische Erfahrungen gesammelt und das zugrundeliegende Konzept abschließend bewertet werden.

Externe Nutzungsmöglichkeiten

Oberstes Ziel für die Zukunft ist es, die Anlage interessierten Unternehmen für Testkampagnen und Entwicklungsarbeiten anzubieten. So kann das volle Innovationspotenzial der Anlage ausgeschöpft werden. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen sollen so bei der Weiterentwicklung ihrer Ideen unterstützt werden. Aber auch große Unternehmen und Projektgemeinschaften können die Anlage für ihre Zwecke nutzen.

Weiterentwicklung und Optimierung

Über diese Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten hinaus wird die Anlagentechnologie kontinuierlich weiterentwickelt. Der Schwerpunkt liegt dabei darin, potenziellen Kunden ein flexibel einsetzbares Werkzeug an die Hand zu geben, welches die Anforderungen optimal erfüllt. Die Arbeiten konzentrieren sich dabei besonders darauf, Schnittstellen bereit zu stellen und einen stabilen Betrieb während der Versuchsläufe zu gewährleisten.

Kontakte für weitere Informationen

Peter Brautmeier und Dieter Kwapis
Anwenderzentrum h2herten GmbH
Doncaster Platz 5-7
45699 Herten
Telefon +49 (0)2366 305286
info@h2herten.de
www.wasserstoffstadt-herten.de

Prof. Dr.-Ing. Karl H. Klug
Westfälische Hochschule Gelsenkirchen
Neidenburger Straße 43
45877 Gelsenkirchen
Telefon +49 (0)209 9596166
karl.klug@w-hs.de
www.w-hs.de



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Industrie, Mittelstand und Handwerk
des Landes Nordrhein-Westfalen



Impressum

Herausgeber:
Anwenderzentrum h2herten GmbH
www.wasserstoffstadt-herten.de

Autorin:
Alexandra Huss, AKOMBE Markt- und Technologiekommunikation
www.akombe.de