

SÜDAFRIKA

Wasserstoffherzeugung, Aufbau eines Green Mini-Grids und Vermarktung von grünen Derivaten

Zielmarktanalyse 2023 mit Profilen der Marktakteure

www.german-energy-solutions.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber

Southern African – German Chamber of Commerce and Industry
Deutsche Industrie- und Handelskammer für das Südliche Afrika
P.O. Box 87078, Houghton, 2041 (Postanschrift)
47 Oxford Road, Forest Town, 2193 (Hausanschrift)
Telefon: +27 (0)11 – 486 2775
Fax: +27 (0)11 – 486 3625
E-Mail: info@germanchamber.co.za
Webseite: www.germanchamber.co.za

Kontaktpersonen

Jens Hauser
jHauser@germanchamber.co.za

Stand

November 2023

Gestaltung und Produktion

Themba Msimang
Jens Hauser
Carolina Harbs

Bildnachweis

AHK für das südliche Afrika

Redaktion

Jens Hauser

Urheberrecht

AHK für das südliche Afrika

Haftungsausschluss

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers. Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

EXECUTIVE SUMMARY

Die folgende Zielmarktanalyse stellt eine Projektopportunität im Bereich grüne Wasserstoffproduktion in Südafrika sowie die grundlegenden Rahmenbedingungen für die Projektumsetzung vor. Allgemeine Länderinformationen und weitere Informationen zum Energiemarkt sind auf der Seite der [Exportinitiative Energie](#) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und dem [Africa Business Guide](#) erhältlich.

Die Projektopportunität besteht darin, wasserstoffbasiertes Methanol im industriellen Maßstab herzustellen. Neben dem Export von grünem Methanol soll die Wasserstoff- und Methanolproduktion auch weitere PTX-Anwendungen fördern, u.a. Spitzenlast- / Notstromversorgung in Industrieparks über Re-Elektrifizierung von Wasserstoff/Methanol). Der Standort der Projektopportunität liegt in der Vaal Region, rund 70 km südöstlich von Johannesburg. Die Entfernung zum möglichen Exporthafen von eThekweni (Durban) beträgt rund 500 km. Der Projektstandort ist über Zugverbindung und Autobahn gut in die industriell starke Provinz Gauteng eingebunden (Optionen für lokalen Methanolverbrauch). Auch die Verkehrsanbindung in Richtung Durban ist gegeben.

Die Realisierung der Projektopportunität soll in Phasen erfolgen. Die Verfügbarkeit von Wasser und Kohlenstoff am Projektstandort ist gegeben, da die Systemarchitektur vorsieht, in Phase 1 Kläranlagenschlamm aus einer benachbarten Kläranlage als Kohlenstoffquelle zu nutzen. Nach ersten Schätzungen kann in Phase 1 eine tägliche Methanolproduktion von rund 55 Tonnen erreicht werden (ca. 17.000 Tonnen Methanol / Jahr).

Hinsichtlich der Planung, dem Bau und Betrieb von industrieller Wasserstoffinfrastruktur bestehen bei dem südafrikanischen Projektentwickler keine fundierten Kenntnisse und/oder Erfahrungen. Gesucht wird daher ein Projektkonsortium, welches in der Lage ist, vor Ort den Aufbau einer integrierten Methanolwertschöpfungskette umzusetzen.

Von Seiten der AHK für das südliche Afrika werden die Chancen für die Realisierung der Projektopportunität positiv bewertet. Die im Vergleich zu anderen potentiellen H₂-Exportländern relativ niedrigen Produktionskosten für grünen Wasserstoff und Methanol, gekoppelt mit dem erwarteten Nachfragewachstum, lassen Investitionen in grünen Wasserstoff in Südafrika und damit auch die Projektopportunität wirtschaftlich interessant erscheinen. Zudem ist der Projektansatz am Standort skalierbar und kann im Land repliziert werden.

Südafrika ist bereits seit dem Jahr 2008 mit eigenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich „grüner Wasserstoff“ aktiv. Im Vergleich zu anderen Ländern mit Exportpotential für grünen Wasserstoff verfügt Südafrika über einige komparative Vorteile, die das Land strategisch positionieren, um erfolgreich am Markt für grünen Wasserstoff zu partizipieren. Bis zum Jahr 2050 soll eine integrative, nachhaltige, wettbewerbsfähige und exportorientierte Wasserstoffwirtschaft entstehen.

Realistische Szenarien sehen ein Produktionspotential von jährlich rund 3,8 Mio. Tonnen grüner Wasserstoff. Bis zum Jahr 2030 könnten bereits Kapazitäten von jährlich rund 0,75 Mio. Tonnen realisiert werden. Zahlreiche initiale Wasserstoffprojekte befinden sich bereits in verschiedenen Phasen der Umsetzung. Die Herstellung von grünem Ammoniak, Methanol und synthetischen Kraftstoffen werden als attraktive, erste Projektansätze erachtet, die Südafrika auf den Weg in eine grüne Wasserstoffwirtschaft führen können. Vorteile dieser Produkte umfassen dabei: Exportpotential und lokaler Bedarf, Skalierbarkeit, Möglichkeit zur Einbindung der lokalen Wirtschaft. Der regulatorische Rahmen für grünen Wasserstoff steckt jedoch noch in den Kinderschuhen.

Die Ausgangslage für deutsche Firmen ist generell positiv, um erfolgreich am wachsenden Markt für grünen Wasserstoff in Südafrika teilzunehmen. Deutsche Firmen nehmen bereits die führende Position als Lieferanten für Anlagentechnik und Maschinen ein. Der deutsche Wissensvorsprung im Bereich alternativer Energiesysteme und grüner Technologie ist den südafrikanischen Unternehmen bewusst und deutsche Technologie wird im Land aufgrund der hohen Qualität geschätzt.

Im Bereich grüner Wasserstoff und nachhaltige Energieversorgung weist Südafrika eine hohe Importabhängigkeit auf. Diese bietet Marktchancen für deutsche Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungsketten.

Inhaltsverzeichnis

EXECUTIVE SUMMARY.....	i
I. Tabellenverzeichnis.....	iii
II. Abbildungsverzeichnis.....	iii
III. Abkürzungen.....	iv
1. Projektopportunität – Projektziel und -rahmen.....	1
2. Zielgruppe innerhalb der deutschen Industrie und Energiebranche.....	3
3. Projekt- und Wettbewerbsumfeld.....	5
3.1 Südafrikas Potential für Wasserstoffproduktion und komparative Vorteile.....	5
3.2 Südafrikas Ziele im Hinblick auf grünen Wasserstoff.....	6
3.3 Initiale Projekte im Bereich der Wasserstoffwirtschaft.....	7
3.4 Deutsch-Südafrikanische Wasserstoff-Kooperation und Förderung.....	8
4. Wirtschaftliche Machbarkeit des Projektansatzes.....	10
5. Technische Lösungsansätze.....	12
5.1 Strom-, Wasser- und Kohlenstoffbereitstellung.....	12
5.2 Elektrolyse.....	13
5.3 Derivatsynthese und Logistik.....	14
6. Relevante rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	15
6.1 Sozioökonomische Situation und Investitionsklima.....	15
6.2 Wirtschaftliche und politische Kooperation mit Deutschland.....	17
6.3 Regulatorischer Rahmen für grünen Wasserstoff.....	18
6.4 Erneuerbare Energien.....	19
6.5 Hemmnisse und Herausforderungen für den Ausbau von Wasserstoff.....	20
7. Umsetzungsoptionen.....	21
8. Schlussbetrachtung und SWOT-Analyse.....	22
Profile der Marktakteure.....	23
Quellenverzeichnis.....	29

I. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Relevante Förderinstrumente für deutsche H ₂ -Privatsektoraktivitäten in Südafrika	9
Tabelle 2: Kennzahlen alkalische vs. PEM-Elektrolyse.....	13
Tabelle 3: Herausforderungen und Stärken der südafrikanischen Volkswirtschaft	16
Tabelle 4: Übersicht der Genehmigungsprozesse für grünen Wasserstoff	18
Tabelle 5: SWOT-Analyse grüner Wasserstoff in Südafrika	22

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standort der Projektopportunität.....	1
Abbildung 2: Projektstruktur und gesuchte Konsortialpartner für die Umsetzung	3
Abbildung 3: Vereinfachte Wertschöpfungskette grüner Wasserstoff.....	4
Abbildung 4: Südafrikas Vorteile für die Produktion, Verarbeitung und den Export von grünem Wasserstoff	6
Abbildung 5: Ziele der südafrikanischen Wasserstoffstrategie "Hydrogen Society Roadmap"	7
Abbildung 6: Übersicht der 9 Wasserstoffprojekte, die Unterstützung als Strategic Integrated Projects erhalten	8
Abbildung 7: Wasserstoffkosten ausgewählter Länder 2030, bei hybrider Versorgung mit PV und Windkraft	10
Abbildung 8: REIPPPP-Bieterpreise von 2011-2021	11
Abbildung 9: Schema der geplanten Wasserstoff- und Derivateproduktion und dessen Verwendung	12
Abbildung 10: Südafrika mit den neun Provinzen	15
Abbildung 11: Geplanter Zeitstrahl der Projektumsetzung.....	21

III. Abkürzungen

AEL	alkalische Elektrolyse
ANC	African National Congress
BEE	Black Economic Empowerment
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft & Klima
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CSP	Concentrated Solar Power
DAC	Direct Air Capture
EE	Erneuerbare Energien
EPC	Engineering, Procurement and Construction
EU	Europäische Union
EUR	Euro
GeFP	Green eFuels Producers
GIZ	Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit
GTAI	Germany Trade & Invest
GTL	Gas-to-Liquid
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
H₂	Wasserstoff
HSRM	Hydrogen Society Roadmap
HySA	Hydrogen South Africa Initiative
IDC	Industrial Development Corporation (südafrikanische Entwicklungsbank)
IPP	Independent Power Producer (private, gewerbliche Stromerzeuger)
IRP	Integrated Resource Plan
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kWh	Kilowattstunde
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NEMA	National Environmental Management Act
NERSA	National Energy Regulator of South Africa (Nationale Regulierungsbehörde)
PEM	Proton Exchange Membrane Elektrolyse
PGM	Platinmetalle
PJ	Petajoule
PPP	Public-Private-Partnership (Öffentlich-private Partnerschaft)
PtX	Power-to-X
PV	Photovoltaik
REIPPPP	Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Program
SADC	Southern African Development Community
SEZ	Sonderwirtschaftszone
SIP	Strategic Integrated Project
USD	United States Dollar
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
ZAR	South African Rand

1. Projektopportunität – Projektziel und -rahmen

In Emfuleni, einer Gemeinde in der Provinz Gauteng und südlich von Johannesburg gelegen, entsteht auf rund 700 Hektar die Vaal Special Economic Zone (SEZ¹). In der Vaal SEZ soll vor allem Industrie aus den Bereichen „grüne Technologien“ und Wasserstoff angesiedelt werden, und erste Firmen aus diesen Bereichen haben auch bereits in der SEZ investiert.²

Projektopportunität

Die südafrikanischen Projektentwickler Libalele Energy und GeFP (Green eFuels Producers) haben sich in der Vaal SEZ 30 Hektor Industriefläche für die Wasserstoff- und Methanolproduktion gesichert. Die Produktion von grünem Methanol in der Vaal SEZ soll dabei der Grundstein für einen *Methanolkorridor* sein, der sich entlang von stationären CO₂-Quellen und lokalen Abnahmemöglichkeiten in Richtung der Hafenstadt Durban erstrecken soll.

Die gegenwärtige, konkrete **Projektopportunität** besteht darin, **wasserstoffbasiertes Methanol im industriellen Maßstab herzustellen**. Neben dem Export von grünem Methanol soll die Wasserstoff- und Methanolproduktion auch weitere PtX-Anwendungen fördern, u.a. Spitzenlast- / Notstromversorgung in Industrieparks über Re-Elektrifizierung von Wasserstoff/Methanol). Die Realisierung der Projektopportunität soll in Phasen erfolgen. Für Phase 1 bedeutet dies:

- einen PV-Park von 50MW zu errichten;
- eine Methanolsynthese aufzubauen, die Kläranlagenschlamm als Bioquelle für CO₂ nutzt;
- grünes Methanol über den Hafen in eThekweni (Durban) zu exportieren; und
- eine intelligente Systemsteuerung zu implementieren, die PtX-Anwendungen mit unterstützt.

Der **Standort des Projektes** liegt in der Vaal Region, rund 70 km südöstlich von Johannesburg. Die Entfernung zum möglichen Exporthafen von eThekweni (Durban) beträgt rund 500 km. Der Projektstandort ist über Zugverbindung und Autobahn gut in die industriell starke Provinz Gauteng eingebunden (Optionen für lokalen Methanolverbrauch). Auch die Verkehrsanbindung in Richtung Durban ist gegeben.

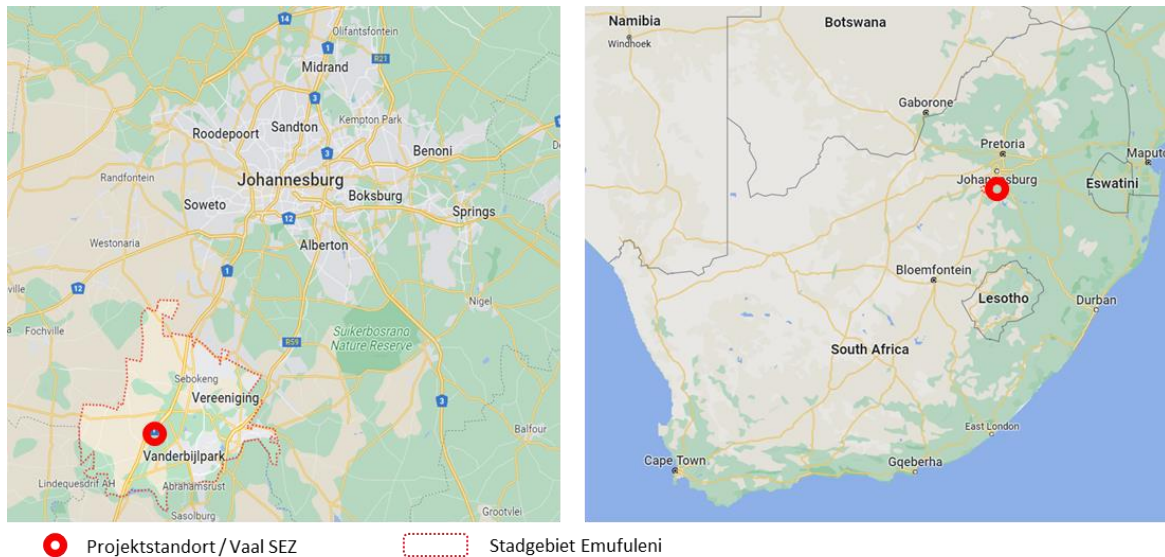


Abbildung 1: Standort der Projektopportunität

Quelle: Eigene Darstellung AHK, nach Google Maps (2023)

Die Fläche für die Methanolproduktion ist im Besitz der Vaal SEZ, die in öffentlicher Hand liegt, und wurde bereits für das Vorhaben reserviert. Direkt neben dem Industriepark hat der Stahlhersteller ArcelorMittal ca. 250 ha Land bereitgestellt,

¹ SEZ = Sonderwirtschaftszone, in der rechtliche und administrative Erleichterungen für Investoren bestehen

² (Engineering News, 2023)

auf denen ein Solarpark für die EE-Stromversorgung der Wasserstoff- und Methanolproduktion realisiert werden kann. Die speziellen Genehmigungen für die Bebauung der Flächen im und neben dem Industriepark werden von der Vaal SEZ, der Gemeindeverwaltung und Provinzregierung von Gauteng positiv unterstützt.

Insgesamt könnten am Projektstandort über 100.000 Tonnen Methanol im Jahr produziert werden, wobei in der Skalierung nach Phase 1 Solar- und Windstrom von externen Anbietern eingekauft und über das öffentliche Stromnetz zum Projektstandort durchgeleitet (Wheeling) werden muss.

Die **Verfügbarkeit von Wasser und Kohlenstoff** am Projektstandort ist gegeben, da die Systemarchitektur vorsieht, in Phase 1 Kläranlagenschlamm aus einer benachbarten Kläranlage als Kohlenstoffquelle zu nutzen. Das effektive Verfahren liefert Wasser, CO₂ und Wärme in die Methanolproduktion (Circular Process Architecture).

