

Systematisches Vorgehen zur Analyse eines „Technologischen Innovationssystems (TIS)“ im Feld Wasserstoff am Beispiel der Südafrikanisch-Deutschen Energiepartnerschaft

Lukas Kasper & Eva Hauser (IZES gGmbH)

EnInnov 2024 | 14.-16. Februar 2024 TU Graz, Österreich

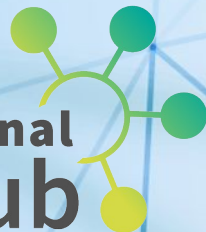
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

International
PtX Hub



Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Global
H₂-Upscaling



izes gGmbH
Institut für ZukunftsEnergie-
und Stoffstromsysteme



Einstieg in das Thema

Wasserstoff als
elementarer Bestandteil
der globalen
Energiewende

Deutschland kann auf Grund zu
geringer Kapazitäten Wasserstoff
nicht in ausreichenden Mengen
produzieren

Angewiesen auf Importe
aus dem Ausland mit Blick
auf den globalen Süden

Südafrika verfügt über optimale
Bedingungen zur grünen
Stromproduktion und stellt sich als
geeigneter H₂-Produktionskern dar

Durch die bestehende
Energiepartnerschaft soll die
Wasserstoffwirtschaft und damit das
H₂-Upscaling im Rahmen des
Innovationssystems gefördert werden

Einführung in „Technologische Innovationssysteme (TIS)“

B. Carlsson und R. Stankiewicz (1991)

- Wirtschaftliches Wachstum eines Landes spiegelt das Entwicklungspotenzial als Funktion der TIS wider
- Geschäftsmöglichkeiten, Ressourcen und institutionelle Infrastruktur Bestandteil der TIS
- Fokus auf Quellen des wirtschaftlichen Wandels in Verbindung mit organisatorischen und institutionellen Faktoren
- TIS bestehen aus Wissens- und Kompetenznetzen und dienen dem Zweck einer übergreifenden Anwendung einer spezifischen Technologie

A. Bergek, S. Jacobsson, B. Carlsson, S. Lindmark und A. Rickne (2008)

- Weiterführung zur Analyse von TIS sowie Innovationsdynamiken
- Analyseschema zur Identifikation von Schlüsselfragen und Erstellung konkreter Ziele in der Politik
- TIS enthalten all diejenigen Elemente, die den Innovationsprozess der Technologie beeinflussen
- Ein räumlich begrenztes TIS kann ohne Betrachtung seiner globalen Einbettung weder verstanden, noch bewertet werden

M.P. Hekkert, S.O. Negro, G. Heimeriks und R. Harmsen (2011)

- Nachschlagewerk mit Anleitungen und Erläuterungen für die Analyse von TIS zu Entscheidungsprozessen
- Primärfunktion deckungsgleich zu Hekkert et al.
- Festlegung von fünf (Entwicklungs-) Phasen zur Bewertung des Innovationssystems:
Pre-Development, Development, Take-Off, Acceleration, Stabilization

