



Analyse der grünen Wasserstoffproduktion, -speicherung und -nutzung in dezentralen Energie-Systemen in Ghana

Herausgeber:



Delegation der Deutschen Wirtschaft
in Ghana
Delegation of German Industry and
Commerce in Ghana

In Zusammenarbeit mit:



Gefördert durch:

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erscheinungsdatum: Juni 2025

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Executive Summary.....	2
1 Einleitung	3
2 Potenzial für dezentrale Anwendungen der Produktion von grünem Wasserstoff in Ghana.....	3
2.1 Grüner Wasserstoff für die dezentrale und netzferne Energieversorgung.....	3
2.1.1 Aktuelle Ausgangslage in Ghana	3
2.1.2 Dezentrale Energieversorgung in Ghana.....	5
2.1.2 Integration von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in bestehende Netze ...	7
2.1.3 Schlüsselkriterien für potenzielle Anwendungsstandorte	8
2.2 Dynamik der Wasserstoffnachfrage	9
2.3 Zukünftige Marktaussichten	10
2.4 Grüne Wasserstoffprojekte in Ghana.....	11
2.4.1 Pilotprojekte für die Produktion von grünem Wasserstoff.....	11
2.4.2 Weitere Projekte im Bereich grüner Wasserstoff	13
2.4.3 Akteure im Wasserstoffsektor in Ghana	14
3 SWOT-Analyse: Entwicklung von grünem Wasserstoff in Ghana	17
4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	17
Referenzen	18

Executive Summary

Die Analyse zur Produktion, Speicherung und Nutzung von grünem Wasserstoff in Ghanas ländlichen Energieversorgungssystemen zeigt ein hohes Potenzial, aber auch erhebliche Herausforderungen. Ghanas Energiemix ist derzeit von Wasserkraft und thermischen Quellen geprägt mit lediglich einem kleinen Anteil an erneuerbaren Energien. Dieser soll jedoch bis 2030 auf 10 % gesteigert werden. Grüner Wasserstoff könnte insbesondere in netzfernen, ländlichen Gebieten eine Schlüsselrolle spielen, da günstige Bedingungen wie hohe Sonneneinstrahlung und gute Windverhältnisse die Produktion begünstigen. Anwendungsmöglichkeiten reichen von Mini-Grids bis hin zu industrieller Herstellung von Ammoniak und Methanol. Hohe Produktionskosten, fehlende Infrastruktur und politische Unsicherheiten bremsen jedoch den Fortschritt. Von der deutschen Bundesregierung geförderte Pilotprojekte wie das GH2GH-Projekt oder die WASCAL-Initiative bieten erste Erkenntnisse und den Aufbau lokaler Expertise, von der deutsche Unternehmen profitieren können. Es bestehen jedoch erheblich technische Herausforderungen wie mangelnde Speichersysteme, unzureichende Verteilungsinfrastruktur und fehlendes Know-how in Elektrolyse und Brennstoffzellen. Zudem behindern hohe Investitionskosten, begrenzte Finanzierungsoptionen und das Fehlen einer nationalen Wasserstoffstrategie den Markteintritt. Grüne Finanzierungsquellen wie der Green Climate Fund oder die KfW Green Credit Line könnten helfen, diese Hürden zu überwinden. Um das volle Potenzial auszuschöpfen, sind eine nationale Strategie, stärkere Anreize, Investitionen in die Infrastruktur sowie öffentlich-private Partnerschaften von zentraler Bedeutung.

1 Einleitung

Die vorliegende Analyse beleuchtet die Produktion, Speicherung und Nutzung von grünem Wasserstoff in dezentralen Energieversorgungssystemen in Ghana. Sie wurde von der Delegation der Deutschen Wirtschaft in Ghana (AHK Ghana) in Zusammenarbeit mit der NOW GmbH und Chambers for Greentech (DIHK Service GmbH) erstellt und bietet Einblicke in Energieinfrastruktur, politische Rahmenbedingungen, technologische Reife sowie Herausforderungen der Wasserstoffeinführung. Für die Erstellung der Studie wurde ein methodisch vielfältiger Ansatz gewählt. Dabei kamen sowohl Primärquellen – wie nationale Energiestatistiken und Umfragen – als auch Sekundärquellen zum Einsatz. Diese wurden durch fallbezogene Projektanalysen ergänzt. Zwischen September und Dezember 2024 wurden Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern von Regierungsinstitutionen, dem Privatsektor sowie aus Wissenschaft und Forschung durchgeführt und ausgewertet. Neben Fachliteratur flossen auch zentrale nationale Strategiepapiere und Gesetzestexte, Berichte staatlicher Stellen und internationaler Organisationen sowie Daten aus Pilotprojekten wie GH2GH, SM4GH2 und dem Wasserstoffsystem von WASCAL in die Analyse ein. Eine strukturierte SWOT-Analyse, die auf Erkenntnissen aus der Sekundärforschung und den geführten Interviews basiert, bildet den abschließenden Bestandteil der Untersuchung.

Ghanas Energiesektor wird derzeit von Wasserkraft und thermischen Energiequellen dominiert, während der Anteil erneuerbarer Energien unter 4% liegt. Bis 2030 soll dieser Anteil auf 10% ausgebaut werden. Das Land hat sich mit seinen Nationally Determined Contributions (NDCs) zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen verpflichtet und erkennt Wasserstoff als zukunftsfähigen Brennstoff an. Obwohl die ECOWAS bereits eine regionale Wasserstoffstrategie entwickelt hat, fehlt es in Ghana an einer nationalen Strategie und einem Regulierungsrahmen. Die Analyse untersucht die potenzielle Rolle von grünem Wasserstoff in dezentralen und netzfernen Energiesystemen, insbesondere in ländlichen Gebieten mit begrenztem Zugang zu zuverlässiger Stromversorgung. Dabei werden technologische Machbarkeit, Marktdynamiken, politische Defizite und finanzielle Mechanismen für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft in Ghana betrachtet. Dezentrale Lösungen wie Solar-Mini-Netze nehmen zu, jedoch bremsen finanzielle und politische Hürden das Wachstum. Grüner Wasserstoff bietet aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung und guten Windverhältnissen günstige Produktionsbedingungen in Ghana. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen von Mini-Grids in netzfernen Gebieten bis hin zu industriellen Einsatzbereichen wie der Produktion von Ammoniak und Methanol. Allerdings stellen hohe Produktionskosten, fehlende Infrastruktur und politische Unsicherheiten erhebliche Herausforderungen dar. Derzeit gibt es mehrere Pilotprojekte, und Deutschland spielt eine Schlüsselrolle als wichtigster Partner Ghanas im Bereich Wasserstoff.

2 Potenzial für dezentrale Anwendungen der Produktion von grünem Wasserstoff in Ghana

2.1 Grüner Wasserstoff für die dezentrale und netzferne Energieversorgung

2.1.1 Aktuelle Ausgangslage in Ghana

Die Nutzung von Wasserstofftechnologien und Entwicklung entsprechender Projekte hängt stark von der Entwicklung des lokalen Industrie- und Energiesektors ab. Ein zunehmendes Interesse von Industrie und Gewerbe an der Reduzierung von Emissionen sowie die Zielsetzung der ghanaischen Regierung, die Nutzung lokaler und erneuerbarer Energiereserven zu steigern, geben dem Thema grüner Wasserstoff Aufschwung. Gemäß direkten Gesprächen mit der Energiekommission von Ghana gibt es konkrete Pläne, mit der Formulierung eines regulatorischen Rahmens für grünen Wasserstoff zu beginnen. Diese Bemühungen stehen im Einklang mit den übergeordneten Zielen Ghanas, die lokale Industrialisierung und die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern, sowie der im Ghana Energy

Transition and Investment Plan (2023) festgelegten Strategie zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen.¹ Darüber hinaus wurde ein formeller Förderantrag an die Bundesregierung gestellt, um den Prozess der Ausarbeitung einer nationalen Wasserstoffstrategie und entsprechende Rahmenwerke zu unterstützen. Dies unterstreicht die strategische Bedeutung von grünem Wasserstoff für die Energiewende in Ghana. Das hohe Ausmaß intermittierender Energiequellen bietet eine strategische Gelegenheit, die Nutzung von grünem Wasserstoff in die Energiestrategie Ghanas zu integrieren und gleichzeitig die Erreichung der Ziele des Pariser Abkommens zu fördern.