Nach ersten Schätzungen kann in Phase 1 eine tägliche Methanolproduktion von rund 55 Tonnen erreicht werden (ca. 17.000 Tonnen Methanol / Jahr). Dieser Schätzung liegen folgende Annahmen zu Grunde:³

- 40 MW AEL Elektrolyse;
- Kläranlagenschlamm als CO₂-Quelle;
- 7 Stunden Produktionslaufzeit / Tag;
- 85% Anlagenverfügbarkeit über das Jahr.

Für eine genaue Bestimmung der möglichen Produktionsmengen, technische Planung und die tatsächliche Umsetzung der Projektopportunität müssen Maßnahmen und Aktivitäten erfolgen, welche die technischen Kapazitäten des Projektentwicklers GeFP übersteigen, u.a.:

- Machbarkeitsstudie, welche die Kosten des Projektes und Endproduktes taxiert;
- Technische Planung und Auslegung der Wasserstoff- und Methanolproduktion sowie der generellen benötigten Infrastruktur am Projektstandort;
- Entwicklung der Logistik: Lagerung, Transport zum Hafen in eThekweni (Durban);
- Verhandlung mit potentiellen, internationalen Off-Takern / Käufern; und
- Finanzierungskonzept.

Generell ist die **Ausgangslage für die Realisierung der Projektopportunität positiv**. Der Initiator der Projektopportunität (Libalele Energy) und die südafrikanische Projektentwicklungsgesellschaft GeFP verfügen über langjährige Erfahrungen in der Entwicklung und Umsetzung von Infrastrukturmaßnahmen im Land. Auch hat GeFP ein Memorandum of Understanding (MoU) mit dem Gauteng Department of Economic Development (GDED) unterschrieben. Zielsetzung dieser politischen Flankierung durch die Provinzregierung von Gauteng ist u.a., die geplante Methanolproduktion sowie den Methanolproduktionskorridor als *Strategic Infrastructure Project* (SIP) der südafrikanischen Regierung zu registrieren. Durch den SIP-Status würden dem Projekt zusätzliche, öffentliche Unterstützungsmaßnahmen bereitgestellt – z.B. beschleunigte Genehmigungsverfahren.

Die südafrikanische Regierung erachtet den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft als Chance für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung des Landes und unterstützt auch privatwirtschaftliche Maßnahmen in diese Richtung aktiv. Die südafrikanische Wasserstoffstrategie – die *Hydrogen Society Roadmap* (HSRM) – zielt explizit auf den Export von Wasserstoff bzw. daraus hergestellten Derivaten ab, hat aber auch die Dekarbonisierung der lokalen Wirtschaft mittels Wasserstoff im Blick. Beide strategischen Ziele werden durch die Projektopportunität und den Methanolkorridor direkt bedient.

Südafrika verfügt über eine diversifizierte Industrie – CO₂-Quelle und Möglichkeit lokale H₂-Nutzung – sowie über Rahmenbedingungen, die es Investitionsprojekte im Land generell ermöglichen auch internationale Finanzierung zu erhalten.⁴

Die Chancen für die Realisierung der Projektopportunität werden daher von Seiten der AHK für das südliche Afrika mit gut bewertet. Informationen zum Projektumfeld und den sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen werden in den Abschnitten 3 und 6 detaillierter erläutert.

³ (Heinermann, 2023)

⁴ (Allianz Trade, 2023)

2. Zielgruppe innerhalb der deutschen Industrie und Energiebranche

Die Gesellschafter, einschließlich dem Projektinitiator Libalele Energy, der Green eFuels Producers Holdings (Pty) Ltd. (GeFP), verfügten bereits über langjährige Erfahrung in der Entwicklung, Umsetzung und dem Betrieb von großen Solar- und Infrastrukturprojekten.

Hinsichtlich der Planung, dem Bau und Betrieb von industrieller Wasserstoffinfrastruktur bestehen im südafrikanischen Team keine fundierten Kenntnisse und/oder Erfahrungen. Gesucht wird daher **ein Projektkonsortium, welches in der Lage ist, vor Ort den Aufbau einer integrierten Methanolwertschöpfungskette umzusetzen.**

Die Beteiligung/Einbindung der einzelnen Konsortiumsmitglieder an der Umsetzung der Projektopportunität ist dabei von den Interessen der beteiligten Akteure abhängig. Neben der technischen Expertise wäre auch eine frühe Einbeziehung von möglichen Abnehmern (Off-Taker) und Projektspensoren bzw. Akteuren aus dem Finanzbereich in das Konsortium denkbar.⁵

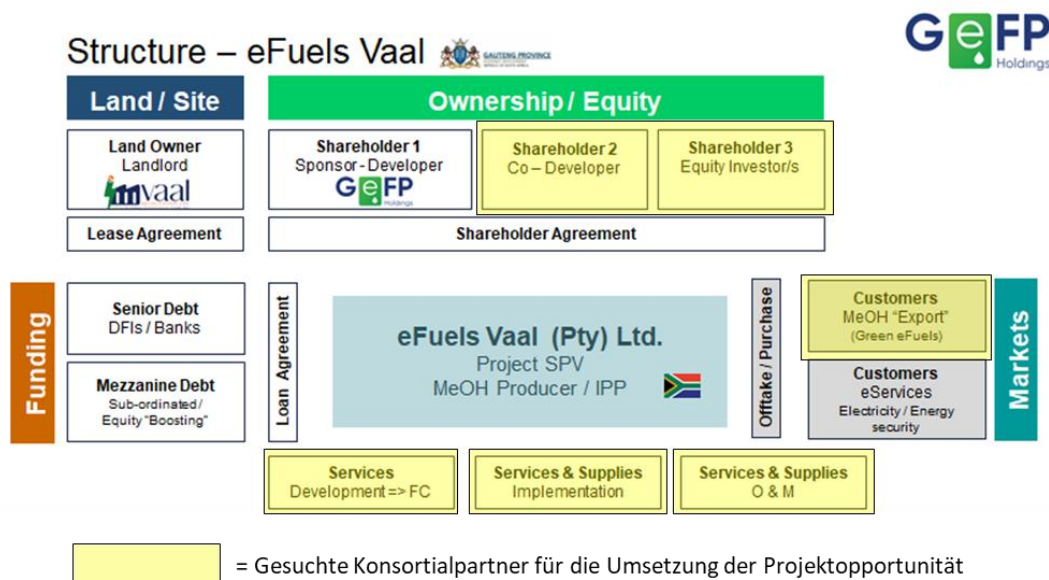


Abbildung 2: Projektstruktur und gesuchte Konsortialpartner für die Umsetzung

Quelle: (Heinermann, 2023)

Der **Konsortialansatz ermöglicht** dabei aus Unternehmen, die lediglich einzelne Arbeitsbereiche bzw. Anforderungen der Projektopportunität abdecken, **ein Anbierteam zu formen**, das ganzheitliche, integrierte Umsetzungskonzepte für Wasserstoffprojekte bietet. Damit erhöht der Konsortialansatz die Wettbewerbschancen für KMU, die oft auf komplementäre und ergänzende Arbeitsleistungen angewiesen sind, um ihre Produkte und Dienstleistungen in Projekten platzieren zu können.⁶

Neben der konkreten Projektopportunität könnte dieses Anbierteam auch weitere Geschäftsmöglichkeiten in der sich entwickelnden südafrikanischen Wasserstoffwirtschaft – weitere Details dazu in Abschnitt 3 – gemeinsam angehen.

Denn die Ausgangslage für deutsche Firmen ist generell positiv, um erfolgreich an der entstehenden Wasserstoffwirtschaft in Südafrika zu partizipieren. Deutsche Firmen nehmen bereits die führende Position als Lieferanten für Anlagentechnik und Maschinen ein. Deutsche Technologie wird im Land aufgrund der hohen Qualität geschätzt.

⁵ (Heinermann, 2023)

⁶ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2019)

Im Bereich der Herstellung von grünem Wasserstoff weist Südafrika eine hohe Importabhängigkeit auf. Die Fertigung von Technologie für grünen Wasserstoff, z.B. Elektrolyseure, erfolgt im Land nicht bzw. befinden sich angehende lokale Produkte erst in der vorkommerziellen Testphase. Dies bietet Marktchancen für deutsche Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Das gilt insbesondere im Hinblick auf die Elektrolyse, den Anlagenbau und die Betriebsoptimierung.

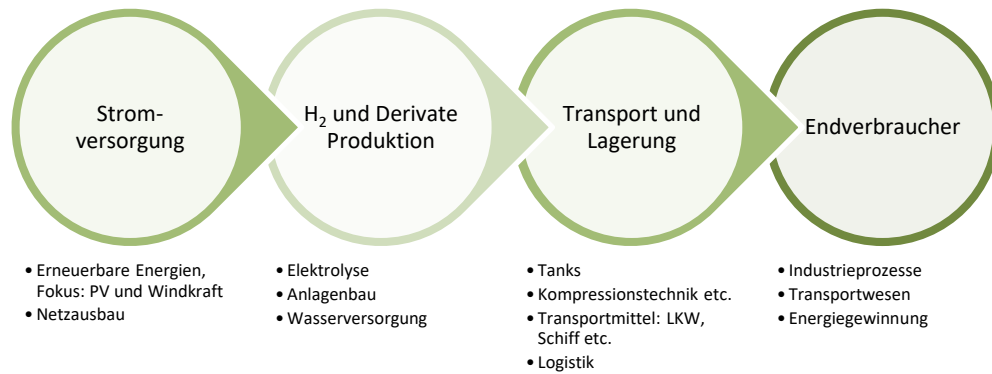


Abbildung 3: Vereinfachte Wertschöpfungskette grüner Wasserstoff

Quelle: Eigene Darstellung AHK für das südliche Afrika

Marktchancen bestehen insbesondere für deutsche Unternehmen mit den folgenden Angeboten und Interessen:

- Komponenten- und Technologielieferanten im Bereich der erneuerbaren Energien und liberalisierten Strommärkte (Hard- und Software), vor allem PV und Windkraft;
- Technologie und Services für Elektrolyse, inklusive anhängige Technologien, z.B. Pumpen, Kompressoren, Wasseraufbereitung;
- Anlagenbau im Bereich Chemie und H₂-Lagerung und -Transport;
- Investoren, unabhängige Stromproduzenten (IPPs), Entwickler und Betreiber von H₂-Projekten mit Eigenkapital und
- Abnehmer/Off-Taker von grünem Wasserstoff und darauf basierenden Produkten.

Die Zusammenarbeit mit südafrikanischen Partnern bzw. Partnern mit Erfahrung in Südafrika ist generell empfehlenswert. Neben den Kenntnissen zu landesspezifischen Regelungen ist vor allem das Netzwerk wichtig, um Projektakquise und -entwicklung, welche sich langwierig gestalten kann, erfolgreich zu betreiben.

3. Projekt- und Wettbewerbsumfeld

Die industrielle Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff ist kein neues Thema für Südafrika. Gegenwärtig produziert Südafrika bereits rund 3% des weltweiten Bedarfs an Wasserstoff (80 Mio. Tonnen Jahresbedarf). Jedoch wird dieser Wasserstoff hauptsächlich aus Erdgas, mittels Dampfreformierung, hergestellt. Hauptproduzent dieses „grauen Wasserstoffes“ in Südafrika ist die Firma Sasol.⁷

Südafrika ist aber auch bereits seit dem Jahr 2008 mit eigenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich „grüner Wasserstoff“ aktiv. Das Land möchte seine komparativen Vorteile hinsichtlich der Produktion von grünem Wasserstoff nutzen, um bis zum Jahr 2050 eine integrative, nachhaltige, wettbewerbsfähige und exportorientierte Wasserstoffwirtschaft auszubilden. In Anbetracht der prognostizierten weltweiten Nachfrage nach grünem Wasserstoff erhofft sich Südafrika durch den Export deutliche wirtschaftliche Impulse – vor allem im Bereich der Arbeitsplatzschaffung, der Investitionen und der Abkehr von fossilen Brennstoffen.⁸

3.1 Südafrikas Potential für Wasserstoffproduktion und komparative Vorteile

Südafrika hat das Potential große Mengen grünen Wasserstoff und/oder auf grünem Wasserstoff basierende, chemische Produkte herzustellen und zu exportieren. Wenn 1% der Landesfläche exklusiv für die Wasserstoffproduktion zur Verfügung gestellt würde, könnten rund 10 Mio. Tonnen grünen Wasserstoffs jährlich erzeugt werden.⁹

Ambitionierte, jedoch realistische Szenarien sehen ein Produktionspotential von jährlich rund 3,8 Mio. Tonnen grünen Wasserstoffes. Bis zum Jahr 2030 könnten bereits Kapazitäten von jährlich rund 0,75 Mio. Tonnen realisiert werden.¹⁰ Zur Produktion dieser grünen Wasserstoffmenge müssten in Südafrika je rund 36 GW Windkraft und Photovoltaik zusätzlich errichtet werden.¹¹

Im Vergleich zu anderen Ländern mit Exportpotential für grünen Wasserstoff verfügt Südafrika über einige komparative Vorteile, die das Land in Summe in eine aussichtsreiche Position bringen, erfolgreich am sich entwickelnden Markt für grünen Wasserstoff zu partizipieren.

Unter anderem besitzt Südafrika ausreichend Fläche, die keiner konkurrierenden Nutzung unterliegt, um die notwendigen Kapazitäten an erneuerbaren Energien für Elektrolyse zu errichten. Das Gesamtpotential für erneuerbare Energien in Südafrika wird auf 922 GW taxiert – überwiegend Onshore-Wind und Solar. Davon werden nur 150 GW benötigt, um den Strombedarf des Landes im Jahr 2050 klima-neutral zu decken. Damit verbleibt ein riesiges EE-Potential für den Einsatz in anderen Bereichen. Zudem sind die Kosten für die Erzeugung von EE-Strom gering, im Mittel um 30 EUR je MWh.

Die Verfügbarkeit von Wasser ist ebenfalls gegeben, wenn man in Betracht zieht, dass der Wasserbedarf für die jährliche Herstellung von 10 Mio. Tonnen grünem Wasserstoff lediglich rund 30% dessen beträgt, was gegenwärtig für die lokale Kohleverstromung verbraucht wird. Zudem könnte grüner Wasserstoff auch mit entsalztem Meerwasser hergestellt werden, da die Entsalzung die Kosten für die Herstellung von grünem Wasserstoff nicht wesentlich erhöhen würde.¹²

Südafrika verfügt zudem bereits über langjährige Erfahrung im Bereich der Wasserstoffherstellung und -verarbeitung, die industrielle Infrastruktur dafür sowie über Kenntnisse im Bereich des Baues und der Betriebsführung von Wasserstoffanlagen. Zum Beispiel besitzt der südafrikanische Chemiekonzern Sasol ein einzigartiges und patentiertes Fischer-Tropsch-Verfahren, das Südafrika einen Wettbewerbsvorteil bei der Herstellung von synthetischen Kraftstoffen auf der Grundlage von Wasserstoff verschafft.¹³

⁷ (Mail & Guardian, 2021)

⁸ (Daily Maverick, 2022)

⁹ (Engineering News, 2021)

¹⁰ (IHS Markit, 2021)

¹¹ (European Commission, 2022a)

¹² (Engineering News, 2021)

¹³ (Roos (CSIR), 2021)

Die Vorteile Südafrikas im Hinblick auf die Teilhabe an der sich entwickelnden internationalen Wasserstoffwirtschaft umfassen:

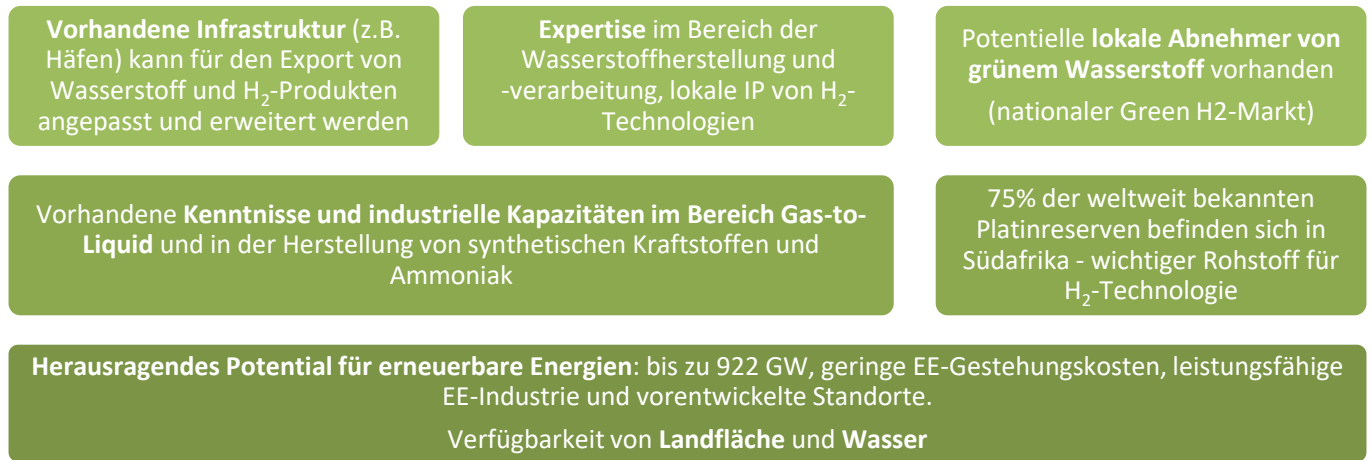


Abbildung 4: Südafrikas Vorteile für die Produktion, Verarbeitung und den Export von grünem Wasserstoff

Quelle: Darstellung AHK, (Roos (CSIR), 2021), (Engineering News, 2021), (IHS Markit, 2021)

Wenn Südafrika seine Vorteile im Bereich Wasserstoffproduktion zügig ausspielt, kann das Land wirtschaftlich extrem profitieren. Bei einem Anteil von 5-10% am entstehenden weltweiten Exportmarkt für grünen Wasserstoff könnte Südafrika jährlich bis zu 160 Mrd. EUR Exporterlöse erzielen. Der Aufbau und Betrieb einer Wasserstoffwirtschaft würde bis zum Jahr 2050 zu 370.000 neuen Arbeitsplätzen, sektor- und regionenübergreifend, führen.¹⁴

3.2 Südafrikas Ziele im Hinblick auf grünen Wasserstoff

Als Bestandteil der *Research, Development, and Innovation Strategy* Südafrikas wurde bereits im Jahr 2008 das Programm Hydrogen South Africa (HySA) initiiert. Von Beginn an zielte HySA darauf ab, südafrikanische Produkte und Patente zu entwickeln und Wissen und Kapazitäten aufzubauen, um die südafrikanische Teilhabe an den sich entwickelnden Märkten für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie entlang der gesamten Wertschöpfungsketten sicherzustellen. Dabei hatte die südafrikanische Regierung vor allem die zukünftige Nutzung von Platinmetallen (PGM) im Blick, da Südafrika über mehr als 75% der weltweit bekannten PGM-Reserven verfügt.¹⁵

Mit dem aufkommenden internationalen Interesse an grünem Wasserstoff sollen nun die Ergebnisse von HySA kommerzialisiert werden. Erste privatwirtschaftliche Initiativen und Projekte für die Produktion von grünem Wasserstoff befinden sich bereits in verschiedenen Phasen der Entwicklung bzw. Umsetzung. Nun müssen auch die notwendigen Rahmenbedingungen verbessert werden, um das Entstehen einer südafrikanischen *Hydrogen Economy* zu fördern und weitere Investitionen von Seiten der Privatwirtschaft zu ermöglichen.

Die südafrikanische Regierung hat daher im September 2021 die Hydrogen Society Roadmap (HSRM) verabschiedet.

Der 70 Schlüsselaktivitäten umfassende Plan soll alle Akteure im Bereich der Wasserstoffwirtschaft (Politik, Forschung, Wirtschaft) zusammenführen, um die Teilhabe Südafrikas an einer globalen Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen und den daraus resultierenden sozio-ökonomischen Nutzen für das Land zu maximieren. Dabei streben die Aktivitäten die folgenden fünf Oberziele an:

¹⁴ (News24, 2021)

¹⁵ (HySA Systems, 2022)



Abbildung 5: Ziele der südafrikanischen Wasserstoffstrategie "Hydrogen Society Roadmap"

Quelle: (South African Government, 2022)

Die Umsetzung der HSRM soll teils durch initiale öffentlich-private Partnerschaftsprojekte (z.B. Hydrogen Valley, Abschnitt 3.3) erfolgen, jedoch maßgeblich durch Investitionen von Seiten des Privatsektors getragen werden. Die Schaffung der dafür notwendigen, förderlichen Rahmenbedingungen sind eine prioritäre Aktivität der HSRM.¹⁶

3.3 Initiale Projekte im Bereich der Wasserstoffwirtschaft

Aufgrund des hohen Produktionspotentials und den komparativen Vorteilen für die grüne Wasserstoffproduktion, den initialen Maßnahmen der südafrikanischen Regierung sowie der sich entwickelnden globalen Nachfrage nach grünem H₂ befinden sich rund achtzehn „First Mover-“/Pionierprojekte im industriellen Maßstab in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Neun von diesen Projekten wurden von der südafrikanischen Regierung zu strategisch integrierten Projekten (SIP) erklärt – 11 weitere Projekte sollen alsbald zu SIPs erklärt werden. SIPs erhalten seitens der Regierung Priorität, d.h. beschleunigte Genehmigungsverfahren, Unterstützung und etwaige Förderung. Dabei zielen die Projekte sowohl auf den Export von grünem Wasserstoff und darauf basierenden Produkten ab als auch auf die lokale Nutzung in Südafrika.¹⁷ Die Projekte werden überwiegend von südafrikanischen Entwicklern, oft aus dem Bereich der erneuerbaren Energien, und Gesellschaften angeführt, jedoch in Partnerschaft mit internationalen Firmen. Auch deutsche Akteure befinden sich unter diesen „Pionieren“, u.a. Enertrag und Linde.

Die Herstellung von grünem Ammoniak, synthetischen Kraftstoffen, Methanol und grünem Stahl werden in diesem Zusammenhang als attraktive erste Projekte erachtet, die Südafrika auf den Weg in eine grüne Wasserstoffwirtschaft führen können. Die Vorteile dieser Produkte umfassen dabei: Exportpotential und lokaler Bedarf, Skalierbarkeit, Möglichkeit zur Einbindung der lokalen Wirtschaft.¹⁸

Im Auftrag der KfW hat das südafrikanische Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) im Jahr 2021 initiale Projekte im Bereich der grünen Wasserstoffherstellung in Südafrika erfasst und bewertet. Insgesamt wurden 55 Projekte identifiziert, von denen 20 Projekte als ernsthafte und interessante Maßnahmen angesehen wurden.¹⁹

Die relativ hohe Anzahl an Projektansätzen verdeutlicht die Bereitschaft, die sich bietenden Potentiale in einem neuen, internationalen Markt zu nutzen.

Die folgende Abbildung stellt die 9 Wasserstoffprojekte vor, die bisher von Infrastructure South Africa (ISA) als SIPs eingestuft wurden. 11 weitere Projekte sollen folgen, darunter u.a. die industrielle Fertigung von H₂-Technologie, ein Green Steel-Projekt in der Provinz Westkap sowie ein e-Methanol-Projekt im Ostkap.²⁰

¹⁶ (South African Government, 2022)

¹⁷ (Creamer, 2023)

¹⁸ (IHS Markit, 2021)

¹⁹ (Roos (CSIR), 2021)

²⁰ (Department of Public Works and Infrastructure, 2022)

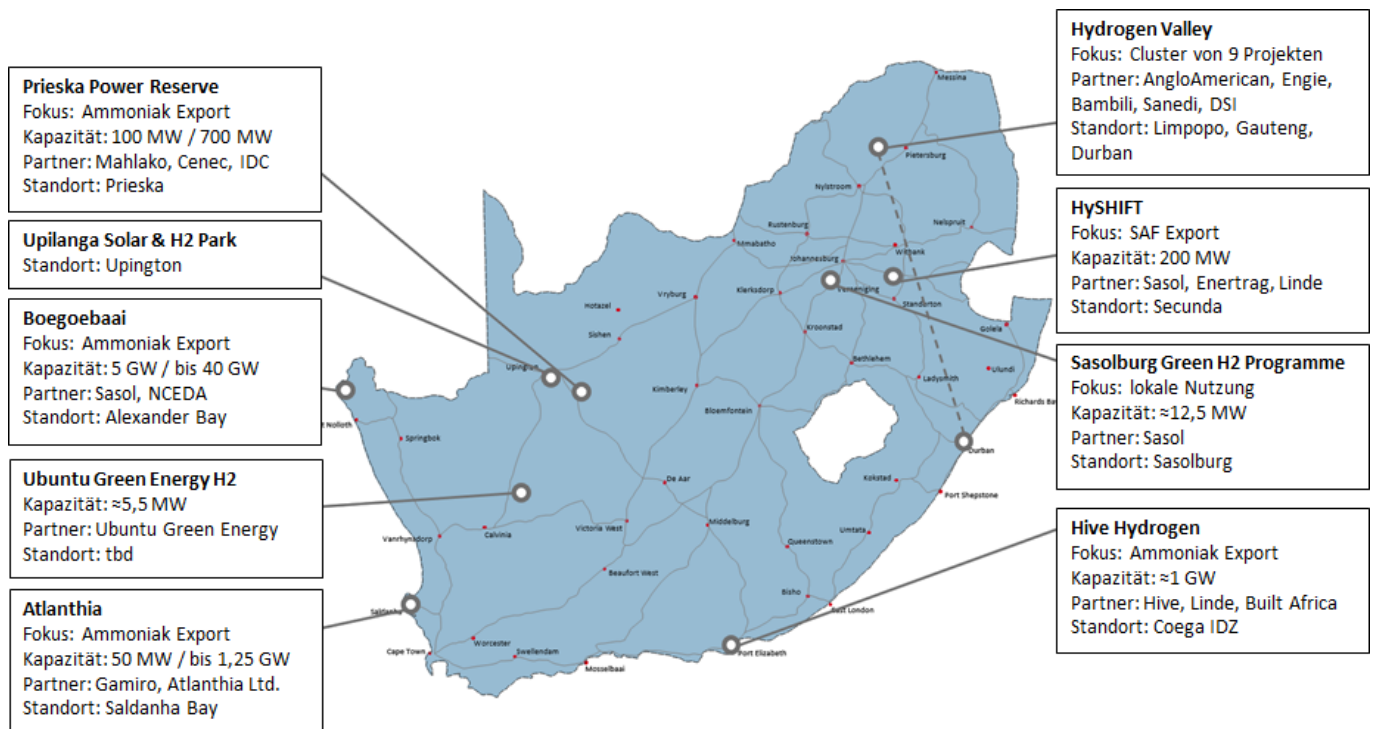


Abbildung 6: Übersicht der 9 Wasserstoffprojekte, die Unterstützung als Strategic Integrated Projects erhalten

Quelle: (Department of Public Works and Infrastructure, 2022)

3.4 Deutsch-Südafrikanische Wasserstoff-Kooperation und Förderung

Südafrika erkennt den Bedarf an internationalen Partnerschaften für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft und kooperiert bei dem Thema eng mit Deutschland. Im Rahmen mehrerer Programme unterstützt Deutschland Südafrika aktiv, Wasserstoff-Technologien in die Anwendung zu bringen. Die öffentliche Unterstützung umfasst dabei sowohl die politische und technische Kooperation (Deutsch-Südafrikanische Energiepartnerschaft, H2.SA), wissenschaftliche Zusammenarbeit, Finanzierung über die KfW Entwicklungsbank als auch den Markthochlauf durch H₂-Abnahmegenerierung.

Auf politischer Ebene besteht eine Kooperationsvereinbarung für grünen Wasserstoff mit dem Ziel die Produktion und Nutzung von grünem Wasserstoff in beiden Ländern möglichst schnell zu skalieren. Die Kooperation wird mit rund 30 Mio. EUR aus der Internationalen Klimaschutzinitiative gefördert. Unter der bestehenden Deutsch-Südafrikanischen Energiepartnerschaft wurde für die Umsetzung der Zusammenarbeit eine Wasserstoff-Task Force eingerichtet.²¹

Kooperations- und Unterstützungsinstrumente für Wasserstoff, die sich explizit an die Privatwirtschaft wenden, umfassen u.a.:

- Exportinitiative Energie / Energy Solutions Initiative.
- BMWK-Förderrichtlinie.
- H2Global.
- International Hydrogen Ramp-up Programme (H2Uppp).
- KfW PtX-Plattform.

Mit der Kooperation stärkt Deutschland die Partnerschaft mit einem potentiellen Exportland für Wasserstoff. Auch soll heimischen Technologieanbietern die Tür zum südafrikanischen Markt geöffnet werden, um neue Exportchancen für Wasserstoff-Technologien „Made in Germany“ zu schaffen.

²¹ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023)

Deutschland wird einen Großteil seines künftigen Wasserstoffbedarfs durch Importe decken müssen. Daher hat die Bundesregierung verschiedene Finanzierungs- und Förderinstrumente für die Entwicklung der internationalen Wasserstoffwirtschaft aufgelegt, die auch für Projekte in Südafrika von Relevanz sind.

Instrument	Erläuterung
H2Global info@h2-global-advisory.de	Durch H2Global werden Investitionen zum zügigen Aufbau von Wasserstoffproduktionsanlagen im industriellen Maßstab und in die zugehörigen Lieferketten unterstützt, die die erzeugten Energieträger nach Deutschland transportieren und zu wettbewerbsfähigen Preisen verkaufen. H2Global liegt ein Doppelauktionsmodell zu Grunde, bei dem die Differenz zwischen Ankaufs- und Verkaufspreis per Zuwendung des Bundes zeitlich befristet ausgeglichen wird.
Förderrichtlinie für internationale Wasserstoffprojekte im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie ptj-modul1-h2int@fz-juelich.de	Unterstützung von internationalen Projekten (außerhalb der EU und den EFTA-Staaten) zum Aufbau von Erzeugungsanlagen von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten sowie für die Speicherung, den Transport und die integrierte Anwendung von Wasserstoff. Damit soll der dringend erforderliche Markthochlauf von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten effektiv unterstützt, die Schaffung eines internationalen Marktes für diese Produkte beschleunigt und somit ein Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele und der Stärkung der Konjunktur geleistet werden. Förderung in Form von nicht-rückzahlenden Zuschüssen. Maximale Förderung pro Projekt und Bewerber: 15 Mio. EUR.
International Hydrogen Ramp-up Programme – H2Uppp www.german-energy-solutions.de	Unterstützung von H ₂ -Projekten in früher Phase der Entwicklung mittels öffentlich-privater Partnerschaften (PPP). Ko-Finanzierung von bis zu 50% der Projektentwicklung. KMU erhalten eine „maßgeschneiderte“ fachliche Beratung bei der Ideenentwicklung und Projektvorbereitung. Die Exportinitiative Energie unterstützt durch ihre Maßnahmen die Projektidentifizierung.

Tabelle 1: Relevante Förderinstrumente für deutsche H₂-Privatsektoraktivitäten in Südafrika

Quelle: (Lotsenstelle Wasserstoff, 2022)

Eine detaillierte Übersicht der Förderinstrumente für Projekte im Ausland findet man auf der Website der [Lotsenstelle Wasserstoff](#). Die Lotsenstelle erreicht man unter der E-Mail lotsenstelle@nationale-wasserstoffstrategie.de oder telefonisch unter 030 - 201 99 420.

Informationen zu Förder- und Finanzierungsinstrumenten, auch für erneuerbare Energien, sind ebenfalls auf der Webseite der [Exportinitiative Energie](#) zu finden.