Einführung in „Technologische Innovationssysteme (TIS)“

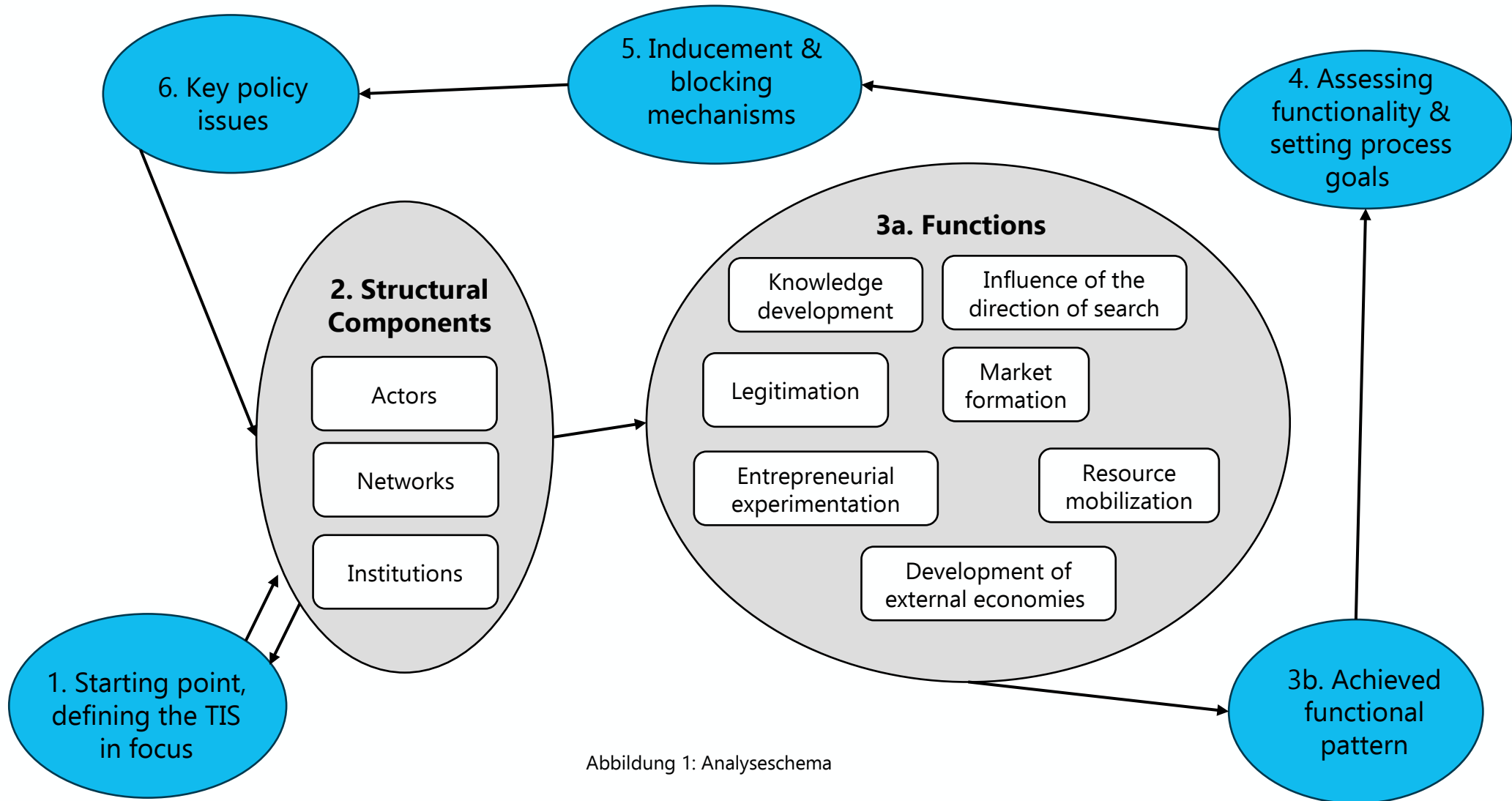


Abbildung 1: Analyseschema

Analyseeinheit und Systemgrenze

Fokus auf das Produkt Wasserstoff, mit gleichzeitiger Vertiefung auf die Produktion von grünem H₂ und auf das Hoheitsgebiet Südafrikas als räumliche Systemgrenze

Globaler Charakter des TIS bleibt bestehen, sodass externe Einflüsse einwirken können

Wasserstoff-Branche steht in ihrer Genese, womit ein stetiger und übergreifender Wissenstransfer sowie die Weiterentwicklung der Technologie einhergeht

Südafrika zeichnet sich durch seine Strukturen und Gegebenheiten als strategisch wichtiger Partner für die H₂-Produktion und -Vermarktung aus

Blick auf die strukturellen und systemischen Verhältnisse Südafrikas

Strukturelle Komponenten im TIS

	Akteure	Netzwerke/Beteiligungen
Privat	Bergbauunternehmen	National
	Energieunternehmen	National und international
	Technologieunternehmen	National
	Projektierungsunternehmen	National und international
	Forschungseinrichtungen	National und international
	Abnehmersektoren	National
Staatlich-öffentlich	Staatskonzerne	National
	Regulierungsbehörden	Internationale Partnerschaften
	Akademische und wissenschaftliche Einrichtungen	Nationale und internationale Kooperationen
Zivil-gesellschaftlich	Nichtregierungsorganisationen mit unterschiedlichen Schwerpunkten	National