Die Verwendung von durch Elektrolyse hergestelltem, grünem Wasserstoff als Energiespeicher mit Rückverstromung mittels Brennstoffzellentechnologie kann einen Beitrag zum Erreichen der Vorgaben des Pariser Abkommens leisten. Wasserstoff kann als Langzeitspeicher von durch Wind- und Solarkraft erzeugter Energie eingesetzt werden und so eine zuverlässige Stromversorgung gewährleisten.² Die reichlichen Wasserressourcen Ghanas und die hervorragende Sonneneinstrahlung werden ergänzt durch große Flächen in den nördlichen und südlichen Regionen, welche Platz für Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien bieten. Diese Faktoren versetzen Ghana in die Lage, grünen Wasserstoff als Energieträger zu nutzen.³

Das Energiesystem in Ghana befindet sich in einem tiefgreifenden und transformativen Wandel, welcher von den Ambitionen der Regierung, die Energiesicherheit und -effizienz zu verbessern und den CO₂-Fußabdruck des Landes zu verringern, angetrieben wird. Etwa 11,15% der ghanaischen Bevölkerung (3,34 Millionen Menschen) haben keinen Zugang zu Elektrizität, insbesondere in ländlichen Gebieten, Insel- und Seegemeinden.⁴ Bei Mini-Grids in ländlichen Gemeinden wird grüner Wasserstoff relevant, wenn die Energienachfrage die Kapazität der Batteriespeicher übersteigt oder wenn nachts oder während langer Bewölkungsperioden Energie benötigt wird. Während Batterien sich für die kurzfristige Speicherung eignen, ermöglicht Wasserstoff eine saisonale oder mehrtägige Speicherung. Somit kann er die Energiezuverlässigkeit in netzfernen Gebieten mit begrenztem Zugang zu fossilen Brennstoffen gewährleisten. Er kann auch produktive Anwendungen wie die Agrarverarbeitung unterstützen, bei denen eine konsistente Stromversorgung entscheidend ist. Daher ergänzt grüner Wasserstoff die Batteriespeicher und verbessert so die Energiesicherheit und die Widerstandsfähigkeit des Systems für ländliche Mini-Grids. Die jüngsten Fortschritte beim Einsatz erneuerbarer Energietechnologien haben dazu beigetragen, den in der Vergangenheit stetig anwachsenden Anteil der ländlichen Bevölkerung ohne Zugang zu Elektrizität in Ghana zu verringern. Angesichts der Entfernung zur Netzinfrastruktur könnten dezentrale grüne Wasserstoffsysteme abgelegenen Gemeinden in der Zukunft nachhaltige Langzeitenenergiespeicher für zuverlässige Stromversorgung bei Energieengpässen bieten und die Abhängigkeit von fossilen Energiequellen, die bei den bestehenden hybriden Systemen (Solar-PV mit Batterie- und/oder Dieselbackup) besteht, aufheben und somit die Versorgungssicherheit steigern und Umwelteinwirkungen reduzieren. Der zunehmende Trend für Solar-PV-Anlagen unterstützt diese Entwicklung.

Nach Angaben der Energiekommission verfügte Ghana Ende 2023 über Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 52 MW.⁵ Aus Sicht der Autoren ergibt sich jedoch auf der Grundlage öffentlicher Informationen über PV-Großprojekte, die im Jahr 2024 in Betrieb genommen werden, eine zusätzliche geschätzte Kapazität von 17,5 MW, was zu einer gesamten dezentralen PV-Kapazität von knapp 70 MW führt. Die meisten dezentralen Solaranlagen sind im Eigentum von Gewerbe- und Industrieunternehmen und auf deren Gelände installiert. Kommerzielle Unternehmen wie Handelsunternehmen, Bürogebäude, Schulen, Einkaufszentren, Hotelanlagen, Finanzinstitute und

¹ Ghana Energy Transition and Investment Plan (2023)

² Osei u.a. (2024)

³ H2Atlas Afrika (o.D.)

⁴ Energy Commission (2024)

⁵ Energy Commission (2024)

Gesundheitseinrichtungen installieren in der Regel Solar-PV-Systeme. Industrieunternehmen in den Sektoren Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte, Getränkeherstellung, Plastikherstellung, Recycling, Bergbau, Chemie sowie Schmelzanlagen sind für die ghanaische Wirtschaft von entscheidender Bedeutung und haben einen erheblichen Stromverbrauch. Die Einsparung von Stromkosten macht die Installation von Solar-VP-Anlagen für diese Unternehmen attraktiv. Netzunabhängige installierte Kapazitäten aus erneuerbaren Energien beliefen sich gemäß der Energiekommission im Jahr 2023 auf 7,5 MW (Solar-PV - 7,4 MW und Wind - 20 kW).⁶ Es bleiben jedoch 200 Inselgemeinden in Ghana weiter ohne Zugang zu Elektrizität, da aufgrund der technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen der Ausbau des nationalen Stromnetzes auf diese Gemeinden bisher nicht erfolgt ist. Diese Unterversorgung bietet eine einzigartige Chance, da sich dezentrale Elektrifizierungsoptionen wie Mini-Grids und eigenständige Systeme als die kostengünstigsten Lösungen erwiesen haben, um einen zuverlässigen Energiezugang zu gewährleisten und die ländliche Elektrifizierung voranzutreiben. Es ist erwähnenswert, dass weithin anerkannt wird, dass ein zentrales Stromsystem allein den Energiebedarf Ghanas nicht decken kann, insbesondere in abgelegenen Inselgebieten, welche nicht an das zentrale Netz angebunden werden können.⁷ Um unterversorgten Gemeinden eine stabile Stromversorgung zu gewährleisten, könnte ein dezentrales System für grünen Wasserstoff daher einerseits bereits bestehende Mini-Grid-Systeme ergänzen, andererseits in neue, noch zu bauende Mini-Grids integriert werden.

Obwohl Ghana noch keine formelle nationale Strategie für eine Wasserstoffwirtschaft festgelegt hat, wird grüner Wasserstoff im nationalen Investmentplan für die Energiewende als zukunftsfähigen Energieträger bezeichnet, welcher mit 12 % zur gesamten prognostizierten CO₂-Reduzierung bis 2060 beitragen wird.⁸ Das Thema grüner Wasserstoff gewinnt in Ghana an Fahrt, was sich auch an den unten aufgeführten Pilotprojekten zeigt.

2.1.2. Dezentrale Energieversorgung in Ghana

Der Mini-Grid- und Off-Grid-Sektor wird stark von der ghanaischen Regierung dominiert. Da gemäß lokalen Gesetzen durch Mini-Grids produzierte Elektrizität nur zu von der Regierung festgelegten, tiefen Preisen verkauft werden kann, sind entsprechende Geschäftsmodelle für den Privatsektor nicht attraktiv. Private Unternehmen sind deshalb lediglich bei der Planung, Installation und Wartung solcher Systeme involviert, kaum aber in der Stromerzeugung selbst. Alle bisher installierten Mini-Grids werden hauptsächlich von Entwicklungsbanken finanziert und sind im Besitz der Regierung.

Fehlende Finanzierungsmöglichkeiten versperren privaten Unternehmen den Weg. Derzeit gibt es nur wenige Möglichkeiten für Kredite an Mini-Grid-Unternehmen, die für ihre Cashflows und Geschäftsmodelle geeignet sind, da es insgesamt an Kreditprodukten mangelt. Zur Verfügung stehende Kreditfazilitäten werden in der Regel zu Vorzugsbedingungen wie z.B. verlängerte Laufzeiten sowie tilgungsfreie Zeiten vergeben. Für den Ausbau der dezentralen Energieversorgung durch Privatunternehmen müsste diese Art von Finanzierungsmittel breiter zur Verfügung stehen.⁹

Für netzferne Photovoltaikanlagen, die zur Eigenversorgung genutzt werden, wie beispielsweise kleine PV-Dachanlagen, sind die regulatorischen Rahmenbedingungen eine Herausforderung. Zwar ist der Eigenverbrauch erlaubt, doch die Einspeisung von überschüssigem Strom in das nationale Netz ist noch nicht umfassend geregelt. Die 2015 von der Energiekommission eingeführten Net-Metering-Richtlinien wurden bisher nur in wenigen Pilotprojekten oder Einzelfällen angewendet. Eine Einspeisung ins nationale Netz ist für Private nicht möglich und schränkt den Ausbau privater Systeme weiter ein.