4. Wirtschaftliche Machbarkeit des Projektansatzes

Für die Projektopportunität (siehe Abschnitt 1) liegen bisher nur grobe Wirtschaftlichkeitsschätzungen vor. Hinsichtlich der Kosten für die Produktion und den Export von grünem Wasserstoff gehen aktuelle, südafrikanische und internationale Studien davon aus, dass Wasserstoff und daraus hergestellte Derivate in Südafrika zu wettbewerbsfähigen Preisen produziert werden können.²²

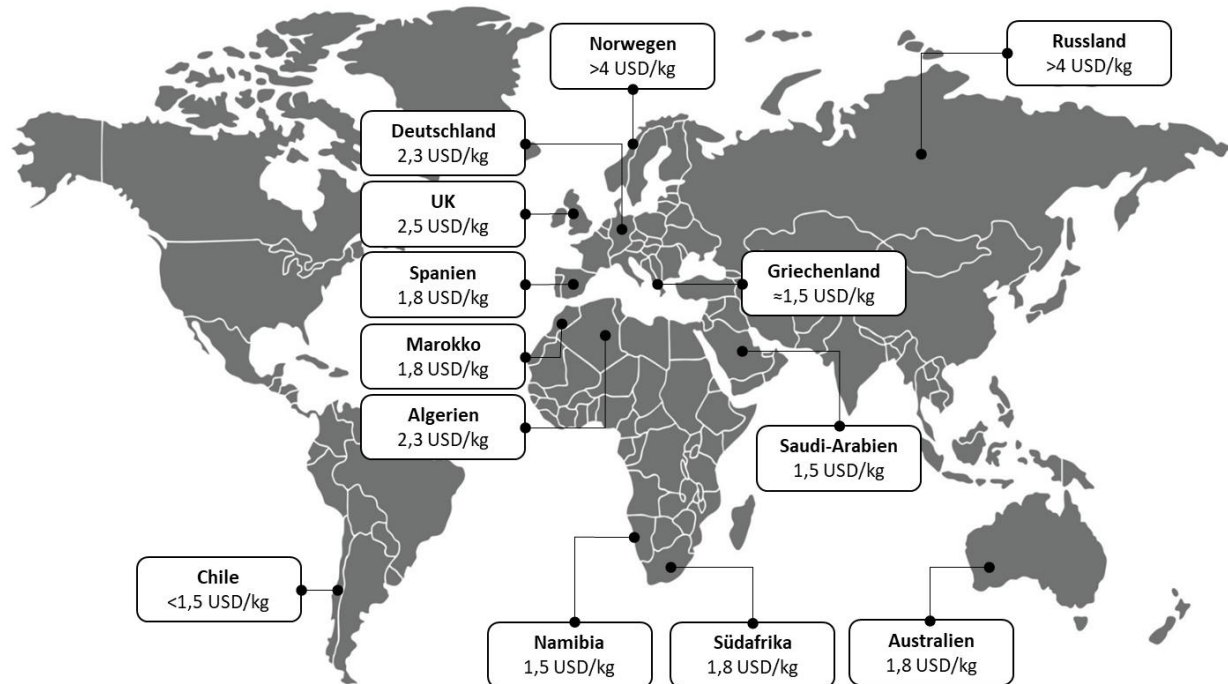


Abbildung 7: Wasserstoffkosten ausgewählter Länder 2030, bei hybrider Versorgung mit PV und Windkraft

Quelle: (Internationale Energie Agentur, 2022)

Dabei wurde insbesondere die Entwicklung von kritischen Faktoren – wie EE-Gestehungskosten, Investitions- und Laufkosten von Elektrolyseuren und durchschnittlichen Kapitalkosten – eingehend in Betrachtung gezogen, wodurch eine realistische Preisentwicklung modelliert werden konnte. Die im internationalen Vergleich relativ niedrigen Produktionskosten für Wasserstoff werden dabei vor allem aufgrund der niedrigen Gestehungskosten für grünen Strom aus PV und Windkraft möglich.

Die Gestehungskosten und Abgabepreise – Verkauf ins Netz oder direkt an gewerbliche Abnehmer – der erneuerbaren Energien in Südafrika sind kontinuierlich und deutlich gefallen. Mittlerweile haben sich Photovoltaik und Windkraft als günstigste Stromerzeugungstechnologien in Südafrika etabliert.

Die 5. Runde des öffentlichen EE-Beschaffungsprogrammes (Renewable Independent Power Producer Programme - REIPPP), abgeschlossen im Oktober 2021, resultierte in einem durchschnittlichen Abgabepreis der ausgewählten 25 EE-Projekte von 0,474 ZAR/kWh. Der niedrigste Preis bei PV lag bei nur 0,374 ZAR/kWh, und das günstigste Windkraftprojekt offerierte Strom für nur 0,344 ZAR/kWh zur Einspeisung in das öffentliche Netz. Die Beschaffungskosten hätten sogar noch weiter sinken können, wenn nicht Netzbeschränkungen die Auswahl einiger noch günstigerer Projekte verhindert hätten.²³

²² (European Commission, 2022a)

²³ (Taiyang News, 2021)

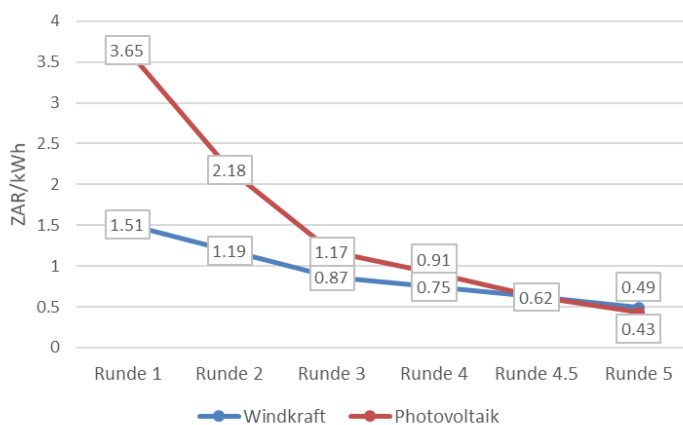


Abbildung 8: REIPPPP-Bieterpreise von 2011-2021

Quelle: (Green Cape, 2021b), (Taiyang News, 2021)

sehr positiv auf die Herstellung von grünem Methanol in Südafrika aus, da die Stromkosten mit >90% den größten Anteil der variablen Methanolproduktionskosten ausmachen.²⁵

Negativ sind allerdings die relativ hohen Kapitalkosten in Südafrika. Die *Prime Lending Rate* liegt bei 11,75%.²⁶ Jedoch haben internationale Geldgeber – Entwicklungsbanken, Klimafonds etc. – ihr Interesse signalisiert im Bereich erneuerbare Energien und Wasserstoff in Südafrika zu investieren oder haben dies bereits getan. Dadurch ergeben sich Chancen, die Kapitalkosten für Wasserstoffprojekte zu senken.

Aufgrund der niedrigen Stromkosten, gepaart mit den relativ niedrigen Kosten für die CO₂-Bereitstellung aus Klärschlamm (bei möglicher Skalierung kann CO₂ aus benachbartem Stahlwerk bezogen werden), sollen **die Produktionskosten für grünes Methanol am Standort der Projektopportunität** gemäß ersten Schätzungen der beteiligten Projektentwickler **zwischen 475 und 600 USD/t** liegen. Zuzüglich Marge und Kosten für Transport / Logistik wäre ein Lieferpreis von <1.600 USD/t (*Cost, insurance, and freight - CIF*) nach Europa möglich.²⁷

Damit liegen die geschätzten Produktions- und Lieferkosten der Projektopportunität zwar deutlich über den Handelspreisen von grauem Methanol in Europa (≈375 EUR/t) und Nordamerika (≈549 USD/t),²⁸ jedoch deutlich unter den Kosten, die potentielle Abnehmer aus der Schifffahrtsbranche bereit sind zu zahlen. So rechnet die Reederei Maersk mit Kosten von bis zu 2.500 USD für eine Tonne grünes Methanol.²⁹

Im Bereich der lokalen Verwendung von Methanol in Südafrika erscheint u.a. der Einsatz in gewerblichen Mini-Grids zur Notstromversorgung, z.B. in der Vaal SEZ, möglich. Die Projektentwickler rechnen mit Kosten von rund 18 ZAR, um einen Liter Diesel durch grünes Methanol zu ersetzen. Der Dieselpreis in Südafrika liegt bei rund 24 ZAR/l.³⁰ Damit erscheint der Einsatz von Methanol in Notstromgeneratoren wirtschaftlich attraktiv.

Die relativ niedrigen Produktionskosten für Wasserstoff und grünes Methanol, gekoppelt mit dem erwarteten Nachfragewachstum – vor allem getrieben durch die steigenden EU-Quoten für alternative, synthetische Kraftstoffe in der Schifffahrt und im Luftverkehr³¹ – lassen Investitionen in grünen Wasserstoff und Methanol in Südafrika, und damit auch die Projektopportunität, wirtschaftlich attraktiv erscheinen.

²⁴ (Green Cape, 2021)

²⁵ (Sollai, 2022)

²⁶ (South African Reserve Bank, 2023)

²⁷ (Heinermann, 2023)

²⁸ (methanex, 2023)

²⁹ (TradeWinds, 2023)

³⁰ (South African Petroleum Industry Association, 2023)

³¹ (globalfactor, 2023)

Parallel zu den Preisen der EE-Großprojekte sind auch die Kosten für *Distributed/Embedded Generation* EE-Projekte deutlich gefallen – im Schnitt sind die Gestehungskosten zwischen 2018 und 2021 um 50% gesunken. Dadurch liegen die Kosten und Stromabnahmeverträge von größeren gewerblichen Eigenversorgungsprojekten deutlich unter den Stromtarifen der öffentlichen Versorger.

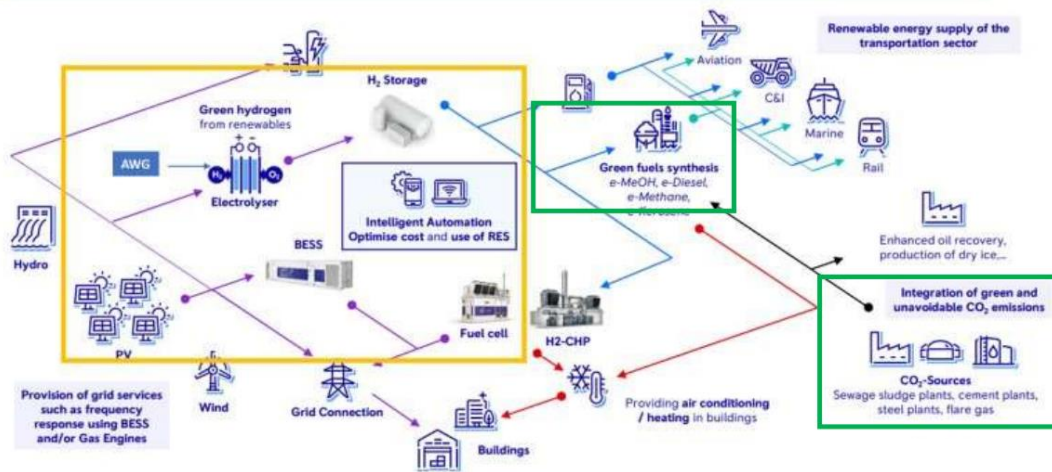
Generell wird davon ausgegangen, dass die Kosten für erneuerbare Energien in Südafrika noch weiter sinken können – vor allem aufgrund verbesserter Finanzierungsbedingungen, vereinfachter Regularien und der in der Tendenz weiter fallenden Technologiekosten.²⁴

Die niedrigen Kosten für grünen Strom wirken sich

5. Technische Lösungsansätze

Die Projektopportunität besteht darin, mit Strom aus erneuerbaren Energien wasserstoffbasiertes Methanol im industriellen Maßstab herzustellen – für den Export und lokalen Verbrauch. In Südafrika wird bereits graues Methanol produziert und transportiert. Im Land bestehen damit bereits Erfahrungen im Umgang mit diesem chemischen Produkt.

Gegenwärtig ist hinsichtlich der technischen Umsetzung bereits geplant, dass eigener PV-Strom aus einem am Projektstandort neu zu errichtenden PV-Park genutzt werden soll. Auch besteht ein Konzept für die Wasser- und Kohlenstoffversorgung aus einer benachbarten Kläranlage. Weitere technische Lösungsansätze und Konfigurationen des Projektes, vor allem im Hinblick auf die Elektrolyse und Derivatsynthese, müssen durch das Konsortium gemeinsam erarbeitet werden.³²



Lokale H₂-Verwendung – Mini-Grid, Stromversorgung Industriepark

Grüne Methanolherstellung – Export

Abbildung 9: Schema der geplanten Wasserstoff- und Derivateproduktion und dessen Verwendung

Quelle: (Heinermann, 2023)

5.1 Strom-, Wasser- und Kohlenstoffbereitstellung

In Phase 1 soll ein Solarpark neben dem Vaal-Industriepark die Hauptenergiequelle für den Betrieb der Methanolproduktion sein. Mit 50 MW PV ist bei der am Standort gegebenen Solareinstrahlung eine tägliche Laufzeit der Wasserstoffproduktion von 7 Stunden und eine Methanolproduktion von rund 55 Tonnen/Tag möglich – mit einem Wasserbedarf von rund 100 Kubiklitern und CO₂-Bedarf von ca. 76 Tonnen.³³

Da die Wirtschaftlichkeit des Projektes von einer möglichst hohen Laufzeit der Elektrolyse abhängt, erscheint es logisch, zusätzlich zu PV- noch Windkraftkapazitäten einzuplanen, entweder durch den Bau eines Windparks an einem optimalen Standort in Küstennähe und/oder den Zukauf der Windenergie. In beiden Fällen ist die Durchleitung des EE-Stroms zum Projektstandort über das öffentliche Netz nötig. Dies ist gemäß der südafrikanischen Strommarktregularien möglich und wirtschaftlich darstellbar. Somit könnte der Windstrom auch von Dritten über einen Stromabnahmevertrag bezogen werden. Berechnungen der Internationalen Energieagentur bestätigen, dass eine hybride Stromversorgung mit PV und Windkraft die Wasserstoffherstellungskosten optimieren.³⁴

³² (Heinermann, 2023)

³³ (Decarbonisation Technology, 2023)

³⁴ (Internationale Energie Agentur, 2022)

Da die Erzeugung von Strom aus PV und Windkraft unweigerlich mit Schwankungen in der Bereitstellung verbunden ist, muss auch der Einsatz von Stromspeichern mit eingeplant werden.

Die Verfügbarkeit von Wasser am Projektstandort ist gegeben. Die Projektarchitektur bringt aber auch schon in sich eine Wassersicherheit mit, da die Nutzung vom Klärschlamm als CO₂-Quelle ausreichend Wasser mitliefert.

Bei einer Skalierung der Wasserstoff- / Methanolproduktion müssen weitere CO₂-Quellen in Betracht gezogen werden. Das in unmittelbarer Nähe zum Projekt gelegene Stahlwerk von ArcelorMittal kommt dabei als Punktquelle von CO₂ in Frage (hard to abate sector).³⁵

5.2 Elektrolyse

Elektrolyse ist bereits seit mehr als acht Jahrzehnten ein, auch in industrieller Anwendung, erprobtes Verfahren zur Spaltung von Wasser mit Hilfe von Elektrizität. Die ursprünglich verwendete Technologie – die alkalische Elektrolyse – ist auch heute noch Stand der Technik. Dazu wurden weitere Elektrolysetechnologien entwickelt (PEM – Proton Exchange Membrane) bzw. befinden sich in der Markteinführung (SOEC – Solid-Oxid Elektrolyse).

Erste Schätzungen zur Wasserstoffproduktion wurden auf Basis der alkalischen Elektrolyse (AEL) durchgeführt. Die AEL-Technologie ist erprobt, langlebig und zeichnet sich durch relativ geringe Investitionskosten im Vergleich zu anderen Elektrolysetechnologien aus. Auch erzielt die AEL hohe Wirkungsgrade. Allerdings eignet sich die AEL nur bedingt für die Nutzung bei volatiler Stromversorgung, da sie träge auf Lastveränderungen reagiert und über einen geringen Teillastbereich verfügt. Wenn AEL über einen längeren Zeitraum im unteren Teillastbereich gefahren wird, wirkt sich dies auch negativ auf die H₂- / Gasqualität aus.

Alternativ könnten PEM-Elektrolyseure genutzt werden. Im Vergleich zu AEL kann PEM-EL schneller auf schwankende Strommengen reagieren. Darüber hinaus ist der Betrieb im Teillastbereich möglich. Allerdings liegen die Investitionskosten noch über denen für die alkalische Elektrolyse.³⁶

	AEL	PEM
Investitionskosten 2020 (100 MW-System)	600 EUR/kW	ca. 700 EUR/kW
Investitionskosten 2030 (100 MW-System)	450 EUR/kW	ca. 550 EUR/kW
Wirkungsgrad	67 – 82%	44 – 86%
Energieverbrauch	4 – 5 kWh/Nm ³ H ₂	4 – 8 kWh/Nm ³ H ₂

Tabelle 2: Kennzahlen alkalische vs. PEM-Elektrolyse

Quelle: (Deutsche Energie-Agentur, 2015); (Solarserver, 2022)

Dem Problem der volatilen Stromversorgung kann aber durch passende Auslegung der EE-Versorgung, insbesondere durch den Einsatz von Batteriespeichern, entgegengewirkt werden. Daher erscheint aufgrund der gegenwärtigen Investitionskosten AEL als geeignete Anwendung für die Projektopportunität.