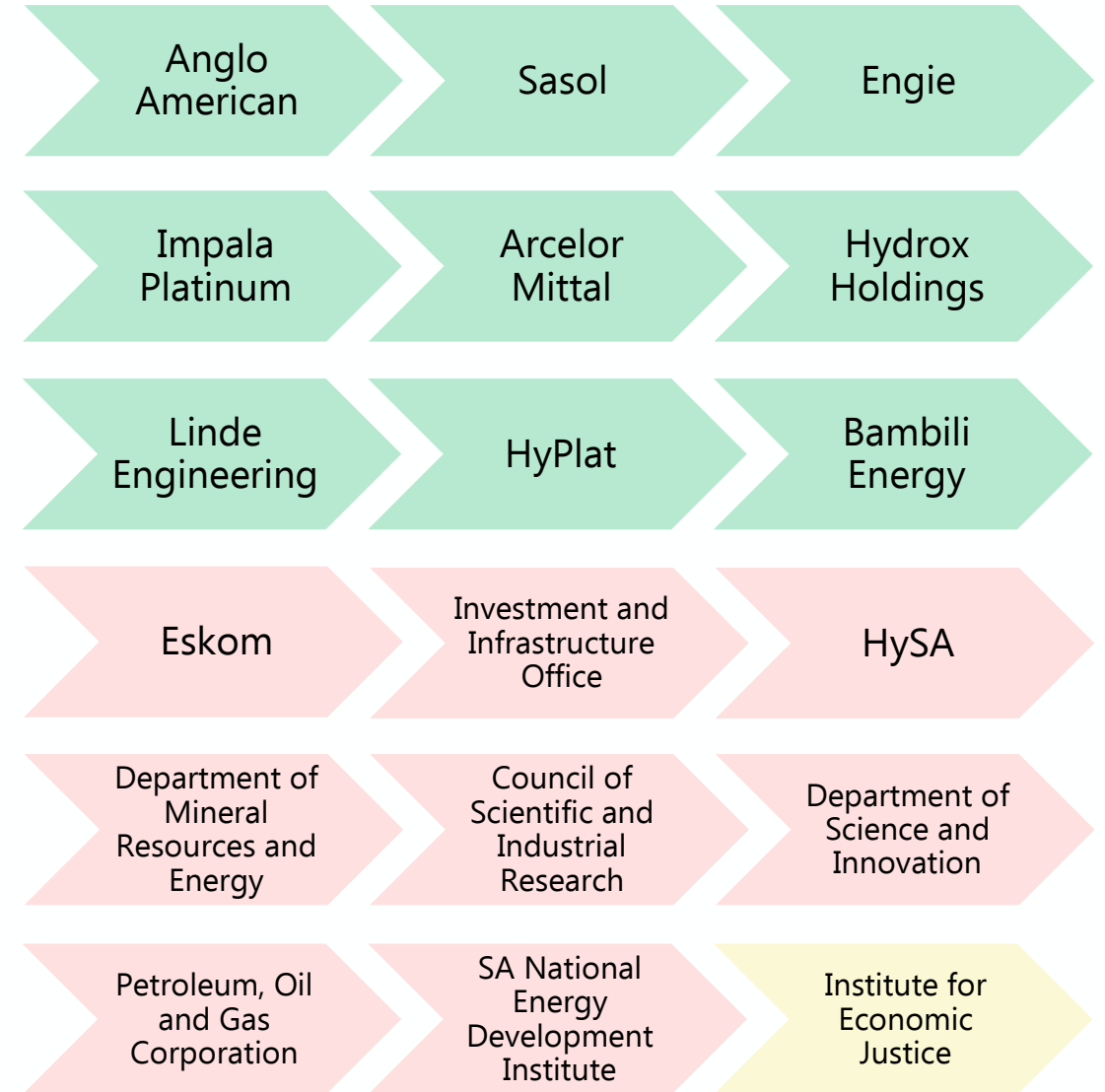


Tabelle 1: Kategorisierung der strukturellen Komponenten

Systemfunktionalität anhand des funktionellen Musters und der Systemgüte