⁶ Energy Commission (2024)

⁷ Bukari et. al (2021)

⁸ Ghana's National Energy Transition Framework (2022)

⁹ Bukari et al. (2021)

Der Masterplan für erneuerbare Energien (REMP) hat ambitionierte Entwicklungsziele für die Entwicklung von Mini-Grids in Ghana festgelegt. Bis 2020 sollten 86 und bis 2030 300 Mini-Grids mit einer Gesamtkapazität von 12 MW in Betrieb genommen werden.¹⁰ Diese Zielerreichung hängt von der Planung durch die Regionalregierungen im Rahmen mittelfristiger Entwicklungspläne ab. In der Zwischenzeit liegt der Betrieb der staatlichen Mini-Netze in der Verantwortung der Volta River Authority (VRA) und der Northern Electricity Distribution Company (NEDCo). Das Ziel für 2020 wurde nicht erreicht, was unter anderem auf die fehlenden Mittel zur Finanzierung zurückgeführt werden kann.¹¹ Netzunabhängige installierte Kapazitäten aus erneuerbaren Energien beliefen sich gemäß der Energiekommission im Jahr 2023 auf 7,5 MW (7,4 MW Solar-PV und 20 kW Wind).¹²

Das größte Projekt staatlich betriebener Mini-Grids ist das Scaling up Renewable Energy Program (SREP) mit einer Laufzeit von vier Jahren. Im Rahmen dieses Programmes wurden 59 Gemeinden in neun Inseldistrikten an Mini-Grids angeschlossen. Weitere 505 Gemeinden in elf Distrikten profitierten von der Installation von PV-Solaranlagen, welche individuelle Gebäude mit Strom versorgen. Insgesamt profitieren 1.089 öffentliche Gebäude, 4.910 Haushalte und 6.001 KMU durch die PV-Net-Metering-Komponente. Das Projekt umfasst zusätzlich die Installation von Batteriespeichern zu Demonstrationszwecken auf der Einspeisungsebene innerhalb der Netze der Electricity Company of Ghana (ECG) und der Northern Electricity Distribution Company NEDCO. Insgesamt handelt es sich um 12.000 netzgekoppelte, auf Dächern installierte PV-Anlagen.¹³

Immer mehr ghanaische Unternehmen nutzen Photovoltaik-Anlagen in unterschiedlicher Größe. Kommerzielle Unternehmen (hauptsächlich für Bürogebäude), Tankstellen, Supermärkte und sogar Bankautomaten benutzen Systeme im Bereich von 5 kWp bis 1.500 kWp. Industrieunternehmen wie produzierende Unternehmen (Lebensmittelindustrie, Stahlproduktion) und landwirtschaftliche Betriebe setzen dagegen größere Anlagen von durchschnittlich 100 kWp bis 5 MWp ein. Im Privatsektor, aber auch bei privaten, internationalen und öffentlichen Institutionen sind Solaranlagen für den Eigengebrauch, einschließlich Batteriespeicher und/oder Dieselgeneratoren, eine beliebte Wahl.¹⁴ Diese werden oftmals über verschiedene Finanzierungsmechanismen beschafft. Sowohl inländische Solarunternehmen wie auch ausländische Finanzinstitute bieten Finanzierungsoptionen wie z. B. Leasing- oder Mietkaufverträge oder das Modell des Power Purchase Agreement (PPA) an. Die Umstellung auf Solarenergie erfolgt vor allem aufgrund der steigenden Strompreise, da bis zu 30 % der Stromkosten dadurch eingespart werden können. Ein weiterer Grund für die Umstellung ist die Erreichung von unternehmensinternen Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen. Nach Angaben der Energiekommission verfügt Ghana derzeit landesweit über eine installierte Kapazität an dezentraler Photovoltaik von ca. 52 MW.¹⁵

¹⁰ Renewable Energy Master Plan (2019)

¹¹ Bukari et al. (2021)

¹² Energy Commission (2024)

¹³ African Development Bank (2023)

¹⁴ Delegation der deutschen Wirtschaft in Ghana (2022)

¹⁵ Energy Commission (2024)

Tabelle 1: Staatlich betriebene Mini-Grids in Ghana¹⁶

Finanzierungsgeber	Standorte	Inbetriebnahme	Aktueller Status
Weltbank, im Rahmen des Ghana Energy Development and Access Project (GEDAP) ¹⁷	5 Standorte in Sene Ost, Krachi West, Krachi Ost und Ada	2016	In Betrieb
Schweizerische Bundesregierung	3 Standorte auf den Inseln Alokpem und Azizakpe	2024	In Betrieb seit Q4 2024
Afrikanische Entwicklungsbank, Climate Investmentfund CIF sowie Schweizerische Bundesregierung im Rahmen des Scaling up Renewable Energy Programmes SREP	35 Standorte in Ada Ost	2025	Mini-Grids in Betrieb seit Q2 2025, Net-Metering Komponente noch nicht abgeschlossen

2.1.2 Integration von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in bestehende Netze

Die Nachfrage nach der Integration von Wasserstoff- und Brennstoffzellenkomponenten in die dezentrale Stromversorgungsinfrastruktur Ghanas wird verstärkt durch die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie der Notwendigkeit einer zuverlässigen Zufuhr von sauberer Energie. Das Projekt GH2GH (Green Hydrogen for Decentralised Energy Systems in Sub-Saharan Africa) ist ein Beispiel für die Integration erneuerbarer Energieerzeugung, Kurzzeitspeicherung (Batterien) und Langzeitspeicherung (grüner Wasserstoff über Brennstoffzellen) in Mini-Grid-Systemen. In diesem Pilotprojekt, das im Don Bosco Solar and Renewable Energy Centre in Tema (Ghana) realisiert wird, werden eine 160-kWp-Photovoltaikanlage, ein 20-kW-Elektrolyseur und eine 10-kW-Brennstoffzelle kombiniert. Dadurch wird eine elektrische Speicherkapazität von ca. 600 kWh in Form von Wasserstoff erreicht.

Diese Konfiguration ermöglicht die Speicherung von überschüssiger Sonnenenergie in Form von Wasserstoff in Zeiten geringer Nachfrage oder hoher Erzeugung. Bei Bedarf kann der Wasserstoff wieder in Strom umgewandelt werden, beispielsweise nachts oder bei längerer Bewölkung. Das Hybridsystem verbessert die Zuverlässigkeit und Autarkie der Energieversorgung, insbesondere in netzfernen ländlichen Gebieten, in denen eine konstante Stromversorgung für wirtschaftliche Aktivitäten, wie die Agrarverarbeitung, von entscheidender Bedeutung ist.

Der Ansatz des GH2GH-Projekts zeigt die praktische Anwendung und Übertragbarkeit der Kombination erneuerbarer Energiequellen mit Kurzzeit- und Langzeitspeicherlösungen in dezentralen Energiesystemen. Damit wird die steigende Nachfrage nach Energiespeichertechnologien in Ghanas sich entwickelnder Energielandschaft adressiert. Die Integration von grünen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in bestehende Netze hängt von der Verfügbarkeit von überschüssigem Solarstrom sowie den spezifischen Anforderungen des bestehenden Netzes an den Energiespeicher ab. Bereits heute gibt es viele Unternehmen, die überschüssigen Solarstrom in ihren Anlagen produzieren oder die Produktion bestehender Anlagen erhöhen könnten. Jedoch haben nicht alle diese Unternehmen besondere Anforderungen an die Energiespeicherung. Industriezweige mit spezifischem Bedarf an die Energiespeicherung wie z.B. Rechenzentren und Mobilfunkanbieter könnten Vorreiter werden in der Integration von Wasserstofftechnologien sein. Dies ist aus

¹⁶ United States Agency for International Development USAID (2019)

¹⁷ RISE/ESMAP (2021)

technischer Sicht sowohl durchführbar als auch empfehlenswert. Die Stromversorgung von Rechenzentren in Ghana erfordert ein hohes Maß an Zuverlässigkeit, weshalb oft Dieselgeneratoren als Backup betrieben werden. Grüner Wasserstoff stellt eine saubere und langfristige Speicheralternative dar. Er reduziert die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und gewährleistet gleichzeitig einen unterbrechungsfreien Betrieb, insbesondere in Gebieten mit instabilem Netzzugang. Angesichts dessen wird prognostiziert, dass insbesondere mit sinkenden Kosten für die Elektrolysetechnologie¹⁸ sowie für Brennstoffzellen der ghanaische Markt für die grüne Wasserstofftechnologie allmählich aufholt und ein größeres Interesse an der Integration dieser Technologien in bestehende Systeme aufkommen wird.¹⁹