³⁵ (Heinermann, 2023)

³⁶ (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2019)

5.3 Derivatsynthese und Logistik

Es ist geplant am Projektstandort den Wasserstoff zu grünem Methanol weiterzuverarbeiten. Die Methanolsynthese (aus CO₂ und Wasserstoff) ist ein etabliertes Chemieverfahren und wird großtechnisch angewendet. Auch in Deutschland finden sich zahlreiche Technologie-Anbieter und Anlagenbauer für dieses Verfahren.

Aufgrund der zu erwartenden Marktentwicklung im Bereich synthetischer Kraftstoffe und grünem Methanol, nicht zuletzt durch die von der EU vorgegebenen Quoten für den Luft- und Schiffsverkehr, ist es allemal interessant Methanol zu produzieren. Am Projektstandort bzw. in vertretbarer Nähe (12 km Radius) sind CO₂-Quellen vorhanden (Kläranlagen), aus denen man das CO₂ für den Syntheseprozess abscheiden kann. In der Zukunft kann in der Skalierung das CO₂ auch direkt aus der Luft (Direct Air Capture = DAC) gewonnen werden. Bei der DAC-Technologie wurden mittlerweile wesentliche Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen realisiert, bei weiterhin vorhandenem Entwicklungspotential. Dennoch sind die mittelfristigen Kosten von Derivaten, die mittels DAC produziert werden, relativ hoch – südafrikanische Schätzungen gehen z.B. von 670-850 USD/t grünem Methanol aus. In der Phase 1 wird Biomasse aus städtischen Kläranlagen verwendet.

Hinsichtlich der Logistik und dem Transport des Methanols bietet sich in der ersten Phase der Transport per LKW an – perspektivisch LKW mit Brennstoffzelle. Der Projektstandort ist mittels Autobahn an den Hafen in eThekweni (Durban) angebunden. Bei einer Skalierung des Projektes wird der Transport per Bahn relevant werden, da die Bahnstrecke nahe am Standort verläuft. In jeden Fall muss Infrastruktur für die Zwischenlagerung mit eingeplant werden.

6. Relevante rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Südafrika zählt zu den bedeutendsten Volkswirtschaften des afrikanischen Kontinents. Im Vergleich zu anderen afrikanischen Staaten verfügt das Land über eine fortschrittliche, diversifizierte Wirtschaft und eine bedeutende Industrieproduktion.

6.1 Sozioökonomische Situation und Investitionsklima

Südafrika hat mit einer Fläche von 1.219.090 km² etwa die 3,5-fache Größe Deutschlands. Das Land ist relativ dünn besiedelt. Bei einer Gesamtbevölkerung von ca. 59 Mio. Einwohnern beträgt die Bevölkerungsdichte nur 49 Einwohner/km² (Deutschland: 237 Einwohner/km²). Der Großteil der Bevölkerung konzentriert sich in den Ballungszentren Johannesburg und der Hauptstadt Pretoria sowie Durban und Kapstadt. Dabei ist Johannesburg das wirtschaftliche Zentrum des Landes.³⁷

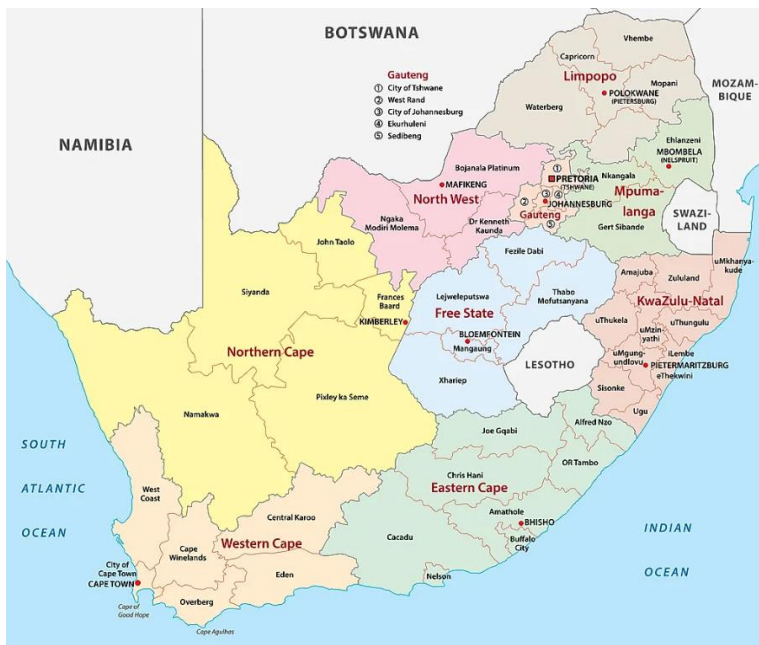


Abbildung 10: Südafrika mit den neun Provinzen

Quelle: World Atlas, 2022

Das nominale BIP von Südafrika lag im Jahr 2022 bei 406 Mrd. USD, woraus sich ein BIP je Einwohner von 6.950 USD ergibt. Gemessen an der Entstehung des BIP ähnelt Südafrikas Wirtschaftsstruktur der eines Industrielandes. Der Dienstleistungssektor ist stark ausgeprägt. Aber auch der Bergbau und die verarbeitende Industrie tragen stark zum BIP bei. Weitere bedeutende Wirtschaftszweige sind der Tourismus, die industrielle Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie, der Fahrzeugbau sowie die Eisen- und Stahlindustrie. Die Landeswährung ist der südafrikanische Rand (ZAR), der aufgrund makroökonomischer Faktoren gegenüber dem Euro (EUR) in den letzten Jahren an Wert verloren hat. Ein gravierender, gegenwärtiger Schwachpunkt der Währung ist die starke Volatilität im Wechselverhältnis. Der aktuelle Wechselkurs beträgt 1 EUR = 20,17 ZAR (Stand: Oktober 2023).³⁹

Klimatisch ist Südafrika im Südosten überwiegend subtropisch, nach Westen hinzunehmend heiß und arid bis stark maritim geprägt mit durchgehend hoher Sonneneinstrahlung. Der durchschnittliche jährliche Niederschlag beträgt nur 464 mm (weltweit 860 mm).

Südafrika ist ein ethnisch sehr gemischtes Land. Dabei stellen Schwarze etwa 80% der gesamten Bevölkerung dar. Seit dem Ende der Apartheid im Jahr 1994 gibt es in Südafrika elf amtliche Landessprachen. Zwar lernen nur 9,6% der Bevölkerung Englisch als ihre Muttersprache, jedoch wird es fast überall verstanden und stellt die Zweitsprache der meisten Südafrikaner dar. Als Geschäftssprache ist das Englische durchweg dominant.

Seit den ersten freien Wahlen im Jahr 1994 ist auf nationaler Ebene durchgehend die Partei „African National Congress“ (ANC) an der Regierung, der auch Nelson Mandela angehörte.³⁸

³⁷ (Statistisches Bundesamt, 2023)

³⁸ (Department Government Communications Republic of South Africa, 2019)

³⁹ (Europäische Kommission, 2023)

Südafrikas Außenhandel ist noch immer vom Rohstoffexport geprägt, der 18% der gesamten Exporte ausmacht. Weitere wichtige Exportgüter sind Kraftfahrzeuge und Kfz-Teile, Nichteisen-Metalle und Nahrungsmittel. Generell ist Südafrika für viele Handelspartner sehr attraktiv, um einen Einstieg in den afrikanischen Markt zu wagen. Auch fungiert Südafrika als Warendrehkreuz für die Länder im südlichen Afrika.

Gemessen am Potential des Landes war das Wirtschaftswachstum seit der globalen Finanzkrise im Jahr 2008 enttäuschend. Die Wachstumsraten lagen bei maximal 2%, mit einem massiven Einbruch zu Beginn der Covid-19-Krise im Jahr 2020 (-6,4%).⁴⁰ Aktuell kann sich das Land mit einem schwachen BIP-Wachstum von 0,4% rühmen, welches trotzdem positiv zu bewerten ist.⁴¹ Die Ursachen für die anhaltende Stagnation bzw. Wachstumsschwäche sind vielfältig: Südafrika ist mit strukturelle Problemen, sozialen und wirtschaftlichen Herausforderungen konfrontiert, von denen die meisten bereits vor der Covid-19-Krise bestanden. Das Land benötigt jedoch Wachstumsraten um 5%, um die hohe Arbeitslosigkeit sowie die sozialen und geographischen Disparitäten im Land nachhaltig zu reduzieren.⁴²

Strukturelle Probleme und Herausforderungen	Stärken der südafrikanischen Volkswirtschaft
Arbeitsmarktkrise: Arbeitslosenquote 34,9% und Jugendarbeitslosigkeit 66,5%;	Diversifizierte und innovationsfähige Wirtschaft, gute Forschungseinrichtungen;
Ausgeprägte soziale und geographische Disparitäten: eines der ungleichsten Länder der Welt betreffend Einkommensverteilung;	Wachstumsstarke Wirtschaftssektoren: Bergbau, Agrar- und Nahrungsmittelindustrie, Finanzsektor, IT & Tech Business;
Mängel in der Infrastruktur: Bedarf an Modernisierung der Energie- und Wasserversorgung;	Hohes Niveau der Produktionsprozesse;
Defizite im Bildungssystem und Fachkräftemangel;	Gute Verfügbarkeit und Qualität von Zulieferern;
Relativ geringe Produktivität;	Justiz- und Geschäftsumfeld, die fortgeschrittenen Standards entsprechen;
Wirtschaftspolitik nicht wachstumsorientiert;	Marktgröße;
Missmanagement in wichtigen Staatsunternehmen;	Generell gute Infrastruktur;
Strukturelles Defizit im Staatshaushalt und Fragen hinsichtlich der Tragfähigkeit der Staatsverschuldung, überschuldete Kommunen.	Steigendes Umweltbewusstsein, Paradigmenwechsel zu nachhaltiger Wirtschaft: Energiewende, Ressourceneffizienz etc.

Tabelle 3: Herausforderungen und Stärken der südafrikanischen Volkswirtschaft

Quelle: (Statistisches Bundesamt, 2023), (World Economic Forum, 2019), (Euler Hermes, 2022)

Insbesondere die anhaltenden Stromversorgungsengpässe und steigenden Energiekosten haben in den letzten Jahren das wirtschaftliche Wachstum Südafrikas gehemmt. Jedoch hat die anhaltende Stromkrise auch einen Paradigmenwechsel in Richtung erneuerbare Energien und nachhaltigere Wirtschaftspraktiken eingeleitet. Der rasche Zubau von erneuerbaren Energien und das Entstehen einer leistungsfähigen, lokalen EE-Industrie führten nicht nur zu signifikanten Investitionen aus dem In- und Ausland, sondern zeigen auch, dass Südafrika trotz aller Probleme über eine innovationsfähige Wirtschaft verfügt.

Die südafrikanische Regierung hat in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um das Geschäftsklima im Land zu verbessern und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Unternehmen zu vereinfachen. Ein wichtiger Faktor ist die politische und soziale Stabilität. Das Land hat in den letzten Jahren einige Herausforderungen in Bezug auf politische Unruhen und soziale Spannungen erlebt, die sich negativ auf das Geschäftsklima ausgewirkt haben. Die Regierung hat jedoch Initiativen ergriffen, um diese Probleme anzugehen. So hat sie beispielsweise eine unabhängige

⁴⁰ (Statistisches Bundesamt, 2023)

⁴¹ (Germany Trade & Invest, 2023)

⁴² (The Presidency Republic of South Africa, 2018)

Antikorruptionsarbeitsgruppe eingerichtet, die sich mit Korruptionsvorwürfen befasst und Fälle strafrechtlich verfolgt.⁴³ Andere Maßnahmen sind Ausbildungsförderung und Unterstützung für kleine und mittlere Unternehmen.

Südafrika verfügt über eine gute Infrastruktur, insbesondere in den urbanen Zentren, mit gut ausgebauten Verkehrsnetzen, Telekommunikation und Energieversorgung. In einigen ländlichen Gebieten gibt es jedoch Engpässe bei der Infrastruktur, was zu Herausforderungen für Unternehmen führen kann.⁴⁴

In Bezug auf die Regularien für ausländische Investoren ist Südafrika auch bestrebt, ein attraktiver Standort zu sein. Es gibt keine besonderen Voraussetzungen für ausländische Investoren, die ein Unternehmen in Südafrika gründen möchten. Die Regierung hat jedoch einige spezielle Initiativen wie die „Invest SA One-Stop Shop“ eingerichtet, um Investoren zu unterstützen und ihnen bei der Navigation durch den Regulierungsrahmen zu helfen. Sie ist Teil der Bemühungen der Regierung, das Geschäftsumfeld durch Senkung der Geschäftskosten und Vereinfachung des Prozesses investorenfreundlich zu gestalten. One Stop Shops beherbergen Regierungsstellen wie die südafrikanische Steuerbehörde (zur Unterstützung bei Zoll und Steuern), das Innenministerium, die Umweltbehörde, Eskom und die Kommission für Unternehmen und geistiges Eigentum unter einem Dach.⁴⁵

Südafrika ist trotz der bestehenden Herausforderungen ein attraktiver Standort für Investitionen, mit einer breiten Palette an Geschäftsmöglichkeiten, einer guten Infrastruktur und der Unterstützung der Regierung für ausländische Investoren.

Im Länder-Rating von Euler Hermes, der Exportkreditversicherung der Bundesrepublik Deutschland, wird Südafrika der Länderkategorie 4 (Kategorie 0 = geringstes Risiko; Kategorie 7 = höchstes Risiko) zugeordnet. Euler Hermes definiert den südafrikanischen Markt mit „mittlerem Risiko“ und einem stabilen Ausblick. Es bestehen keine formellen Deckungseinschränkungen.⁴⁶

6.2 Wirtschaftliche und politische Kooperation mit Deutschland

Südafrika ist ein etablierter Handelspartner Deutschlands. Güter „Made in Germany“ werden in Südafrika geschätzt und für die deutsche Exportwirtschaft ist Südafrika der wichtigste Handelspartner auf dem afrikanischen Kontinent.

Das Handelsvolumen Deutschlands mit Südafrika betrug im Jahr 2019 rund 19 Mrd. EUR. Deutschland ist gemessen am Warenwert der zweitwichtigste Lieferant der Republik Südafrika hinter China und mit einem Abstand vor den USA. Im Bereich Maschinen und Anlagentechnik ist Deutschland der führende Lieferant.

Gemessen am Warenwert haben 7,5% der südafrikanischen Exporte Deutschland als Zielland, womit Deutschland der drittwichtigste Exportmarkt Südafrikas ist. Die enge wirtschaftliche Verflechtung zwischen Deutschland und Südafrika zeigt sich auch in den deutschen Direktinvestitionen, die im Jahr 2019 rund 7 Mrd. EUR umfassten.⁴⁷

Etwa 600 deutsche Firmen sind in Südafrika vor Ort vertreten – sei es durch eine Niederlassung, eine Tochterfirma oder ein Joint Venture. Diese Firmen beschäftigen fast 100.000 Personen. Ebenso viele Arbeitsplätze werden zusätzlich indirekt durch deutsche Unternehmen geschaffen. Das Ansehen deutscher Unternehmen ist positiv. Viele der deutschen Unternehmen unterstützen ihre Mitarbeiter und deren Familien in Bereichen wie Bildung, Ausbildung und Gesundheit. Schwerpunktbranchen sind Automobilbau, Chemie, Maschinenbau sowie Elektrotechnik. Deutschland ist der wichtigste ausländische Investor im produzierenden Bereich.