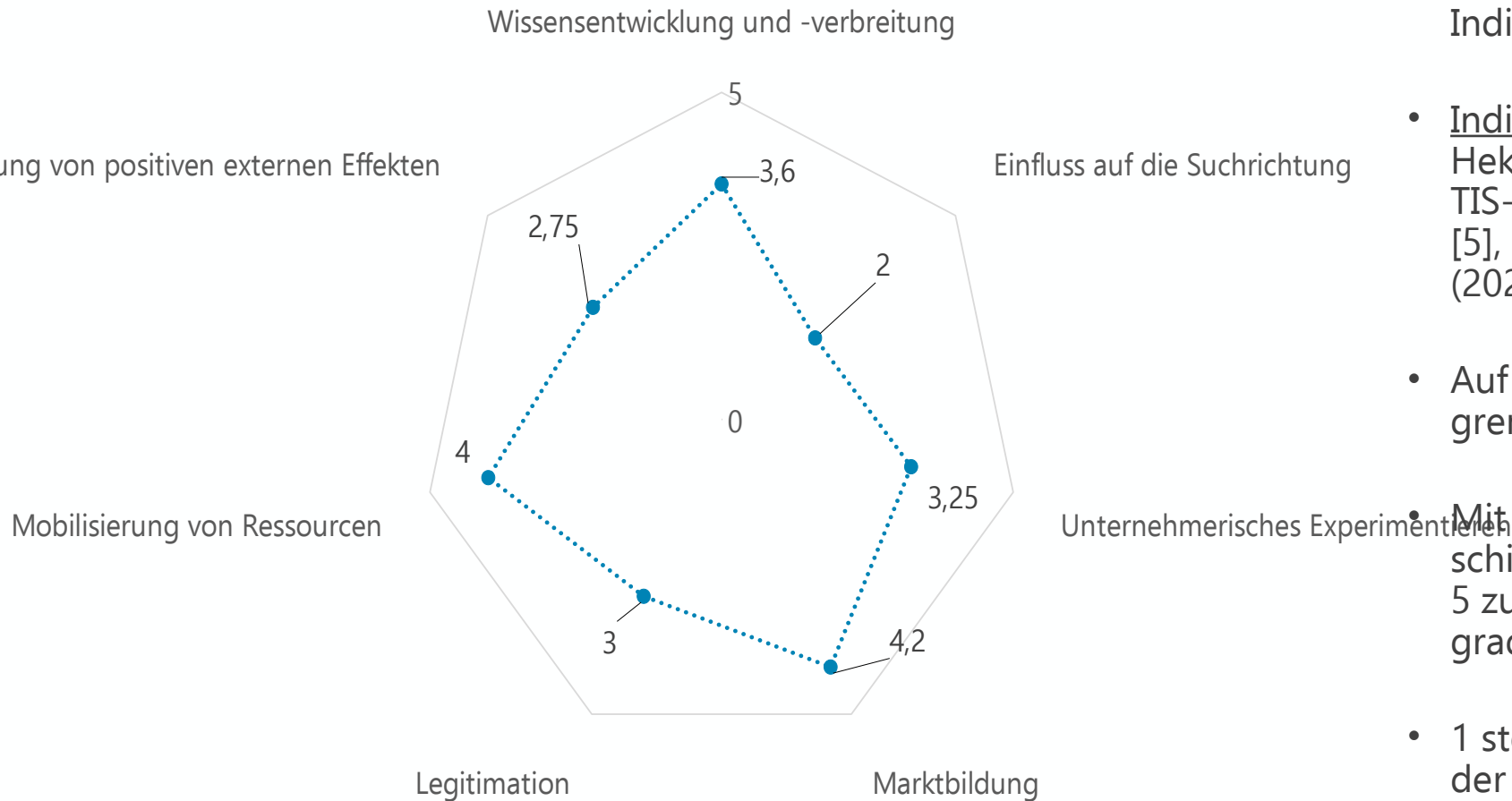


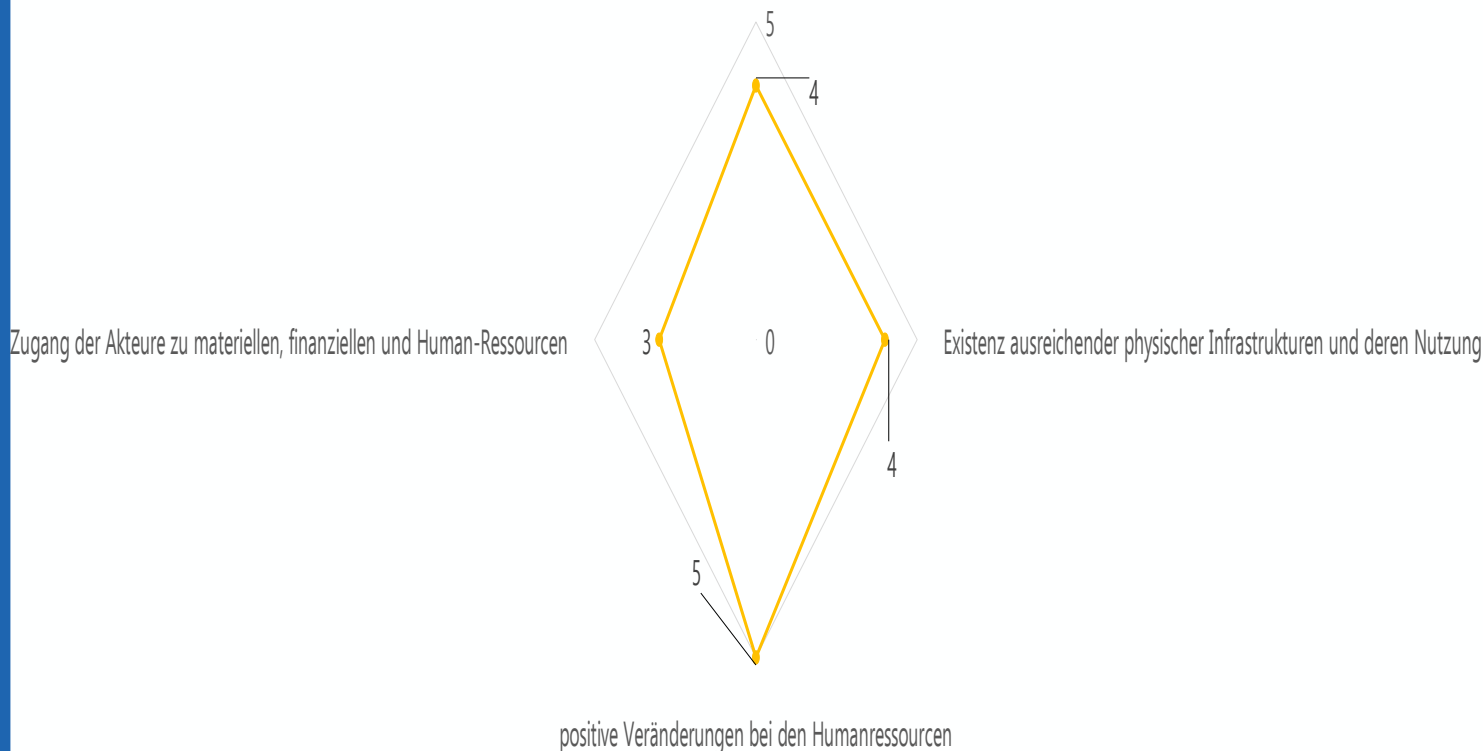
Abbildung 2: Bewertungsschema zu den sieben Primärfunktionen