2.1.3 Schlüsselkriterien für potenzielle Anwendungsstandorte

Die erfolgreiche Integration von grünem Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie in neue und bestehende Netze hängt von den folgenden Kriterien ab:

Potenzial für erneuerbare Energien: Im Falle von Ghana handelt es sich hier hauptsächlich um das Potenzial von Solarstrom. Eine große Anzahl bereits installierter und funktionierender Photovoltaikanlagen mit Überproduktion ist die beste Voraussetzung für die breite Anwendung von grünen Wasserstofftechnologien. Diese Voraussetzung ist in Ghana bisher nicht gegeben. Darauf basierend kann abgeschätzt werden, inwiefern bestehende wie auch neue PV-Solaranlagen überschüssigen Solarstrom produzieren können, welcher für die Produktion von grünem Wasserstoff verwendet werden kann. Das Land verzeichnet eine tägliche Sonneneinstrahlung von 4 bis 6 kWh/m² und jährliche Sonnenstunden zwischen 1.800 und 3.000. Trotz dieses beträchtlichen Potenzials beläuft sich Ghanas installierte Solarenergiekapazität im Jahr 2023 auf 132 Megawatt, weil Photovoltaik-Großanlagen noch nicht weit verbreitet sind.²⁰

Verfügbarkeit von Wasser: Die Verfügbarkeit von Wasser ist auch bei der Auswahl eines potenziellen Standorts von entscheidender Bedeutung, da diese einen direkten Einfluss auf die Menge und die Kosten des zu produzierenden grünen Wasserstoffs hat. Der Wasserbedarf für den Betrieb eines lokalen, dezentralen grünen Wasserstoff-/Kraftstoffsystems hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. dem Anwendungsfall, der Systemgröße und der implementierten Technologie sowie den klimatischen Bedingungen wie Luftfeuchtigkeit und Temperatur des Standorts. Der Betrieb von Wasserstoff- und Brennstoffzellenbasierten Systemen kann – abhängig von diesen Faktoren – im Kontext der dezentralen Energieversorgung einen ressourcenschonenden Umgang mit lokalen Wasserquellen gewährleisten.²¹ Der Volta-See ist mit einer Fläche von 8 500 km² einer der größten künstlichen Seen der Welt. Die gesamten erneuerbaren Wasserressourcen Ghanas werden auf 53,2 Mrd. m³ pro Jahr geschätzt. Dieser Reichtum lässt vermuten, dass genügend Wasser für die Produktion von grünem Wasserstoff zur Verfügung steht.²² Einige der Mini-Grid Systeme, die sich potentiell für die Integration von Wasserstofftechnologien eignen, befinden sich in Inselgemeinden entlang des Volta-Sees bzw. in dessen Nähe

Energieprofil des Anwendungsstandorts (Energieverbrauchsdaten): Nach der Berücksichtigung der Produktionsdaten der Solaranlage oder der Sonneneinstrahlungsdaten des Standorts ist die Berücksichtigung der Energieverbrauchsdaten oder des Lastprofils des ausgewählten Standorts entscheidend für die Bestimmung der Konfiguration des grünen Wasserstoffsystems. Der potenzielle Einsatzort sollte einen besonderen Bedarf an Energiespeicherung haben, da diese für die Integration eines grünen Wasserstoffsystems unerlässlich ist. Wasserstoffsysteme eignen sich insbesondere für

¹⁸ International Energy Agency IEA (2024)

¹⁹ Newborough/Cooley (2020)

²⁰ Statista (2024)

²¹ Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH u.a. (2024)

²² USAid Sustainable Water Partnership (2021)

Standorte mit hohem oder schwankendem Energiebedarf, die eine kontinuierliche Versorgung über längere Zeiträume erfordern. Beispiele hierfür sind landwirtschaftliche Verarbeitungsanlagen, Kühlhäuser, Rechenzentren oder Gesundheitsstationen in abgelegenen Gebieten.

Klimabedingungen: Neben Faktoren wie Sonneneinstrahlung, haben Wetterbedingungen wie Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Leistung von grünen Wasserstoffsystemen und sind somit Schlüsselfaktoren bei der Auswahl potenzieller Standorte. Die Umgebungstemperatur wirkt sich direkt auf die Effizienz von Elektrolysesystemen aus, höhere Temperaturen erhöhen in der Regel die Reaktionsgeschwindigkeit von Elektrolyseprozessen. Sie können jedoch auch einen erhöhten Kühlbedarf verursachen, um eine Überhitzung empfindlicher Komponenten, wie beispielsweise Membranen oder Katalysatoren, zu verhindern. Die Luftfeuchtigkeit wirkt sich auf die Korrosionsrate elektrischer Geräte sowie auf den Betrieb der Elektrolyseanlage aus, da die verschiedenen Elektrolysegeräte unterschiedliche Widerstandsfähigkeiten gegenüber feuchtigkeitsbedingten Herausforderungen haben. In Ghana liegen die Durchschnittstemperaturen zwischen 26°C und 29°C, und die hohe Luftfeuchtigkeit variiert je nach Region und Jahreszeit. Diese Faktoren wirken sich sowohl auf die Effizienz der Elektrolyseprozesse als auch auf die Haltbarkeit der Systemkomponenten aus und sind daher bei der Standortwahl und der Systemauslegung zu berücksichtigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Standorte mit klimatisch herausfordernden Umweltbedingungen zusätzliche Anpassungen am System wie z.B. Robustheit, Kühlung und Abstimmung der Betriebszeiten der Komponenten erfordern. In Ghana erfordert das warme und feuchte Klima eine Anpassung der Systeme für Wärmemanagement und Feuchtigkeitsbeständigkeit. Zwar ist das Klima aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung grundsätzlich für die solare Wasserstoffproduktion geeignet, jedoch müssen beim Systemdesign Faktoren wie Kühlanforderungen, Korrosionsschutz und die Haltbarkeit der Komponenten unter tropischen Bedingungen berücksichtigt werden.

Angesichts der aktuellen Kosten für Elektrolysegeräte und Brennstoffzellen ist es kostengünstiger, grüne Wasserstoffsysteme in bestehende dezentrale Netze mit Batteriespeichern zu integrieren oder Batteriespeicher in bestehende Solarsysteme einzubauen. So kann der Strombedarf bei geringer Sonneneinstrahlung oder nachts gedeckt werden. Alle derzeit in Ghana bestehenden Mini-Netze sind mit Batterien als primärer Speicherlösung ausgelegt. Während bei neuen Systemen reine Wasserstoffkonfigurationen in Betracht gezogen werden könnten, kann Wasserstoff in bestehenden Setups als ergänzende Langzeitspeicheroption integriert werden. Angesichts des prognostizierten Wachstums dieser Gemeinden und der erwarteten Zunahme produktiver Wirtschaftsaktivitäten wird Wasserstoff zu einer praktikablen Erweiterung. Eine vergleichende Übersicht befindet sich in der nachstehenden Tabelle.

2.2 Dynamik der Wasserstoffnachfrage

Weltweit orientiert sich die Wasserstoffproduktion vor allem am industriellen Verbrauch. Laut dem Interview der Autoren mit einem Vertreter des Energieministeriums für Ghana ist die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft ein entscheidender Schritt zur Deckung des Energiebedarfs, zur Erreichung der Ziele des Pariser Abkommens und zur wirtschaftlichen Entwicklung.