Für Deutschland ist Südafrika auch ein besonders wichtiger politischer Gesprächspartner in Afrika. Beide Länder pflegen seit 1994 eine vertrauensvolle Zusammenarbeit. Zu den breit gefächerten und intensiven Beziehungen zählt neben dem politischen und diplomatischen Dialog die Entwicklungszusammenarbeit. Die Bundesregierung betrachtet Südafrika als „globalen Entwicklungspartner“, mit dem sie in internationalen Gremien wie den Vereinten Nationen oder der Weltbank eine enge Abstimmung anstrebt. Die Schwerpunkte der bilateralen Entwicklungszusammenarbeit sind: Energie und Klima

⁴³ (South African Government, 2023)

⁴⁴ (Germany Trade and Invest, 2023)

⁴⁵ (Invest SA, 2023)

⁴⁶ (Auslandsgeschäftsabsicherung der Bundesrepublik Deutschland, 2023)

⁴⁷ (Germany Trade & Invest, 2023)

(„Green Economy“), gute Regierungsführung und öffentliche Verwaltung, HIV/Aids-Prävention sowie berufliche Bildung. Deutschland ist einer der wichtigsten bilateralen Geber für Südafrika. Seit 1994 erhielt Südafrika Mittel im Umfang von ca. 2,75 Mrd. EUR. Im Rahmen der Regierungsverhandlungen wurde für 2020/22 eine Zusage über 355 Mio. EUR erteilt.⁴⁸

Im Vorlauf zum Klimagipfel COP 27 in Sharm El Shaik, Ägypten, 2022, fand die Einweihungsveranstaltung der Africa Green Hydrogen Alliance (AGHA) in der Elfenbeinküste statt. Das Forum wurde von der Afrikanischen Entwicklungsbank (AfdB), den Vereinten Nationen (UNO) und der GIZ GmbH (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit) ins Leben gerufen und unterstützt.⁴⁹ Am COP 27 präsentierte die südafrikanische Regierung ihren Just-Energy-Transition Investment Plan, der eine zielführende Dekarbonisierung von Stromversorgung, Industrie und Mobilität darlegt. Der Investmentplan anvisiert eine Gesamtinvestition von 7 Mrd. EUR und wurde weitgehend von den Partnerländern, inklusive Deutschland, akzeptiert. Zudem wurden Südafrika konzessionäre Darlehen in Höhe von 600 Mio. EUR von den Gebernationen Frankreich und Deutschland zugesagt.⁵⁰

6.3 Regulatorischer Rahmen für grünen Wasserstoff

Der südafrikanische Rahmen für Genehmigungen im Bereich der erneuerbaren Energien hat sich in den letzten 20 Jahren entwickelt und verfestigt. Behörden und Projektentwickler wissen, wie die Regeln anzuwenden und auszulegen sind.

Für den neuen Bereich grünen Wasserstoff gilt dies nicht. Die Genehmigungsprozesse unter dem *National Environmental Management Act* (NEMA) sowohl für die Planung und Realisierung von grünen H₂-Projekten als auch den Transport und die Nutzung von grünem Wasserstoff sind Neuland. Es bestehen auch noch keine Leitfäden für die Schritte im Rahmen der zahlreichen Genehmigungsprozesse. Dabei ist die Produktion von grünem Wasserstoff / darauf basierenden Produkten mit verschiedenen Umweltschutzaspekten verbunden, die zu einem erheblichen Genehmigungsaufwand führen können, u.a.:

Umweltrechtliche Genehmigung und Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gemäß NEMA, z.B. für Entnahme und Transfer von Wasser, Wasserreinigung, Lagerung gefährlicher Güter (H₂ und Ammoniak), Bau von Infrastruktur (Anlage, Zugangsstraßen etc.). Der Fall einer Wasserstoffexplosion oder ein Austritt von Ammoniak sind Schlüsselrisiken, die im Rahmen einer UVP angemessen berücksichtigt werden müssen.

Wassernutzungsgenehmigung gemäß dem nationalen Wassergesetz (National Water Act).

Im Falle der Wasserversorgung durch Meerwasserentsalzung gelten zusätzliche Anforderungen des **Gesetzes für Küstengewässerschutz** (Integrated Coastal Management Act).

Die Herstellung von Ammoniak bedarf einer **Genehmigung für atmosphärische Emissionen** gemäß Air Quality Act. Noch ist unklar, ob grüner Wasserstoff ebenfalls dem Genehmigungsprozess zur Luftreinhaltung unterliegen wird.

Anlagen zur Herstellung von grünem Wasserstoff müssen als gefährliche Anlage im Sinne der **Verordnung über gefährliche chemische Stoffe** (Hazardous Chemical Substances Regulations) registriert werden.

Produktion, Lagerung und Handhabung von chemischen Stoffen unterliegen besonderen **Vorgaben im Gesetz über Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz** (Occupational Health and Safety Act).

Abfallentsorgungsgenehmigungen (Waste Management Licence).

Für den Transport sind weiterhin die Vorgaben des südafrikanischen Straßenverkehrsgesetzes (National Road Traffic Act) zu beachten.

Tabelle 4: Übersicht der Genehmigungsprozesse für grünen Wasserstoff

Quelle: (Cliffe Dekker Hofmeyer, 2021)

Der umfangreiche Regulierungsbedarf muss für die Ausbildung einer wettbewerbsfähigen Wasserstoffwirtschaft vereinfacht und minimiert werden, damit Südafrika seine Potentiale umfänglich heben kann. Auch müssen die verschiedenen

⁴⁸ (Deutschland und Südafrika: Bilaterale Beziehungen, 2023)

⁴⁹ (Green Hydrogen Organisation, 2022)

⁵⁰ (Auswärtiges Amt, 2022)

Genehmigungsverfahren für Wasserstoffprojekte, inklusive der EE-Stromversorgung, koordiniert bzw. synchronisiert werden – Stichwort: One-Stop-Shop. Diese Aufgabe ist Teil der Schlüsselaktivitäten der HSRM.⁵¹

Auch werden die initialen Projekte (siehe auch Abschnitt 3.3) bei der Verbesserung des regulatorischen Rahmens einen wichtigen, positiven Beitrag leisten.

6.4 Erneuerbare Energien

Auch wenn die Stromversorgung in Südafrika weiterhin klar von Kohle dominiert wird, haben die erneuerbaren Energien seit dem Jahr 2012 eine beachtliche Entwicklung genommen. Im Jahr 2020 lag der Anteil von EE-Strom im öffentlichen Netz bei 5,6% (12,4 TWh) – noch im Jahr 2013 war die EE-Stromerzeugung mit nur 0,1 TWh unbedeutend.

Mittlerweile speisen nominal 2,5 GW Windkraft, 2 GW PV und 0,5 GW CSP ins öffentliche Netz ein. Weitere Kapazitäten nehmen im Laufe der Jahre 2022 und 2023 die Produktion auf. Bis zum Jahr 2030 sollen 28 GW erneuerbare Energien ins Netz einspeisen – größtenteils Windkraft und PV. Dazu kommen noch EE-Kapazitäten im Bereich der gewerblichen und industriellen Eigenversorgung, die auf rund 2 GW geschätzt werden und ein dynamisches Wachstum aufweisen.⁵²

Rund 150 GW erneuerbare Energien werden benötigt, um den Strombedarf des Landes – exklusive Wasserstoffwirtschaft – im Jahr 2050 klima-neutral zu decken. Das Gesamtpotential für erneuerbare Energien in Südafrika wird auf 922 GW taxiert – überwiegend Onshore-Wind und Solar.

Im Rahmen des deutlichen Ausbaus der erneuerbaren Energien ist in Südafrika eine leistungsstarke EE-Industrie entstanden, deren Fokus vor allem auf den Bereich der Projektentwicklung, Bau und Betrieb von EE-Anlagen liegt. Fertigung von EE-Technologie erfolgt hingegen kaum.

Auch verfügt Südafrika noch nicht über einen wettbewerbsorientierten Strommarkt mit konkurrierenden Versorgern. Eine Strombörse existiert nicht und Stromhändler etablieren sich erst sehr langsam am Markt. Für die Massenproduktion von grünem Wasserstoff ist ein effektiver, funktionierender Strommarkt jedoch essentiell.

Mit der *Electricity Regulation Amendment Bill* wurde im Februar 2022 der nächste Schritt in Richtung Strommarktreform (*Willing Buyer - Willing Seller Model*) unternommen. Das Gesetz sieht die Einrichtung eines unabhängigen Netzbetreibers vor, der für den Betrieb und den Ausbau des physischen Übertragungsnetzes sowie für die Rolle des Marktbetreibers verantwortlich sein wird. Mit der Gründung der Eskom-Tochtergesellschaft *National Transmission Company South Africa* (NTCSA) wurde dieser unabhängige Netzbetreiber eingerichtet.⁵³

Jedoch müssen weiterhin die Fragen geklärt werden, wie man hohe EE-Kapazitäten, die exklusiv für die Produktion von grünem Wasserstoff vorgesehen sind, in das Stromnetz integriert sowie den Lizenzierungsprozess beschleunigt und mit der Vergabe von anderen Betriebsgenehmigungen synchronisiert.

⁵¹ (South African Government, 2022)

⁵² (Calitz & Wright, 2021)

⁵³ (Department of Mineral Resources and Energy, 2022)

6.5 Hemmnisse und Herausforderungen für den Ausbau von Wasserstoff

In der gegenwärtigen frühen Entwicklungsphase der südafrikanischen Wasserstoffwirtschaft bestehen Markthemmnisse, die sich negativ auf die Hebung des vorhandenen Potentials und den zügigen Ausbau der grünen Wasserstoffproduktion auswirken können.

Dazu zählen die folgenden Aspekte:

- Weitere Strommarktreformen sind notwendig, um einen wettbewerbsorientierten Strommarkt mit konkurrierenden Versorgern zu etablieren, der eine kostengünstige 24/7-Versorgung mit EE-Strom sicherstellt;
- Die Regelungen für Stromdurchleitung (Wheeling) sind noch zu komplex, intransparent und führen zu erhöhten Kosten;
- Der Netzausbau muss beschleunigt werden. In vielen ländlichen Gebieten mit herausragendem EE-Potential sind die vorhandenen Netze nicht darauf ausgelegt, große Mengen EE-Strom aufzunehmen;
- Die Bewertung des Regulierungsbedarfs zur Ermöglichung eines wettbewerbsfähigen Wasserstoffmarktes steht noch aus. Regulierungshürden müssen minimiert und Prozesse vereinfacht werden;
- Bisher bestehen noch keine Leitfäden für die verschiedenen Schritte im Rahmen der zahlreichen Genehmigungsprozesse (z.B. Umweltfolgeabschätzung). Auch sind die Verantwortlichkeiten verschiedener Behörden noch unklar;
- Lizenzierungsprozess für H₂-Projekte muss mit der Vergabe von anderen Betriebsgenehmigungen synchronisiert werden (z.B. EE-Stromerzeugung);
- Südafrika muss die Infrastruktur für die Speicherung und den Transport von grünem Wasserstoff und Derivaten deutlich ausbauen.

Allgemeine Hürden:

- Relativ hoher zeitlicher Aufwand für Projektakquise und meist ein langer Zeitraum zwischen Erstkontakt und tatsächlicher Projektumsetzung. Die Zusammenarbeit mit einem lokalen Partner bzw. eine lokale Präsenz ist daher fast unumgänglich.
- Die relativ hohen lokalen Zinssätze und der Trend zu Abnahmeverträgen bedingt, dass Projektentwickler über eigene Zugänge zu Finanzierung verfügen sollten, um erfolgreich am Markt agieren zu können.
- Black Economic Empowerment (BEE) und Local-Content-Vorgaben bei öffentlichen Ausschreibungen können zu Nachteilen für internationale Akteure führen.

7. Umsetzungsoptionen

Der vorliegende Projektvorschlag bezieht sich auf eine integrierte, industrielle Wertschöpfungskette der Wasserstoffwirtschaft: vom „grünen Elektron“ bis hin zum „grünen Molekül“. Das bedeutet, dass die einzelnen Prozessschritte direkt miteinander verkettet sind und die Strom-, Kohlenstoff- und Wasserversorgung mit den chemischen Prozessen eng verknüpft ist. Diese Struktur erfordert ein hohes Maß an interdisziplinärer Koordination zwischen den Teilprojekten, was es erschwert, die Projektteile unabhängig voneinander umzusetzen. Vielmehr wird ein integriertes Management benötigt, das sich gut in einem konsortialen Ansatz darstellen lässt.

Die Zusammenarbeit des Konsortiums, die Rolle der beteiligten Firmen sowie die Projektorganisationsstruktur soll in der Konsortialbildungsphase und während der Projektentwicklung gemeinsam bestimmt werden. Der Grad der Teilhabe der Konsortiumsmitglieder an der Umsetzung der Projektopportunität ist dabei von den Interessen der einzelnen Akteure abhängig. Verschiedene Formen der Einbeziehung erscheinen möglich: von reiner Dienstleistungserbringung und Technologielieferung bis hin zur Beteiligung an der Projekt- / Betreibergesellschaft.

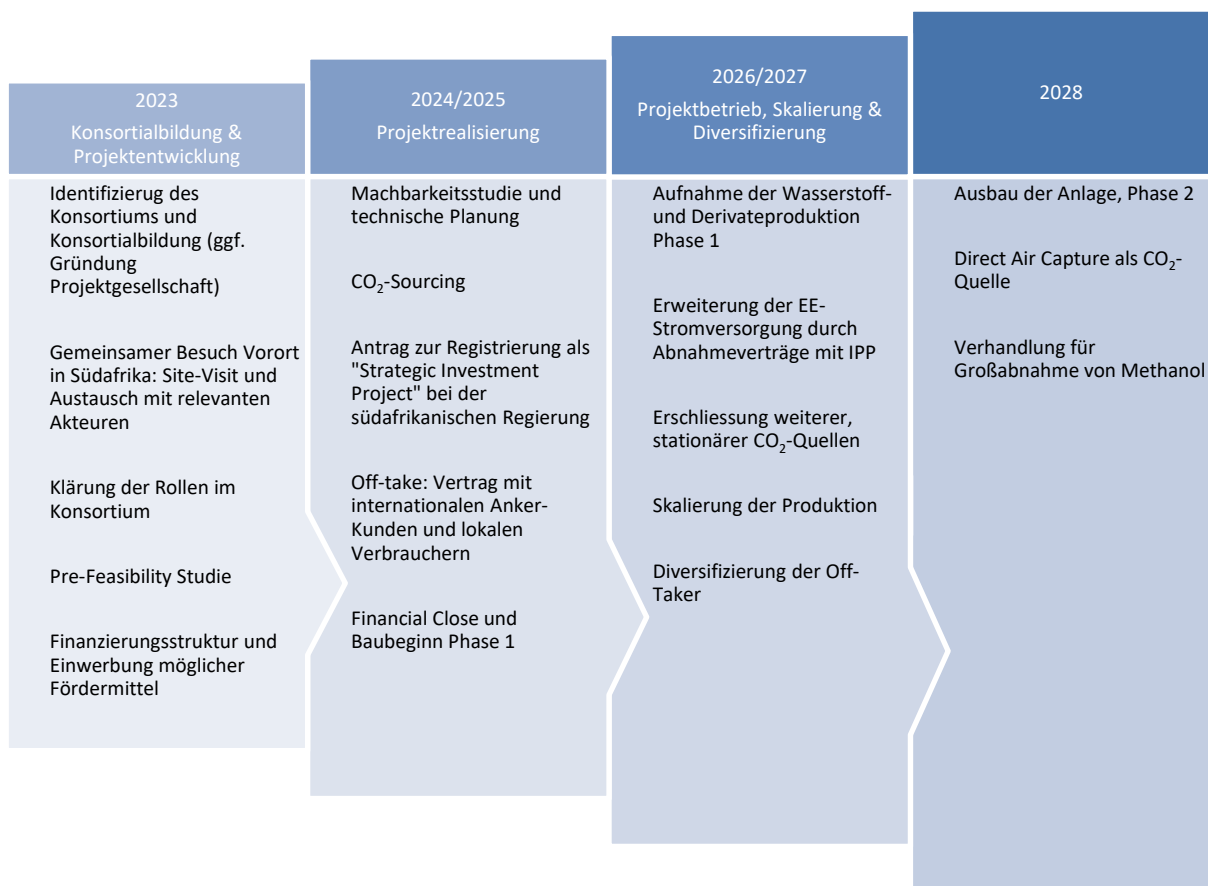


Abbildung 11: Geplanter Zeitstrahl der Projektumsetzung

Quelle: (Heinermann, 2023)

Das Projekt ist ein größeres Investitionsvorhaben mit einem entsprechenden Zeitbedarf zur Implementierung. Dabei ist davon auszugehen, dass der zeitliche Rahmen der Umsetzung maßgeblich durch Bereitstellung der erneuerbaren Stromversorgung und CO₂-Quellen bestimmt wird. Die Errichtung und Inbetriebnahme der anderen Teilprojekte (z.B. Methanolsynthese) sind entsprechend an den Zeitplan der Fertigstellung der Strom- und CO₂-Versorgung zu koppeln.