- Bewertung anhand ausgewählter Indikatoren für jede Hauptfunktion
- Indikatoren aus: Bergeck et al. und Hekkert et al. sowie aus drei weiteren TIS-Studien von Esmailzadeh et al. (2020) [5], Furtado et al. (2020) [6] und Wandera (2020) [7]
- Auf maximal fünf pro Hauptfunktion begrenzt
- **Mit den Diagrammen werden den unterschiedlichen Indikatoren Werte von 1 bis 5 zugeordnet und somit der Erfüllungsgrad eines Indikators ermittelt**
- 1 steht für eine vollkommene Erfüllung der Indikatorleistung und 5 für einen mangelhaften, respektive unzureichenden Zielerfüllungsgrad

Systemfunktionalität anhand des funktionellen Musters

Beispiel: Mobilisierung von Ressourcen

Steigendes Kapitalvolumen durch private und öffentliche Investitionen



- Projektfinanzierung durch private Investitionen gewährleistet, diese jedoch gleichzeitig an politische Vorhaben gekoppelt
- Aktuelle Infrastruktur der Entwicklung zweckdienlich, langfristig aber nicht ausreichend
- Starke Einschränkung bei der Bildung von Humankapital auf Grund schwacher und nicht zielgerichteter Schul- und Ausbildungsstrukturen
- Trotz gegenwärtiger Hemmnisse, Bestrebungen auf politischer Ebene zur Erweiterung der Zugänge

Abbildung 3: Netzdiagramm zur Mobilisierung von Ressourcen

(Eigene Darstellung nach: Bergek et al. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems, S. 410 ff.; Esmailzadeh et al. (2020): A Functional Analysis of Technological Innovation Systems in Developing Countries, S. 7; Furtado et al. (2020): Of actors, functions, and fuels: Exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems, S. 4; Hekkert et al. (2011): Technological Innovation System Analysis, S. 10; Wandera (2020): The innovation system for diffusion of small wind in Kenya, S. 6)

Systemfunktionalität anhand der Systemgüte

Bewertung der Systemgüte anhand einer Einordnung der Technologie in die Phase ihrer Entwicklung

Bergek et al. unterscheiden hier zwischen der Gestaltungs- (A) und Wachstumsphase (B):