Ghana hat nach Angaben der ghanaischen Zollbehörden von 2020 bis 2024 rund 11,3 Tonnen Wasserstoffgas im Wert von ca. 23.000 EUR, unter anderem in Form von Schwefelwasserstoff, Blausäure und Wasserstoffperoxid, importiert.²³ Der derzeitige Verbrauch von Wasserstoffgas in Ghana erfolgt durch die chemische Industrie. Laut H2-Atlas des Forschungszentrums Jülich GmbH und WASCAL ermöglicht die hohe Sonneneinstrahlung Ghanas die Erzeugung von rund 560 TWh grünem

²³ Zollabteilung der ghanaischen Steuerbehörden (2024)

Wasserstoff pro Jahr. Jährlich werden dafür schätzungsweise 42 Millionen Tonnen grüner Wasserstoff benötigt.²⁴ Diese Zahl liegt weit über dem aktuellen lokalen Bedarf an Wasserstoff. Lokal produzierter grüner Wasserstoff könnte jedoch zur Speisung von Brennstoffzellen für die Stromerzeugung verwendet werden und sowohl als Speicher für die Eigenversorgung und größere Netze wie auch als Rohstoff für die Produktion von grünem Ammoniak dienen. Insbesondere die Ammoniakproduktion hat Potenzial, da Ghana trotz Bedarf derzeit sein gesamtes Ammoniak für die Düngemittelproduktion importiert.²⁵ Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aktuell die Nachfrage an grünem Wasserstoff gering ist. Voraussetzung für die Schaffung von Anreizen für die Produktion von grünem Wasserstoff und den Einsatz von Brennstoffzellen ist ein gesteigertes Interesse der Regierung Ghanas am Thema Wasserstoff, die Ausarbeitung einer nationalen Wasserstoffstrategie sowie entsprechende Regulatorien.

2.3 Zukünftige Marktaussichten

Basierend auf dem Austausch der Delegation der Deutschen Wirtschaft in Ghana mit verschiedenen Interessengruppen und Standpunkten stellen nicht elektrifizierte Gemeinden in Ghana das Haputpotential für die Verbreitung dezentraler grüner Wasserstoffsysteme dar. Dies ist dadurch gerechtfertigt, dass Ghanas nationaler Elektrifizierungsgrad zwar bei rund 88,5 % liegt, der Zugang in ländlichen und insularen Gemeinden jedoch deutlich geringer ist. Ein Netzausbau in diesen Gebieten ist in vielen Fällen finanziell und technisch nicht realisierbar. Dezentrale Mini-Grids mit erneuerbaren Energien haben sich als praktikable Lösung erwiesen. Die mittel- bis langfristige Integration von grünem Wasserstoff kann die Widerstandsfähigkeit erhöhen, eine langfristige Speicherung ermöglichen und den wachsenden Energiebedarf in Sektoren wie der Agrarverarbeitung und der lokalen Industrie decken. Bis heute besteht in Ghana ein Defizit beim Zugang zu Elektrizität, und innovative Systeme wie dezentrale Mini-Grids, in die mittel- bis langfristig grüne Wasserstoffkomponenten integriert werden, sind von entscheidender Bedeutung, vor allem wenn die Kapitalkosten für Elektrolyseure und Brennstoffzellen sinken. Obwohl die Kosten derzeit noch hoch sind, bieten sinkende Preise für die Elektrolysetechnologie, zunehmende internationale Fördermechanismen sowie öffentlich-private Partnerschaften vielversprechende Perspektiven für den Markteintritt. Pilotprojekte wie GH2GH in Ghana demonstrieren bereits die technische Machbarkeit und ebnen den Weg für eine zukünftige wirtschaftliche Skalierung.

PV-Batteriesysteme sind eine kostengünstige Lösung für die kurzfristige Energiespeicherung. Bei gleichbleibend hohem oder kontinuierlichem Energiebedarf stoßen sie jedoch an ihre Grenzen, insbesondere bei kritischen Infrastrukturen wie Rechenzentren oder Betrieben, die eine unterbrechungsfreie Kühlung oder Produktion erfordern. In solchen Fällen sorgt grüner Wasserstoff als Langzeitspeicherlösung für zusätzliche Energiesicherheit, reduziert die Abhängigkeit von Dieselgeneratoren und hilft dabei, Versorgungslücken über längere Zeiträume zu schließen. Dies ist angesichts der stetig steigenden Dieselpreise in Ghana von besonderer Relevanz, da eine langfristige Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen aus wirtschaftlicher Sicht nicht tragbar ist.

Für den gewerblichen und industriellen Bereich haben insbesondere lebensmittelverarbeitende Unternehmen und Getränkehersteller sowie Rechenzentren Potenzial für dezentrale grüne Wasserstoffsysteme zur Förderung ihrer Energieautarkie, da diese Unternehmen kritische Anforderungen an die Stromversorgung stellen. Diese Unternehmen befinden sich zudem strategisch günstig in Industriegebieten und städtischen Gemeinden in der Hauptstadtregion, im Großraum Accra, im Westen des Landes und in der Ashanti Region.

²⁴ H2Atlas Africa (o.D.)

²⁵ Zollabteilung der ghanaischen Steuerbehörden (2024)

2.4 Grüne Wasserstoffprojekte in Ghana

2.4.1 Pilotprojekte für die Produktion von grünem Wasserstoff

In Ghana werden derzeit fünf Pilotprojekte für die Produktion und teilweise auch für die Nutzung von grünem Wasserstoff umgesetzt, vier kleine und ein großes.

GH2GH – Grüner Wasserstoff für dezentrale Energiesysteme in Subsahara-Afrika

Dieses Projekt wird vom Sustainable Technologies Laboratory der Hochschule Bochum, Green Power Brains, SFC Energy und dem Don Bosco Solar & Renewable Energy Center auf dem Campus des Don Bosco Technical Instituts im Rahmen der Exportinitiative Umweltschutz (EXI) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) umgesetzt.²⁶ Im Rahmen des Projektes wird eine Pilotanlage zur Erzeugung, Speicherung und bedarfsgerechten Rückverstromung von grünem Wasserstoff gebaut für die vollständig autarke Energieversorgung des Don Bosco Solar & Renewable Energy Centres, eines technischen Ausbildungsinstituts in Tema, Ghana. Das GH2GH-Projekt konzentriert sich auf die Entwicklung einer nachhaltigen Infrastruktur zur Implementierung grüner Wasserstofftechnologien in dezentralen Energiesystemen in Subsahara-Afrika. Die Initiative zielt darauf ab, die Produktion, Speicherung und Nutzung von grünem Wasserstoff in solarbetriebene Mini-Grids zu integrieren, um Energieautarkie zu ermöglichen und die Abhängigkeit von umweltschädlichen Dieselgeneratoren zu verringern, insbesondere in Zeiten geringer Sonneneinstrahlung.

Hauptziele sind die ganzheitliche Systemintegration, die Ökobilanzierung mittels Durchführung von Lebenszyklus- und Wirtschaftlichkeitsanalysen, die Anpassung der Systeme an die lokalen Anforderungen, Kapazitätsaufbau, die Schaffung rechtlicher, politischer und administrativer Bedingungen für die Skalierung sowie die Erforschung zukünftiger Anwendungen. Die Rollen im Projekt sind wie folgt verteilt: Projektkoordinierung durch die Hochschule Bochum, Entwicklung der Blockchain-basierten Softwareplattformen durch Green Power Brains, Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie durch SFC Energy und Instandhaltung der Hardware und Durchführung der Schulungsprogramme durch das Don Bosco Technical Institut.²⁷

Das Mini-Grid-System des Don Bosco Solar & Renewable Energy Centers hatte zu Beginn des Projekts eine Solarleistung von 169 kWp und einen Batteriespeicher von insgesamt 510 kWh (nutzbare Kapazität von ca. 300 kWh). Die Solarleistung wurde im Rahmen des Projekts auf 200 kWp aufgerüstet. Das installierte System besteht aus einem 20 kW Proton Exchange Membrane (PEM) Elektrolyseur, vier EFOY Hydrogen 2,5 kW PEM-Brennstoffzellen mit einer Gesamtleistung von 10 kW, einem Batteriespeicher von 7,2 kWh (zur Stabilisierung der Brennstoffzellenleistung) und einer elektrischen Speicherkapazität von rund 600 kWh in Form von Wasserstoff in 48 Druckgasflaschen (aus Stahl). Die Elektrolyse- und Lagersysteme wurden von der Ostermeier H2hydrogen Solutions GmbH geliefert und installiert. Das installierte System wurde im Oktober 2024 in Betrieb genommen.