8. Schlussbetrachtung und SWOT-Analyse

Südafrika verfügt über komparative Vorteile, die das Land in die Lage versetzen, ein relevanter Akteur in der entstehenden internationalen Wasserstoffwirtschaft zu werden – nicht nur im Hinblick auf die Produktion, Nutzung und den Export von Wasserstoff, sondern auch als Hersteller von Komponenten für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Jedoch müssen die regulatorischen Rahmenbedingungen zügig angepasst und verbessert werden, um die vorhandenen Potentiale vollends nutzen zu können.

Generell ist die Ausgangslage für die Realisierung der Projektopportunität positiv. Die Initiatoren der Projektopportunität, die südafrikanische Projektentwickler GeFP und Libalele Energy, verfügen über langjährige Erfahrungen in der Entwicklung und Umsetzung von Infrastrukturprojekten im Land. Die im Vergleich zu anderen potentiellen H₂-Exportländern relativ niedrigen Produktionskosten für grünen Wasserstoff und Methanol, gekoppelt mit dem erwarteten Nachfragewachstum, lassen Investitionen in grünen Wasserstoff in Südafrika und damit auch die Projektopportunität wirtschaftlich interessant erscheinen.

SWOT-Analyse Südafrika: grüner Wasserstoff

<p>Strengths (Stärken)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expertise mit grauem Wasserstoff: Herstellung und Weiterverarbeitung • Eigene Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten im Bereich grüner Wasserstoff • Technisches Potential für günstige, erneuerbare Energien ist groß, ausreichend Landfläche vorhanden • Diverse Kohlenstoff-Quellen – biogen und industriell – für Derivatsynthese vorhanden • Lokale Partner zur Umsetzung von Projekten vorhanden • Zugang zu Finanzierung für Investitionen in grüne Technologie generell vorhanden • Südafrika ist etablierter Handelspartner Deutschlands, dadurch sind alle wesentlichen Strukturen für bilaterale Geschäftstätigkeiten vorhanden 	<p>Weaknesses (Schwächen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulativer Rahmen für Wasserstoffwirtschaft ist noch wenig entwickelt bzw. nicht angepasst • Strommarkt bedarf weiterer Reformen, um die Bereitstellung von grünem Strom zu verbessern – gegenwärtig nur EE-Insellösungen für Elektrolyse denkbar • Übertragungsnetz muss ausgebaut werden, um Kapazität für EE zu erhöhen • Exportinfrastruktur für Wasserstoffwirtschaft noch wenig entwickelt <p>Im Falle einer Niederlassung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BEE-Konformität, um am lokalen Wirtschaftsleben/ an öffentlichen Ausschreibungen teilzunehmen • Abweichende Regelungen im Arbeitsrecht • Langwierige Verwaltungsprozesse und verschärfte Einreisbestimmungen • Hohe Konkurrenz um Fachkräfte
<p>Opportunities (Chancen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Export von Wasserstoff(produkten) und lokale Abnehmer von grünem Wasserstoff vorhanden • Herstellung von Komponenten für H₂-Wirtschaft möglich • Hohe Importabhängigkeit im Bereich Energie-, Wasserstoff-, Anlagentechnologie • Deutsche Unternehmen und Produkte haben sehr gute Reputation im Land, deutscher Wissensvorsprung im Bereich EE bekannt 	<p>Threats (Risiken)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unstetes Investitionsklima und Stagnation in einigen Wirtschaftssektoren • Anhaltendes strukturelles Defizit im Staatshaushalt, überschuldete Kommunen • Inkonsistente Wirtschaftspolitik, tendenziell schleppende Umsetzung von politischen Zielen • Ausgeprägte soziale und geographische Disparitäten • Wechselkursrisiko/volatiler Wechselkurs

Tabelle 5: SWOT-Analyse grüner Wasserstoff in Südafrika

Quelle: Eigene Darstellung AHK für das südliche Afrika

Profile der Marktakteure

Nachfolgend werden bedeutende Institutionen und Marktakteure im Bereich der grünen Wasserstoffwirtschaft und erneuerbaren Energien aufgeführt. Aufgrund der Datenschutzbestimmungen können nur die allgemeinen Kontaktdaten der Marktakteure zur Verfügung gestellt werden. Im Falle der Nennung von personalisierten Kontaktdaten waren diese bereits öffentlich zugänglich.

Regierungsstellen und öffentliche Einrichtungen

Department of Mineral Resources and Energy (DMRE) Trevenna Campus, Building 2C, C/o Meintjes & Francis Baard Street, Pretoria Tel.: +27(0)12 444 - 3000 E-Mail: enquiries@dmr.gov.za Web: www.dmr.gov.za	Verantwortung für die politische Gestaltung des Strom- und Energiemarktes.
Department of Trade, Industry and Competition (the dtic) 77 Meintjies Street, Sunnyside, Pretoria, Gauteng Tel.: +27 12 394 9500 E-Mail: contactus@thedtic.gov.za Web: www.thedtic.gov.za	Das Wirtschaftsministerium der Republik Südafrika.
Department of Science and Innovation (DSI) Meiring Naudé Road, Brummeria Private Bag X894, Pretoria Tel.: +27 12 843 6300 E-Mail: webmaster@dst.gov.za Web: www.dst.gov.za	Das DSI ist bestrebt, die sozioökonomische Entwicklung Südafrikas durch Forschung und Innovation zu fördern.
The Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) CSIR Main Campus, Meiring Naude Road, Pretoria Tel.: +27 12 841 2911 E-Mail: Enquiries@csir.co.za Web: www.csir.co.za	Staatliche Gesellschaft für angewandte Forschung und Entwicklung, vergleichbar den deutschen Fraunhofer-Instituten. Im Bereich Wasserstoff sind insbesondere das Energiezentrum sowie das Zentrum für Materialforschung relevant. Das CSIR ist auch Teil des HySA-Programmes.
National Energy Regulator of South Africa (NERSA) 526 Madiba St, Arcadia, Pretoria 0007 Tel.: +27 (0)12 401-4600 Web: www.nersa.org.za	Reguliert die Energiewirtschaft im Einklang mit staatlichen Gesetzen, Politiken, Normen und internationalen Best Practices, um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern.
HySA Systems South African Institute for Advanced Materials Chemistry (SAIAMC), University of the Western Cape, Robert Sobukwe Road, Bellville, Cape Town, 7535 Tel.: +27 (0)21 959 9321 Web: www.hysasystems.com	Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellensystemen, Prototypen und Produkten. Technologievalidierung und Systemintegration. Systemorientierte Materialforschung und -entwicklung.

Regierungsstellen und öffentliche Einrichtungen

HySA Infrastructure North-West University, Faculty of Engineering, Hoffman Street, Potchefstroom North West Province 2531 E-Mail: hysa@nwu.ac.za Web: www.hysainfrastructure.com	Anwendungen und Lösungen für die Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff. Bereitstellung neuartiger Technologien für die Wasserstoffherzeugung, Speicher- und Transportinfrastrukturen.
HySA Catalysis Private Bag X3 7701 Rondebosch, Cape Town Tel.: +27 21 650 2538 Web: www.hysacatalysis.uct.ac.za	Positionierung Südafrikas als wichtiger globaler Exporteur von Katalysatoren und Brennstoffzellenkomponenten. Aufbau einer Brennstoffzellen-Lieferkette mit lokalen Produktionspartnern. Etablierung eines Forschungsinstitutes für Brennstoffzellen und Wasserstoff. Ausbildung von südafrikanischen Ingenieuren und Wissenschaftlern für die Brennstoffzellenindustrie.

Projektentwickler, Energiefirmen, EPC und Services

Built Africa 133 Meeu St, Jan Niemand Park, Pretoria 0186 Tel.: +27 (0)12 800 1066 E-Mail: info@builtafrica.org.za Web: www.builtafrica.org.za	Die BuiltAfrica Group ist ein Investitions- und Entwicklungsunternehmen, das sich auf Sektoren konzentriert, die eine nachhaltige Entwicklung unterstützen. Die Firma ist Partner in Hive Hydrogen South Africa, dem Entwicklungskonsortium für eine Green Ammonia-Anlage in Nelson Mandela Bay.
Mitochondria Energy Company 94 Jan Smuts Avenue, Saxonwold Johannesburg 2196 Tel.: +27 11 486 1555 E-Mail: info@mitochondria.co.za Web: www.mitochondria.co.za	Entwicklung und Bau von Energieprojekten mit Fokus auf Wasserstoff und Brennstoffzellen. Mitochondria hat die erste stationäre Brennstoffzelle Afrikas realisiert. 100 kW zur Versorgung der Chamber of Mines in Johannesburg.
African Clean Energy Developments Fernwood House, The Oval, 1 Oakdale Rd, Newlands 7700, Cape Town Tel.: +27 21 670 1402 E-Mail: info@aced.co.za Web: www.aced.co.za	EE-Projektentwickler, der im Rahmen des REIPPPP erfolgreich abgeschlossene Projekte von über 1.200 MW entwickelt hat, über 715 MW Windkraft und über 473 MW Photovoltaik Solar.
Enertrag South Africa Pegasus Building 1, 210 Amarand Avenue, Menlyn Maine, Pretoria Tel.: +27(0)12 003 2915 E-Mail: info@enertrag.co.za Web: www.enertrag.co.za	Südafrikanische Tochtergesellschaft von Enertrag aus Brandenburg. Entwicklung von Windkraftprojekten in Südafrika. Einer der Pioniere im Bereich grüner Wasserstoff und an mehreren Projekten beteiligt.
juwi South Africa 20th Floor, The Halyard, 4 Christiaan Barnard St, Foreshore, Cape Town 8001 Tel.: +27 (0)21 831 6100 Web: www.juwi.co.za	Südafrikanische Tochter der deutschen juwi AG. Etablierter PV- und Windkraftentwickler.

Projektentwickler, Energiefirmen, EPC und Services

Energy Partners Old Oak Office Park 2 7530, 2 Edmar St, Bellville, Cape Town 7550 Tel.: +27 (0)21 941 5140 E-Mail: info@energypartners.co.za Web: www.energypartners.co.za	Planung, Bau, Finanzierung von Energieprojekten. Einer der Marktführer im Bereich Energiedienstleistungen.
Tractebel Engineering South Africa (Engie) G02 Oxford House, 17 Park Lane, Century City, Cape Town, 7441 Tel.: +27 826 826 798 Web: www.tractebel-engie.com	Beratungs- und Ingenieurdienstleistungen in den Bereichen Energie, Wasser, Kernkraft und Infrastruktur für die ENGIE-Gruppe sowie für nationale und internationale Institutionen und Kunden aus dem öffentlichen und privaten Sektor. Bereits involviert in H ₂ -Projekte in Südafrika (Hydrogen Valley).
thyssenkrupp Uhde South Africa 345 Rivonia Blvd, Rivonia, Johannesburg, 2128 Tel.: +27 11 236 1000 Web: www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/	Spezialisierte Anbieter fortschrittlicher chemischer Technologien und integrierter, umweltfreundlicher EPC-Lösungen und -Dienstleistungen. Uhde bietet das gesamte Spektrum an Dienstleistungen für Düngemittel, Petrochemie, Öl und Gas, Elektrolyse, Chlor-Alkali, grüne Energie (grüner Wasserstoff, grünes Ammoniak, grünes Methanol usw.).
G7 renewable energies 25 Buitengracht St, Cape Town City Centre, Cape Town 8000 Tel.: 27 (0)21 300 0610 E-Mail: info@g7energies.com Web: www.g7energies.com	Ein etablierter EE-Projektentwickler mit einer umfassenden Pipeline von Windprojekten im ganzen Land, insgesamt mehr als 2 GW.
Sola Group Building 2, Commerce Square, 39 Rivonia Rd, Sandhurst, 2194 Johannesburg Jhb Tel: +27 10 597 3538 E-Mail: info@solagroup.co.za Web: www.solagroup.co.za	Vertikal-integrierter PV-Entwickler: Planung, Finanzierung, EPC, Betrieb. Unter anderem beteiligt am ersten PV-Wheeling-Projekt. Bereits 6,7 MWh Batteriespeicher realisiert. Büros in Johannesburg, Kapstadt und Durban.
African Rainbow Energy and Power (AREP) 9 Impala Rd, Chislehurst, Sandton, 2196 Johannesburg Web: www.arep.co.za	Gut positionierter IPP mit über 740 MW installierter Kapazität. Rund 680 MW in Realisierung. Windkraft und PV.
Scatec South Africa 3 Dock Road, 2nd Floor North Wing, Waterway House, V&A Waterfront, Cape Town 8001 Tel.: +27 (0) 21 202 1230 E-Mail: post.za@scatec.com Web: www.scatec.com/locations/south-africa/#south-africa	Führender PV-IPP und Entwickler in Südafrika. Über 480 MW installierte Kapazität.
BTE Renewables Building 1, Design Quarter District, Fourways 2191, Johannesburg Tel.: +27 (11) 367 4600 E-Mail: info@bterenewables.com Web: www.bterenewables.com	Erfahrener EE-Entwickler und IPP. Rund 450 MW Windkraft und PV realisiert.

H₂-Produzenten, Technologie- und Komponentenhersteller

Sasol

Sasol Place, 50 Katherine Street,
Sandton 2196, Johannesburg
Tel.: +27 10 344 5000
E-Mail: sasolqueriesandenquiries@sasol.com
Web: www.sasol.com

Sasol ist ein transnationales Unternehmen der Erdöl- und chemischen Industrie. Die Firma mit Sitz in Johannesburg ist Südafrikas zweitgrößtes Industrieunternehmen. Das Hauptgeschäft von Sasol ist die Weiterverarbeitung von Kohle und Erdgas mittels Kohlevergasung und Fischer-Tropsch-Synthese zu Benzin und Grundstoffen für die chemische Industrie.

Sasol ist maßgeblich in H₂-Projekte involviert und kann als Schlüsselakteur beim Aufbau einer H₂-Wirtschaft in Südafrika erachtet werden.

Afrox

Grayston Office Park, Building 7
128 Peter Road, Sandown
Sandton 2196, Johannesburg
Tel.: +27 11 490 0400
Web: www.afrox.co.za

African Oxygen Limited (Afrox), Teil der Linde-Gruppe, ist der Marktführer für Industriegase in Subsahara-Afrika. Involviert in mehrere H₂-Pionierprojekte in Südafrika.

Air Liquide South Africa

Cnr Andre Marais & Old Vereeniging Road,
Alrode 1451, Gauteng
Tel.: +27 11 389-7000
Web: www.industry.airliquide.co.za

Südafrikanische Tochter des französischen Konzerns AirLiquide. Produzent von Industrie- und Spezialgasen in Konkurrenz zu Afrox. Unter anderem involviert im Projekt Hydrogen Valley.

PetroSA

151 Frans Conradie Drive
PAROW 7500, Cape Town
Tel.: +27 21 929 3000
E-Mail: procurement@petrosa.co.za
Web: www.petrosa.co.za

PetroSA ist die staatliche Öl- und Gasfirma Südafrikas. Eine der Hauptaktivitäten ist die Herstellung synthetischer Kraftstoffe aus Offshore-Gas in einer der weltweit größten Gas-to-Liquid-Raffinerien (GTL) in Mossel Bay, Südafrika.

Isondo Precious Metal

FutureSpace, 61 Katherine St, Sandhurst,
Sandton 2149, Johannesburg
Tel.: +27 10 300 6028
E-Mail: info@isondopm.com
Web: www.isondopm.com

Hersteller und Lieferant von PGM-basierten Membran-Elektroden (MEAs) und Vorprodukten.

Bambili Energy

Nicol Grove Office Park
Leslie Road, Fourways 2055,
Johannesburg
Tel.: +27 11 513 3587
E-Mail: info@bambilienergy.com
Web: www.bambilienergy.com

Südafrikanischer Hersteller von stationären Brennstoffzellen.