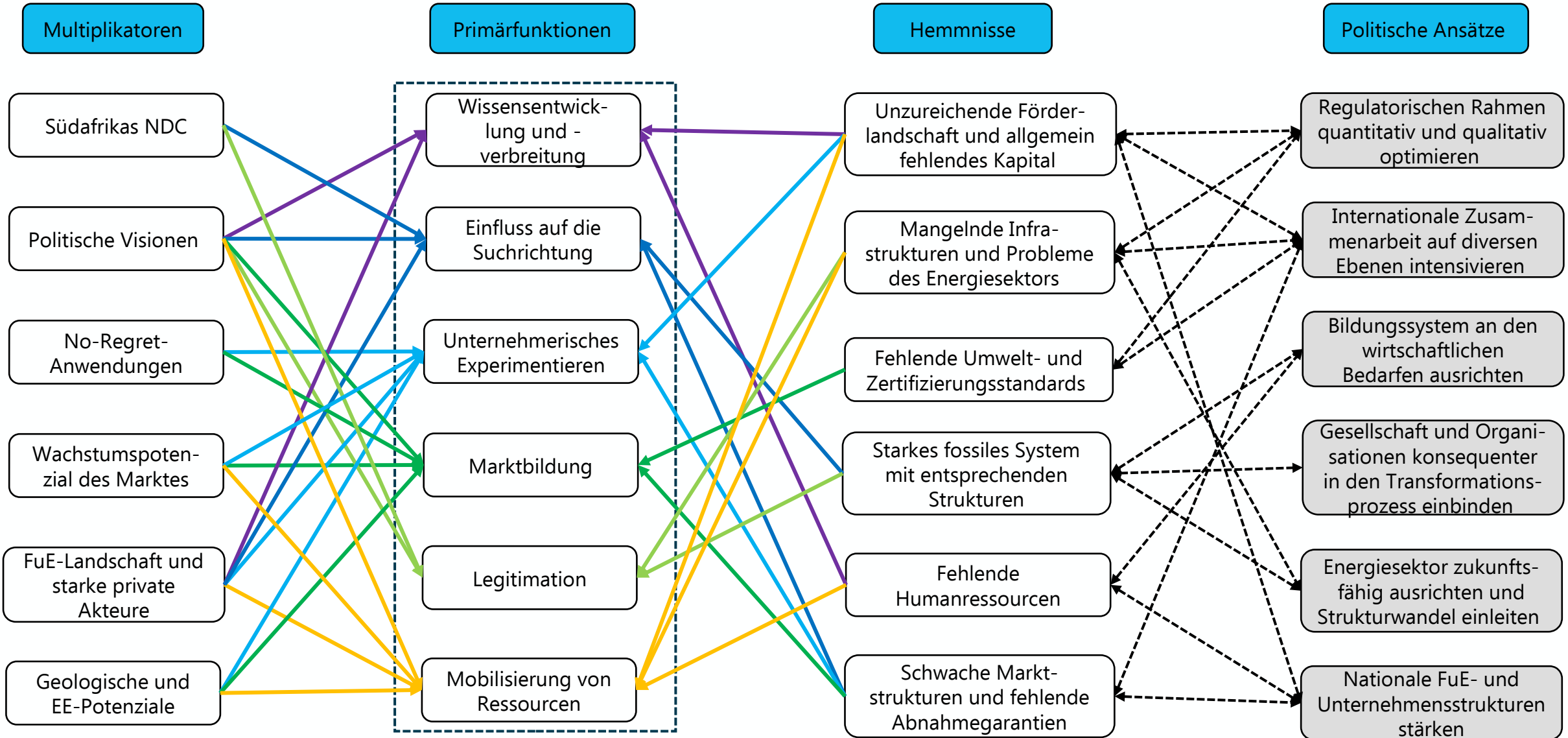
- (A) Hohe Unsicherheit im Technologiefeld und demnach auch auf dem Markt aus
- (B) Hochskalierung und Technologieverbreitung zu einem Massenmarkt

Unter Annahme der Entwicklungsphasen seitens Hekkert et al., befindet sich die Technologie in einem Zwischenstadium beider Phasen

Im System stehen primär die Aktivitäten zur Legitimation und Mobilisierung von Ressourcen im Vordergrund, was sich auf die Bewertung des funktionellen Musters auswirkt

Hemmnisse und Multiplikatoren des TIS in Südafrika

Abbildung 4: Analysematrix



Zusammenfassende Erkenntnisse aus dem TIS

Chancen

- Durch geologische Ressourcen sowie umfangreiche Potenzialflächen für EE eine starke Entwicklungsbasis
- Bestehende sowie vielfältige Forschungs- und Entwicklungslandschaft in Kombination mit starken Privatakteuren aus der Industrie
- Ambitionierte politische Bestrebungen und Visionen in Kombination mit dem prognostizierten Wachstumspotenzial des Marktes, den vorhandenen Optionen für No-Regret-Anwendungen sowie den vorgegebenen Klimabeiträgen Südafrikas

Hemmnisse

- Energiesektorale Probleme, bedingt durch Schieflage Eskoms sowie im Zuge dessen eine unterentwickelte Energieinfrastruktur
- Ein auf fossilen Rohstoffen basierendes Wirtschaftssystem mit enger Vernetzung zum Sozialsystem
- Gegenwärtig schwache Marktstrukturen sowie fehlende Anreize in der Förderlandschaft und ein ungenügendes Kapitalvolumen
- Verstärkung durch fehlende Umwelt- und Zertifizierungsstandards sowie unzureichend qualifizierte Humanressourcen
- Fehlende regulatorische Kohärenz durch isoliert stehende Pläne und Strategien