Schulung zum Design und zur Integration von intelligentem Mini-Grid-Design und der Integration von grünem Wasserstoff (SM4GH2)

Im Rahmen dieses Projektes entwickeln Green Power Brains, das Don Bosco Solar & Renewable Energy Centre und die Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST) ein dezentrales Smart 150 kWp Mini-Grid mit integrierter Produktion von grünem Wasserstoff. Das hochmoderne Energiesystem wird sowohl für die Versorgung eines Teils des KNUST-Campus (College of Engineering) mit sauberem Strom als auch für Ausbildungszwecke genutzt, um Expertise im Bereich grünen Wasserstoff aufzubauen. Das Projekt befindet sich derzeit noch in der Anlaufphase und hat eine

²⁶ Exportinitiative Umweltschutz (2023)

²⁷ NOW GmbH (2023)

Laufzeit von August 2024 bis Dezember 2025. Die Projektförderung kommt von der Skills Initiative for Africa (SIFA), einer Initiative der Kommission der Afrikanischen Union (AUC) und der Entwicklungsagentur der Afrikanischen Union (AUDA-NEPAD), die von der deutschen Bundesregierung und der Europäischen Union unterstützt wird.²⁸

Grünes Wasserstoffsystem am WASCAL Hauptsitz, Accra

Das West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL) realisiert am Hauptsitz in Accra, Ghana, ein dezentrales grünes Wasserstoffsystem auf Basis einer Photovoltaikanlage. Realisiert wird die Photovoltaikanlage von Green Power Brains. WASCAL ist ein groß angelegtes, forschungsorientiertes Klimaschutzservicezentrum mit Hauptsitz in Accra, Ghana und größtenteils vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert wird. Durch die Bündelung des Fachwissens von zwölf westafrikanischen Ländern und Deutschland sollen die Forschungsinfrastruktur und -kapazitäten in Westafrika im Zusammenhang mit dem Klimawandel gestärkt werden. WASCAL ist für eine Reihe von Aktivitäten zur Förderung von grünem Wasserstoff verantwortlich, unter anderem die Bereitstellung technischer Unterstützung für die Entwicklung des ECOWAS Green Hydrogen Strategy Framework, die Erstellung von Studien zur Bewertung des Potenzials in der ECOWAS-Region für die Produktion von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten sowie die Förderung von Stipendien für Postgraduierte in Studiengängen für erneuerbare Energien mit Schwerpunkt auf der Entwicklung von Kapazitäten für grünen Wasserstoff in der westafrikanischen Subregion.

Die von WASCAL im Rahmen des H2-Atlas-Programms durchgeführten Studien sind die erste detaillierte Bewertung ihrer Art in der ECOWAS-Region und zeigen das hohe Produktionspotenzial für grünen Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Kosten.²⁹

Hybride Müllverbrennungsanlage Gyankobaa, Ashanti Region

Das Hybrid-Müllheizkraftwerk Gyankobaa, mit einer Photovoltaik-Leistung von 100 kW, einer Biogasleistung von 100 kW und einer Pyrolyseleistung von 100 kW, wurde im April 2022 in Betrieb genommen. Bei diesem Projekt handelte es sich um ein Forschungsprojekt, das in Zusammenarbeit mit dem ghanaischen Ministerium für Umwelt, Wissenschaft, Technologie und Innovation (MESTI) und von der deutschen Universität Rostock entwickelt und unter der Leitung von WASCAL implementiert wurde. Finanziert wurde es Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).³⁰ Ziel des Projekts war es, durch Forschung und Entwicklung sowie Kapazitätsaufbau Konzepte für die Mülltrennung und die Umwandlung verschiedener Fraktionen in Energie durch den Einsatz von Biogas-, Pyrolyse- und Solar-PV-Anlagen in Ghana zu entwickeln.

Aufgrund von Herausforderungen mit Vorschriften, welche den Verkauf von selbstproduziertem Strom ans Netz verunmöglicht, soll die Anlage zur Herstellung von Wasserstoff aus Biogas durch Methanreformierung genutzt werden. Die geplante Wasserstoffproduktion beträgt drei Kubikmeter pro Stunde bei einer Speicherkapazität von 2.000 Litern und einer Biogasproduktionskapazität von 45 Kubikmetern pro Stunde. Die Wasserstoffanlage wurde installiert, wurde jedoch noch nicht in Betrieb genommen.

²⁸ KNUST (2024)

²⁹ WASCAL (2023)

³⁰ WASCAL (2022)

The KwaH2 Project, Kwahu Ridge Hybrid Renewable Energy & Hydrogen Production, Enertrag

Enertrag Ghana Limited, eine Tochtergesellschaft der Enertrag SE, entwickelt aktuell in der Easter Region von Ghana eine Hybrid-Solar-Photovoltaik- und Windkraftanlage im Versorgungsmaßstab von 400 bis 500 MW. Ziel ist die Produktion von mindestens 400 MW Ökostrom, welcher mit Hilfe spezieller Umwandlungsgeräte zu grünem Wasserstoff und den damit verbundenen Derivaten wie Ammoniak, Düngemittel und andere Nebenprodukte für gewerbliche und industrielle Zwecke umgewandelt werden sollte. Das Projekt ist zudem auf die Einspeisung von grünem Strom in das nationale Netz ausgelegt. Zurzeit befindet sich das Projekt in einer frühen Entwicklungsphase, in welcher verschiedene Studien und Bewertungen durchgeführt werden. Es wird phasenweise umgesetzt, wobei die erste Phase in den nächsten drei bis fünf Jahren den Bau der 400-500 MW Hybrid-Solar-PV/Wind-Anlage umfasst.

2.4.2 Weitere Projekte im Bereich grüner Wasserstoff

GIZ Ghana Projektentwicklungsprogramm (GIZ PEP)

Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) spielt mit ihrer Initiative „Hydrogen Project Development Program“ eine entscheidende Rolle bei der Schaffung einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen grünen Wasserstoffwirtschaft in Ghana. Ihr Ansatz konzentriert sich auf die Stärkung lokaler Unternehmen, die Erleichterung des Zugangs zu wichtigen Ressourcen und den Aufbau eines unterstützenden Ökosystems. Kernelement der GIZ-Strategie ist die Identifizierung und Unterstützung ghanaischer Unternehmen, die bereits in der Wasserstoffproduktion oder -nutzung tätig sind, jedoch auf grauen Wasserstoff angewiesen sind. Sie sollen in der Umstellung auf umweltfreundlichere Alternativen unterstützt werden. Darüber hinaus erleichtert die GIZ den Kontakt zwischen ghanaischen Unternehmen und deutschen Technologieanbietern durch Schulungen wie der German Training Week Green Hydrogen und fördert dadurch die Zusammenarbeit, den Wissenstransfer und schafft Marktchancen für deutsche Unternehmen.³¹

Delegation der deutschen Wirtschaft in Ghana, AHK Ghana H2 EXI Projekt

Die vorliegende Marktanalyse ist Teil des AHK Ghana H2 Projektes, welches von der Delegation der deutschen Wirtschaft in Ghana im Rahmen der Exportinitiative Umweltschutz durchgeführt wird. Fokus des Projektes ist die lokale Produktion und Nutzung von grünem Wasserstoff in Ghana durch dezentrale, autonome Mini-Grid-Systeme. Mit der Unterstützung deutscher Experten kann ghanaischen Endverbrauchern und Behörden ein Weg aufgezeigt werden, wie auch in ländlichen Gebieten ohne Stromversorgung Zugang zu sauberer und nachhaltig erzeugter Energie geschaffen werden kann. Das Projekt konzentriert sich einerseits auf das kommerzielle Einsatzpotenzial dezentraler Systeme mit grünen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien und aktives Projekt-Scouting im Privatsektor, andererseits auf die rechtliche und regulatorische Befähigung der Akteure, um den Mangel an regulatorischen und politischen Kapazitäten zu beheben. Ziel ist es, Regulierungsbehörden und politische Entscheidungsträger mit Kenntnissen und Fähigkeiten auszustatten, um Maßnahmen zur Förderung des Einsatzes von grünem Wasserstoff aus dezentralen Energiesystemen und anderen Brennstoffzellentechnologien zu ermitteln und beschließen.³²

³¹ GIZ GmbH (2023)

³² Exportinitiative Umweltschutz (2024)

Aktivitäten der Botschaft der Bundesrepublik Deutschlands in Ghana

Die deutsche Botschaft in Ghana engagiert sich aktiv vor Ort zum Thema grüner Wasserstoff. Bereits im Jahr 2022 informierte die Regierung Ghana ihre Entwicklungspartner, darunter auch Deutschland, dass sie an Kooperationen im Bereich grüner Wasserstoff interessiert ist.³³ Die Botschaft bemüht sich seither aktiv um Unterstützung, insbesondere im Bereich Strategie- und Rechtsrahmenentwicklung. Im Jahr 2024 organisierte das Auswärtige Amt Deutschlands in Zusammenarbeit mit der deutschen Botschaft in Ghana eine einwöchige Informationsreise nach Deutschland mit dem Schwerpunkt der grünen Wasserstoffproduktion. Daran nahmen Regierungsvertreter sowie Vertreter aus der Wissenschaft, dem Energiesektor und dem Non-Profit Sektor teil. Ziel der Reise war, das Interesse an grünem Wasserstoff in Ghana zu fördern und aufzubauen.