CHEM Energy SA

27 Umkhomazi Drive, Dube TradeZone,
La Mercy, 4399
KwaZulu-Natal
Tel.: +27 32 815 3220
Web: www.chemenergysa.com

Fertigung von Brennstoffzellen bis 20 kW (Methanol-Wasser-Mix). Einsatz vor allem im Bereich der Energieversorgung von Mobilfunkmasten.

H₂-Produzenten, Technologie- und Komponentenhersteller

Hydroxholdings

C/O Tungsten Rd and Wakis Ave,
Inospace Metro Works, Unit E4
Strydom Park, Randburg, 2169
Tel.: +27 (0)11 791 5856

Web: www.hydroxholdings.co.za

Südafrikanischer Entwickler und Hersteller von alkalischen Elektrolyseuren. Der Ansatz von Hydrox verbindet die Vorteile der alkalischen Elektrolyse mit denen der PEM-Systeme. Allerdings befindet sich Hydrox erst in der vorkommerziellen Test-/Entwicklungsphase.

Hyplat

New Engineering Building
Corner South Lane & Madiba Circle
Cape Town, 7700
Tel.: +27 (0)21 650 7059

Web: www.hyplat.com

Die Firma ist eine erfolgreiche Ausgründung aus dem HySA Catalysis Programme. HyPlat ist ein Hersteller und Lieferant von Membran-Elektroden (MEAs) und Brennstoffzellenkomponenten für die globale Brennstoffzellenindustrie.

RTS Africa Technologies

309B Zasm St, Waltloo,
Pretoria, 0184
Tel.: +27 (0)87 265 9591

Web: www.rtsafrica.co.za

Wasserstoffspezifische Überwachungslösungen, die in der Lage sind, Wasserstoff gegen praktisch alle Hintergrundgase zu erkennen und zu messen. Außerdem Vertrieb, technische Unterstützung und Dienstleistungen für NEL Elektrolyse-Anwendung.

Deutsche Vertretungen

Deutsche Botschaft in Pretoria

Division for Economic Affairs and Energy
201 Florence Ribeiro Avenue
Groenkloof, Pretoria
Tel.: +27 (0)12 427 8935

E-Mail: wi-1@pret.diplo.de

Web: www.southafrica.diplo.de/

Offizielle Vertretung der Bundesrepublik Deutschland in Südafrika.

Deutsche Industrie- und Handelskammer für das südliche Afrika (AHK)

47 Oxford Rd, Forest Town 2193
Johannesburg
Tel.: +27 (0)11 486 2775

E-Mail: info@germanchamber.co.za

Web: www.germanchamber.co.za

Offizielle Vertretung der Deutschen Wirtschaft und Außenwirtschaftsförderung der Bundesrepublik Deutschland im Auftrag der Bundesregierung. Dediziertes Kompetenzzentrum für Klima und Umwelt (Themen: Energie, Wasser, Kreislaufwirtschaft).

Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ)

333 Grosvenor Street, Hatfield Gardens,
Pretoria
Tel.: +27 (0)12 423 5900

E-Mail: giz-suedafrika@giz.de

Web: www.giz.de/de/weltweit/17790.html

Die GIZ ist eine Organisation der Entwicklungszusammenarbeit (EZ), die im Auftrag verschiedener Ministerien der Bundesrepublik Deutschland international tätig ist. In Südafrika fokussiert die Arbeit der GIZ stark auf die Themen erneuerbare Energien, Wasserstoff und Klimaschutz.

KfW IPEX-Bank GmbH

Representative Office Johannesburg

3 on Glenhove, Corner Glenhove Rd and
Tottenham Ave, 2196 Melrose,
Johannesburg
Tel.: +27 11 507 25 00

Web: www.kfw-ipex-bank.de

Finanzierung von europäischen Exporten und deutschen Direktinvestitionen. Das Mandat der KfW IPEX-Bank umfasst außerdem die Unterstützung von Projekten zur Rohstoffsicherung Deutschlands.

Deutsche Vertretungen

DEG/KfW Representative Office

Johannesburg

3 on Glenhove, Corner Glenhove Rd and
Tottenham Ave, 2196 Melrose,
Johannesburg

Tel.: +27 11 507 25 00

Web: www.deginvest.de

Langfristige Finanzierung von Finanzinstituten, Infrastrukturvorhaben, Unternehmen und Fonds. Entwicklung maßgeschneiderter Finanzierungslösungen in EUR, USD und ZAR für Partner und Kunden. Beratung zu den Förderprogrammen der DEG.

Quellenverzeichnis

- (19. Juni 2023). Abgerufen am 20. 09 2023 von Deutschland und Südafrika: Bilaterale Beziehungen:
<https://www.auswaertiges-amt.de/de/service/laender/suedafrika-node/bilateral/208386>
- Allianz Trade. (19. September 2023). *Country Risk Rating Südafrika*. Abgerufen am 19. Januar 2023 von
https://www.allianz-trade.com/en_GL/economic-research/country-reports/South-Africa.html#link_internal_1
- Auslandsgeschäftsabsicherung der Bundesrepublik Deutschland. (15. Januar 2023). *Südafrika - Deckungspraxis und Exportgarantien*. Abgerufen am 15. Juli 2023 von
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/15731/umfrage/export-von-guetern-aus-suedafrika/>
- Auswärtiges Amt. (17. November 2022). *Statement von Bundesaußenministerin Annalena Baerbock zu COP 27*.
Abgerufen am 14. Mai 2023 von Auswärtiges Amt: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/newsroom/-/2564330>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (01. August 2019). Abgerufen am 19. Januar 2023 von
Konsortialbildung im Energiebereich: Chancen durch partnerschaftliches Auslandsgeschäft nutzen:
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2019/08/kapitel-1-4-konsortialbildung-im-energiebereich.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (27. Juni 2023). Abgerufen am 18. August 2023 von Deutschland
und Südafrika unterzeichnen Kooperationsvereinbarung für grünen Wasserstoff:
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/06/20230627-deutschland-suedafrika-kooperationsvereinbarung-gruener-wasserstoff.html>
- Calitz, J., & Wright, J. (Februar 2021). *Statistics of utility-scale power generation in South Africa in 2020*. Abgerufen am
08. März 2022 von <https://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/11865>
- Cliffe Dekker Hofmeyer. (14. April 2021). *Green hydrogen: The new kid on the green energy block and its potential
environmental permitting requirements and challenges*. Abgerufen am 22. Mai 2023 von
<https://www.cliffedekkerhofmeyr.com/en/news/publications/2021/Environmental/environmental-alert-14-april-Green-hydrogen-The-new-kid-on-the-green-energy-block-and-its-potential-environmental-permitting-requirements-and-challenges.html>
- Creamer, M. (22. 06 2023). *Mining Weekly*. Abgerufen am 02. 07 2023 von Mining Weekly:
<https://www.miningweekly.com/article/green-hydrogen-presenting-south-africa-with-good-target-point-nedbank-2023-06-22>
- Daily Maverick. (17. Februar 2022). *JUST TRANSITION - Blade Nzimande launches hydrogen roadmap to a greener
future for South Africa*. Abgerufen am 21. Februar 2022 von <https://www.dailymaverick.co.za/article/2022-02-17-blade-nzimande-launches-hydrogen-roadmap-to-a-greener-future-for-south-africa/>
- Decarbonisation Technology. (Mai 2023). Abgerufen am 26. Oktboer 2023 von Conversion of CO₂ to methanol:
<https://decarbonisationtechnology.com/article/162/conversion-of-co2-to-methanol#:~:text=Accordingly%2C%20about%201.38%20t%20of,produce%20one%20tonne%20of%20methanol.>
- Department Government Communications Republic of South Africa. (2019). *South Africa Year Book 2016/2017*.
Abgerufen am 08. Mai 2023 von <https://www.gcis.gov.za/content/resourcecentre/sa-info/yearbook2016-17>
- Department of Mineral Resources and Energy. (10. Februar 2022). *ELECTRICITY REGULATION AMENDMENT BILL*.
Abgerufen am 10. März 2022 von
https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202203/45898gon1746.pdf
- Department of Public Works and Infrastructure. (06. Dezember 2022). Abgerufen am 16. August 2023 von Strategic
Integrated Projects: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202212/47658gon2835.pdf
- Deutsche Energie-Agentur. (November 2015). Abgerufen am 21. Mai 2023 von Systemlösung Power to Gas.:
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9096_Fachbroschuere_Systemloesung_Power_to_Gas.pdf
- Engineering News. (08. September 2021). Abgerufen am 06. Juli 2023 von South Africa's green hydrogen 'first mover'
opportunity based on three structural advantages: <https://www.engineeringnews.co.za/article/south-africas-green-hydrogen-first-mover-opportunity-based-on-three-structural-advantages-2021-09-08>

- Engineering News. (13. April 2023). Abgerufen am 08. Mai 2023 von Mitochondria's R4.3 billion investment in Proposed Vaal SEZ: <https://www.engineeringnews.co.za/article/mitochondrias-r43-billion-investment-in-proposed-vaal-sez-2023-04-13>
- Euler Hermes. (15. Januar 2022). *Country Report South Africa*. Abgerufen am 15. Januar 2022 von https://www.eulerhermes.com/en_global/economic-research/country-reports/South-Africa.html#link_internal_3
- Europäische Kommission. (25. Oktober 2023). Abgerufen am 25. Oktober 2023 von Wechselkurs (InforEuro): https://commission.europa.eu/funding-tenders/procedures-guidelines-tenders/information-contractors-and-beneficiaries/exchange-rate-infoeuro_de
- European Commission. (Januar 2022a). Abgerufen am 17. Mai 2023 von Powerfuels 2: Stimulating domestic hydrogen consumption opportunities in South Africa: <https://www.euchamber.co.za/wp-content/uploads/2022/01/Stimulating-domestic-hydrogen-consumption-opportunities-in-South-Africa-January-2022-1.pdf>
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (23. April 2019). Abgerufen am 21. Mai 2023 von Elektrolyse – Die Schlüsseltechnologie für Power-to-X: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/elektrolyse-die-schlueseltechnologie-fuer-power-to-x/>
- Germany Trade & Invest. (23. Juni 2023). Abgerufen am 26. 06 2023 von Südafrika schlittert knapp an Rezession vorbei: <https://www.gtai.de/de/trade/suedafrika/wirtschaftsumfeld/suedafrika-schlittert-knapp-an-rezession-vorbei-255988>
- Germany Trade ad Invest. (2023). *Südafrika - Zwischen Wirtschaftskrise und Reformen*. Abgerufen am 21. Juli 2023 von Germany Trade ad Invest: <https://www.gtai.de/de/trade/suedafrika/wirtschaftsumfeld/suedafrika-zwischen-wirtschaftskrise-und-reformen-603630>
- globalfactor. (22. September 2023). Abgerufen am 05. Oktober 2023 von New EU regulations on Shipping: <https://www.globalfactor.com/en/new-eu-regulations-on-shipping/>
- Green Cape. (2021). *Energy Services Market Intelligence Report*. Cape Town. Abgerufen am 30. August 2021 von https://www.green-cape.co.za/assets/Energy_Services_MIR_2021_31_3_21.pdf
- Green Cape. (2021b). Abgerufen am 05. Dezember 2021 von Utility-Scale Renewable Energy Market Intelligence Report: https://green-cape.co.za/assets/Renewable_Energy_MIR_2021_31_3_21.pdf
- Green Hydrogen Organisation. (2022). *Africa Green Hydrogen Alliance holds regional forum to agree ambition ahead of COP27*. The Africa Green Hydrogen Alliance (AGHA). Abgerufen am 11. 07 2023 von <https://gh2.org/article/africa-green-hydrogen-alliance-holds-regional-forum-agree-ambition-ahead-cop27>
- Heinermann, C. (06. Juni 2023). Green Methanol Corridor Project. (J. Hauser (AHK südliches Afrika), Interviewer) Johannesburg, Südafrika.
- HySA Systems. (2022). Abgerufen am 14. June 2023 von About Hydrogen South Africa: <https://www.hysasystems.com/index.php/about-hysa>
- IHS Markit. (2021). *A Super H2igh Road* Scenario for South Africa*. Abgerufen am 24. 05 2023 von <https://www.ee.co.za/wp-content/uploads/2021/06/IHS-Markit-Super-H2igh-Road-Scenario-for-South-Africa-Public-Report-6-21.pdf>
- Internationale Energie Agentur. (September 2022). Abgerufen am 14. Februar 2023 von Global Hydrogen Review 2022: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c5bc75b1-9e4d-460d-9056-6e8e626a11c4/GlobalHydrogenReview2022.pdf>
- Invest SA. (2023). *One-Stop Shop*. Abgerufen am 22. Juni 2023 von Invest SA: <http://www.investsa.gov.za/one-stop-shop/>
- Lotsenstelle Wasserstoff. (10. März 2022). *Fördermöglichkeiten auf internationaler Ebene*. Abgerufen am 18. Juni 2023 von <https://www.bmwi.de/Navigation/DE/Wasserstoff/Foerderung-Interational/foerderung-international.html>
- Mail & Guardian. (11. November 2021). *Sasol plans to further cement its role as a top global hydrogen producer*. Abgerufen am 09. Juni 2023 von <https://mg.co.za/environment/2021-11-11-sasol-plans-to-further-cement-its-role-as-a-top-global-hydrogen-producer/>
- methanex. (24. Oktober 2023). Abgerufen am 26. Oktober 2023 von Current Posted Prices Methanol: <https://www.methanex.com/about-methanol/pricing/>

- News24. (09. Juni 2021). *SA hydrogen industry could create up to 370 000 new jobs by 2050 - study*. Abgerufen am 07. Juli 2023 von <https://www.news24.com/fin24/Economy/South-Africa/sa-hydrogen-industry-could-create-up-to-370-000-new-jobs-by-2050-study-20210609>
- Roos (CSIR), T. (06. Dezember 2021). Potential for Green Hydrogen Production. (J. Hauser (AHK), Interviewer)
- Solarserver. (09. Februar 2022). Abgerufen am 21. Mai 2023 von Fraunhofer ISE erwartet Kosten von 400 bis 500 Euro pro kW für Wasserelektrolyse im Jahr 2030: <https://www.solarserver.de/2022/02/09/kostenanalyse-wasserelektrolyse-systeme/>
- Sollai, S. (05. Dezember 2022). Renewable methanol production from green hydrogen and captured CO₂: A techno-economic assessment. *Journal of CO₂ Utilization*, 68. Abgerufen am 20. September 2023 von Renewable methanol production from green hydrogen and captured CO₂: A techno-economic assessment: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212982022004644>
- South African Government. (17. Februar 2022). *Minister Blade Nzimande: Launch of Hydrogen Society Roadmap*. Abgerufen am 21. Februar 2022 von <https://www.gov.za/node/811734#:~:text=This%20led%20to%20the%20Cabinet,reduce%20unemployment%2C%20poverty%20and%20inequality.>
- South African Government. (24. Juni 2023). *Anti Corruption Task Team*. Abgerufen am 2023 von <https://www.gov.za/AntiCorruptionTaskTeam>
- South African Petroleum Industry Association. (05. November 2023). Abgerufen am 05. November 2023 von 2023 petroleum products prices in cents per litre: <https://www.sapia.org.za/fuel-prices/>
- South African Reserve Bank. (05. Oktober 2023). *Current Market Rates*. Abgerufen am 05. Oktober 2023 von <https://www.resbank.co.za/en/home/what-we-do/statistics/key-statistics/current-market-rates>
- Statistisches Bundesamt. (08. Juni 2023). *Südafrika - Statistisches Länderprofil*. Abgerufen am 11. Mai 2023 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Laenderprofile/suedafrika.pdf?__blob=publicationFile
- Taiyang News. (29. Oktober 2021). Abgerufen am 29. 05 2023 von 2.6 GW Renewable Energy Capacity For South African Auction: <https://taiyangnews.info/markets/south-africa-concludes-reipppp-round-5/>
- The Presidency Republic of South Africa. (2018). *National Planning Commission*. Abgerufen am 09. Mai 2018 von The National Development Plan: <https://nationalplanningcommission.wordpress.com/the-national-development-plan/>
- TradeWinds. (20. Juni 2023). Abgerufen am 20. September 2023 von Maersk's Morten Bo Christiansen on green methanol supply: 'We have mountains to climb': <https://www.tradewindsnews.com/containerships/maersk-s-morten-bo-christiansen-on-green-methanol-supply-we-have-mountains-to-climb-/2-1-1470250>
- World Economic Forum. (2019). *Global Competitiveness Report*. Abgerufen am 21. Juni 2023 von https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