Ausblick

- Entwicklungen zum aktuellen Wasserstoffhochlauf nicht primär durch die Nachfrage aus einem bestimmten Sektor getrieben, sondern vor allem aus der Eigeninitiative privater Akteure
- Bedeutung bilateraler Kooperationen, wie zum Beispiel Energiepartnerschaften, zur Überwindung systemischer und struktureller Hemmnisse

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Lukas Kasper

LukasKasper96@gmx.de | kasper@izes.de

IZES gGmbH | Altenkesseler Straße 17, Gebäude A1 | 66115 Saarbrücken

Zugrundeliegende Masterarbeit verfügbar unter: <https://doi.org/10.22032/dbt.59228>

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag



Implemented by



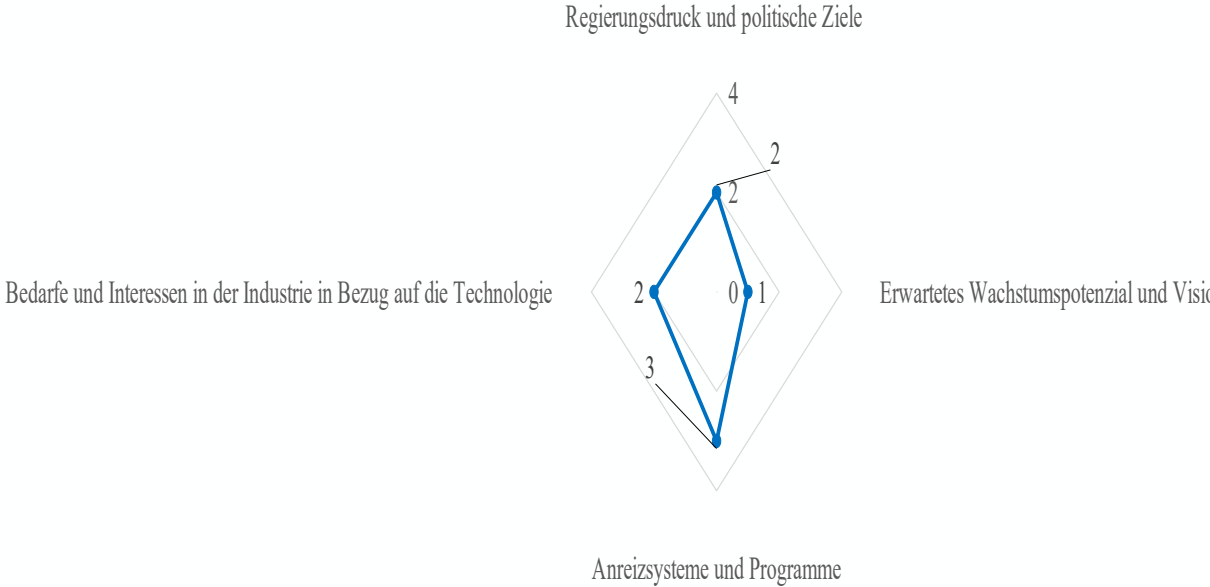
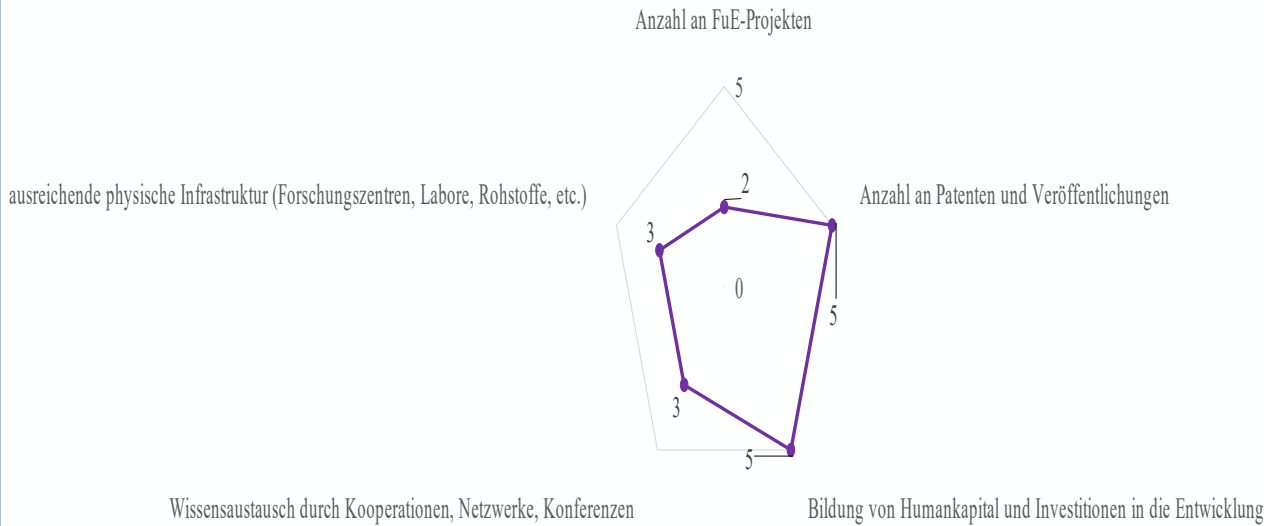
Referenzen