2.4.3 Akteure im Wasserstoffsektor in Ghana

Tabelle 2: Marktteilnehmer

Regulatoren/öffentliche Akteure	
Ministerium für Energie, Accra <i>Ministry of Energy</i> https://www.energymin.gov.gh/	Festlegung der Energiepolitik und Aufsicht über alle Akteure im Energiesektor, zuständig für die Ausarbeitung einer Wasserstoffstrategie
Ministerium für Umwelt, Wissenschaft und Technologie, Accra <i>Ministry of Environment, Science, Technology and Information MESTI</i> https://mesti.gov.gh/	Festlegung der Politik im Bereich Umwelt, Wissenschaft und Technologie
Energiekommission, Accra <i>Energy Commission</i> https://www.energycom.gov.gh/	Beratung des Ministeriums, Lizenzierung, Ausarbeitung des Regulierungsrahmens
Umweltschutzbehörde, Accra <i>Environmental Protection Agency</i> https://www.epa.gov.gh/	Genehmigung für Energieprojekte, Überwachung von Energieprojekten bezüglich Umweltleistung
Kommission für Wasserressourcen, Accra <i>Water Resource Commission</i> https://wrc-gh.org/	Regulierung und Management der Nutzung von Wasserressourcen und damit zusammenhängende Angelegenheiten für Energieprojekte
Bulk Oil and Storage, Accra https://www.bost.com.gh/	Lagerung, Vertrieb und Transport von Erdölprodukten und anderen Brennstoffen, Aufrechterhaltung strategischer Brennstoffreserven
Ghana Standard Authority, Accra https://www.gsa.gov.gh/	Entwicklung, Veröffentlichung und Förderung von Standards in Ghana
Volta River Authority https://www.vra.com/	Stromerzeugung (Wasserkraft, Photovoltaik und Wärme)

³³ Ghana News Agency (2024)

Bui Power Authority https://buipower.com/	Stromerzeugung (Wasserkraft und Photovoltaik)
Unternehmen	
Green Power Brains, München, DE https://greenpowerbrains.com/	Beratung bei der Umsetzung von Projekten im Bereich erneuerbaren Energien, Planung und Installation von Systemen für erneuerbare Energien, Energiebedarfsanalysen, Simulationen und Softwareentwicklung für die Energieversorgung
Enertrag Ghana Ltd, Accra https://enertrag.com/	Spezialisiert auf die Erzeugung erneuerbarer Energien, die Integration von grünem Wasserstoff, effiziente Energiespeicherung, das Management vernetzter Energiesysteme und das Angebot von Beratungs- und Projektentwicklungsdienstleistungen von der Planung bis zum Betrieb
Ostermeier Wasserstoff-Lösungen, München, DE https://ohs.energy/en/	Vertrieb von grünen Wasserstofftechnologien wie Wasserstoffbatterien, Elektrolyseure, Projektberatung für erneuerbare Energien
SFC Energy AG, München, DE https://www.sfc.com/	Produktion von Wasserstoff- und Direktbrennstoffzellen für stationäre, tragbare und mobile Hybrid-Stromversorgungslösungen
Bildung und Forschung	
Don Bosco Solar & Renewable Energy Center, Don Bosco Technical Institut, Tema https://donboscosolar.org/	Pilotstandort für grünen Wasserstoff, Technisches Ausbildungsinstitut in den Bereichen Renewable Energy Engineering und Management, Pilotstandort für grünen Wasserstoff
West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL), Accra https://wascal.org/	Klimaforschung, Kapazitätsaufbau durch Aus- und Weiterbildungsprogramme auf Hochschulniveau, Unterstützung evidenzbasierte Politikgestaltung in den Bereichen Energie, Klima und nachhaltige Landnutzung in Westafrika
Hochschule Bochum, DE https://www.hochschule-bochum.de/en/	Forschung im Bereich dezentrale und regenerative Energiesysteme mit Fokus auf grüne Wasserstofftechnologie für die Energiewende
Universität Rostock, DE https://www.uni-rostock.de/en/	Forschung, Infrastrukturentwicklung und Skalierung der grünen Wasserstofftechnologie und ihrer industriellen Anwendungen
Kwame Nkrumah University for Science and Technology, KNUST, Kumasi https://www.knust.edu.gh/	Technische Hochschule, Standort für Projekt im Bereich grüner Wasserstoff

Universität for Energy and Natural Resources, Sunyani https://uenr.edu.gh/	Hochschule für Energie und Bodenschätze
Internationale Organisationen/Institutionen	
Delegation der Deutschen Wirtschaft in Ghana (AHK Ghana), Accra https://ghana.ahk.de/en	Unterstützung deutscher Unternehmen beim Markteintritt, Teil des globalen AHK-Netzwerkes
Deutsche Botschaft, Accra https://accra.diplo.de/gh-en	Unterstützung nachhaltiger Energie- und Umweltprojekte der Bundesregierung in Ghana
GIZ Ghana, Accra https://www.giz.de/en/worldwide/324.html	Deutsche Gesellschaft für Entwicklungszusammenarbeit, aktiv im Bereich erneuerbare und grüne Energie und Klimaschutz
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft (DEG), DE https://www.deginvest.de/	Bereitstellung von Finanzierungs- und Beratungsdienstleistungen für Unternehmen des privaten Sektors bei Investitionen in Entwicklungs- und Schwellenländern
Stiftung für Klimaschutz und Klimaschutz (Klik), Zürich, CHE https://www.klik.ch/en/	Finanzielle Unterstützung durch den Kauf von Emissionszertifikaten, die aus Klimaschutzinitiativen generiert werden (CO ₂ -Finanzierung)
South Pole, Zürich, CHE https://www.southpole.com/	Spezialisiert auf Projekt- und Technologiefinanzierung, Daten- und Beratung zu Nachhaltigkeitsrisiken sowie Unterstützung und Entwicklung von Gutschriften für Kohlenstoff und erneuerbare Energien (CO ₂ -Finanzierung)

3 SWOT-Analyse: Entwicklung von grünem Wasserstoff in Ghana

SWOT-Analyse: Entwicklung von grünem Wasserstoff in Ghana

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Reichlich vorhandene erneuerbare Energieressourcen • Initiativen für die dezentrale Energieversorgung • Staatliches Engagement für die Energiewende • Internationale Partnerschaften und Finanzierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Produktionskosten • Fehlende Strategie und Regulierungen • Finanzielle Hindernisse • Defizite in der Energieinfrastruktur • Begrenztes lokales Knowhow und qualifizierte Arbeitskräfte • Mangel an bestehendem Absatzmarkt
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Elektrifizierung von netzfernen Gemeinden • Potenzial für industrielle Anwendungen • Export Potenzial • Wachstum der Kohlenstoffmärkten • Öffentlich-private Partnerschaften • Technologische Fortschritte 	<ul style="list-style-type: none"> • Konkurrenz der fossilen Brennstoffe • Konkurrenz zu anderen erneuerbaren, günstigeren Modellen • Fehlender gesetzlicher Rahmen • Risiken der Marktakzeptanz • Makroökonomische Herausforderungen • Belange der Umwelt und Wasserressourcen

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ghana steht an einem Wendepunkt in seiner Energieentwicklung und kann sein Potenzial für erneuerbare Energien zur Förderung dezentraler grüner Wasserstoffsysteme nutzen. Mit hoher Sonneneinstrahlung und Windkraft bietet das Land eine solide Basis für die Elektrolyse. Rund 11 % der Bevölkerung haben keinen Stromzugang, vor allem in abgelegenen Gebieten, wo Mini-Grids durch grüne Wasserstoffsysteme ergänzt werden könnten. Die Industrie benötigt zudem saubere Energiequellen. Während der Wasserstoffverbrauch derzeit gering ist und sich auf Importe beschränkt, könnten dezentrale Lösungen die ländliche Elektrifizierung und die industrielle Dekarbonisierung vorantreiben. Trotz des vielversprechenden Potenzials stehen potenzielle Projektentwickler bei der Implementierung dezentraler grüner Wasserstoffsysteme vor zahlreichen Herausforderungen, unter anderem einem Fachkräftemangel, hohen Produktionskosten, regulatorischer Unsicherheit sowie Infrastrukturdefizite.

Um die Entwicklung der grünen Wasserstoffindustrie in Ghana voranzutreiben, werden folgende Ansätze empfohlen:

- Durchführung gezielter Schulungsprogramme in Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungszentren, um Fachkräfte auszubilden und den Wissenstransfer durch internationale Austauschprogramme zu fördern.
- Senkung der hohen Produktionskosten durch die Nutzung von Fördermitteln, den Aufbau lokaler Lieferketten sowie der Wahl von idealen Standorten mit hoher Sonneneinstrahlung.
- Enge Zusammenarbeit mit den politischen Entscheidungsträgern und öffentlichen Einrichtungen, um die Entwicklung einer nationalen Wasserstoffstrategie und eines Regulierungsrahmens zu unterstützen.
- Überwindung finanzieller Hürden durch hybride Finanzierungsmodelle, Public-Private-Partnerships und innovative Geschäftsmodelle.
- Gezielte Investitionen in netzunabhängige grüne Wasserstoffsysteme, Speicherlösungen und lokale Verteilnetze zur Stärkung der Infrastruktur.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Ghanas reichlich vorhandene erneuerbare Ressourcen, kombiniert mit strategischer Politik, gezielten Investitionen und einer gut ausgebildeten Fachkraftbasis, das transformative Potenzial dezentraler grüner Wasserstoffsysteme freisetzen können. Dieser Ansatz kann die Energiesicherheit stärken, die ländliche Elektrifizierung vorantreiben und eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung fördern – und Ghana somit als Vorreiter in der aufstrebenden grünen Wasserstoffwirtschaft in Westafrika positionieren.

Referenzen

- Africa Development Bank (11. Januar 2023): Ghana - Srep-Mini Grid and Solar PV Net Metering – IPR June 2022, <https://www.afdb.org/en/documents/ghana-srep-mini-grid-and-solar-pv-net-metering-ipr-june-2022>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Azimoh, Chukwuma Leonard/Paul, Babu Sena/Mbohwa, Charles (Oktober 2017): Declining cost of renewable energy technology: An opportunity for increasing electricity access in sub-Saharan Africa, <https://doi.org/10.1109/epec.2017.8286218>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Bukari, D., Kemausuor, F., Quansah, D. A., & Adaramola, M. S. (2021): Towards accelerating the deployment of decentralised renewable energy mini-grids in Ghana: Review and analysis of barriers, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120306961>, letzter Zugriff: 13.5.2025.
- Delegation der deutschen Wirtschaft in Ghana (21. September 2022): PV-Hybrid-Lösungen für die Industrie in Ghana (inkl. Speicher), https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Publikationen/Marktanalysen/2022/zma-ghana.pdf?__blob=publicationFile&v=1, letzter Zugriff: 12.3.2025.
- Energy Commission Ghana (Dezember 2024): Energy Outlook 2025, <https://www.energycom.gov.gh/index.php/planning/sub-codes?download=723:energy-outlook-for-ghana-2025> letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Exportinitiative Umweltschutz (2023): Green Hydrogen for Decentralised Energy Systems in Subsahara-Africa, <https://www.exportinitiative-umweltschutz.de/en/projects/gh2gh>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Exportinitiative Umweltschutz (2024): AHK Ghana H2 Projekt, <https://www.exportinitiative-umweltschutz.de/projekte/ahk-ghana-h2>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Ghana Energy Transition and Investment Plan (2023), <https://www.seforall.org/system/files/2025-05/Ghana-ETIP.pdf>, letzter Zugriff: 19.5.2025.
- Ghana's National Energy Transition Framework (2022), [https://www.energymin.gov.gh/sites/default/files/2022-11/National Energy Transition Framework Abridged Version.pdf](https://www.energymin.gov.gh/sites/default/files/2022-11/National%20Energy%20Transition%20Framework%20Abridged%20Version.pdf), letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Ghana Renewable Energy Masterplan (Februar 2019), <https://faolex.fao.org/docs/pdf/gha208774.pdf>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- Ghana News Agency (20. Juni 2024): Turning sunshine and wind into gold: Ghana can gain from the green hydrogen economy, <https://gna.org.gh/2024/06/turning-sunshine-and-wind-into-gold-ghana-can-gain-from-the-green-hydrogen-economy/>, letzter Zugriff: 5.4.2025.
- GIZ GmbH, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2023): Sector analysis – Ghana, Green hydrogen for the C&I sector, <https://www.giz.de/de/downloads/giz2023-en-h2pep-sector-analysis-ghana.pdf>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- H2Atlas Africa (o.D.): H2 Atlas Tool, <https://africa.h2atlas.de/>, letzter Zugriff: 5.3.2025.
- International Energy Agency IEA (2024): Global Hydrogen Review 2024, <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>, letzter Zugriff 5.5.2025.
- KNUST Kwame Nkrumah University of Science and Technology (2. September 2024): KNUST, Green Power Brains & Don Bosco Solar Secures Grant from SIFA to Implement Smart Renewable Energy Mini-Grid and Green Hydrogen Plant at KNUST Campus, Kumasi, <https://coe.knust.edu.gh/news/news-items/knust-green-power-brains-don-bosco-solar-secures-grant-sifa-implement-smart>, letzter Zugriff: 5.3.2025.

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH/DHI WASY GmbH/Water Science Policy gUG (März 2024): H2O-Studie Brandenburg: Wasserverbrauch im Kontext der Wasserstoffproduktion im Land Brandenburg, https://mwae.brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/Bericht_H2O-Studie_Brandenburg_2024-05-10-Update.pdf, letzter Zugriff: 5.3.2025.

Newborough, Marcus/Cooley, Graham (November 2020): Developments in the global hydrogen market: The spectrum of hydrogen colours, [https://doi.org/10.1016/s1464-2859\(20\)30546-0](https://doi.org/10.1016/s1464-2859(20)30546-0), letzter Zugriff: 5.3.2025.

NOW GmbH (23. März 2023): Green hydrogen technology for decentralized energy systems in Sub-Saharan Africa (GH2GH), <https://www.now-gmbh.de/en/projectfinder/gh2gh/>, letzter Zugriff: 5.3.2025.

Osei, Louis Kwasi/Odoi-Yorke, Flavio/Opoku, Richard (u.a.) Baah, B., Obeng, G. Y., Mensah, L. D., & Forson, F. K. (6. Februar 2024): Techno-economic viability of decentralised solar photovoltaic-based green hydrogen production for Sustainable Energy Transition in Ghana, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277294002400002X>, letzter Zugriff: 5.3.2025.

Statista (März 2024): Total solar energy capacity in Ghana from 2013 to 2023, <https://www.statista.com/statistics/1315609/total-solar-energy-capacity-in-ghana/>, letzter Zugriff: 5.3.2025.

United States Agency for International Development USAID (Oktober 2019): Off-Grid Solar Market Assessment for Ghana, Power Africa Off-grid Project, https://2017-2020.usaid.gov/sites/default/files/documents/1860/PAOP-Ghana-MarketAssessment-Final_508.pdf, letzter Zugriff: 5.3.2025.

USAid Sustainable Water Partnership (August 2021): Water Resources Profile Ghana, https://winrock.org/wp-content/uploads/2021/08/Ghana_Country_Profile_Final.pdf, letzter Zugriff: 5.3.2025.

WASCAL (2022): BMBF funded hybrid waste to energy project valued at 6.2 million Euro commissioned, <https://wascal.org/bmbf-funded-hybrid-waste-to-energy-project-valued-at-6-2-million-euro-commissioned/>, letzter Zugriff: 5.3.2025.

WASCAL (2023): WASCAL - Green hydrogen, <https://wascal.org/greenhydrogen/>, letzter Zugriff: 19.2.2025