1. Matschoss, Patrick, et al (2021): Synthetische Kraftstoffe – Ökonomie, Gesellschaft, Nachhaltigkeit. In: FVEE Themen: Forschung für den Green Deal. Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2020. Hg. vom ForschungsVerbund Erneuerbare Energien, Berlin.
2. Carlsson, Bo; Stankiewicz, Rikard (1991): On the nature, function and composition of technological systems. In: Journal of Evolutionary Economics (Volume 1, Issue 2), 93–118. Springer Science+Business Media LLC.
3. Bergek, Anna; Jacobsson, Staffan; Carlsson, Bo; Lindmark, Sven; Rickne, Annika (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. In: Research Policy 37 (3), S. 407–429. DOI: 10.1016/j.respol.2007.12.003.
4. Hekkert, Marko; Negro, Simona; Heimeriks, Gaston; Harmsen, Robert (2011): Technological Innovation System Analysis. A manual for analysts. Hg. v. Faculty of Geosciences. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation. Universiteit Utrecht.
5. Esmailzadeh, Mohammad; Noori, Siamak; Aliahmadi, Alireza; Nouralizadeh, Hamidreza; Bogers, Marcel (2020): A Functional Analysis of Technological Innovation Systems in Developing Countries: An Evaluation of Iran's Photovoltaic Innovation System. In: Sustainability 12 (5), S. 2049. DOI: 10.3390/su12052049.
6. Furtado, André Tosi; Hekkert, Marko P.; Negro, Simona O. (2020): Of actors, functions, and fuels: Exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems perspective in Brazil. In: Energy Research & Social Science 70, S. 101706. DOI: 10.1016/j.erss.2020.101706.
7. Wandera, Faith Hamala (2020): The innovation system for diffusion of small wind in Kenya: Strong, weak or absent? A technological innovation system analysis. In: African Journal of Science, Technology, Innovation and Development 13 (5), S. 527-539. DOI: 10.1080/20421338.2020.1771979.

Anhang

	Bergek et al. 2008 Funktionen	Indikatoren	Hekkert et al. 2011 Funktionen	Indikatoren
1	Wissensentwicklung und -diffusion	Bibliometrie, FuE-Projekte, Anzahl der Professuren und Patente, Bewertung von Managern, Lernkurven	Entwicklung von Wissen	Umfang der Patente und Veröffentlichungen
2	Einflussnahme auf die Suchrichtung	Erwartetes Wachstumspotenzial, Anreizsysteme, Regulierungsdruck, Kundeninteressen	Leitung/Steuerung der Suche	Regulierung, Schlüsselakteure, Visionen, Erwartungen
3	Unternehmerisches Experimentieren	Anzahl der neuen Marktteilnehmer/Diversifizierung, Anzahl der verschiedenen Anwendungen, Vielzahl von Technologien und Art der komplementär genutzten Technologien	Unternehmerisches Experimentieren und Produzieren	Akteure in der Industrie
4	Marktbildung	Marktgröße, Kundengruppen, Strategien, Standards, Einkaufsprozesse	Marktbildung	Realisierte Projekte
5	Legitimation	Position der Akteure und Stakeholder, Aktivitäten zur Erhöhung der Legitimation, Veränderungen in der Nachfrage, Ausrichtung TIS/ Gesetzgebung/ Wirtschaft/ Gesellschaft	Widerstand gegen den Wandel/Legitimitätsbildung	Zeit, die Projekte für ihre Realisierung benötigen
6	Mobilisierung von Ressourcen	Steigendes Kapitalvolumen, Veränderungen bei den Humanressourcen, Veränderungen bei komplementären Vermögenswerten	Mobilisierung von Ressourcen	Ressourcen: materiell, menschlich, finanziell
7	Entwicklung von positiven, externen Effekten	Abnehmende Unsicherheiten, politische Macht, Legitimität, gebündelte Arbeitsmärkte, Chancen, spezialisierte Zwischenhändler, Informationsflüsse	Austausch von Wissen	Netzwerke

Anhang

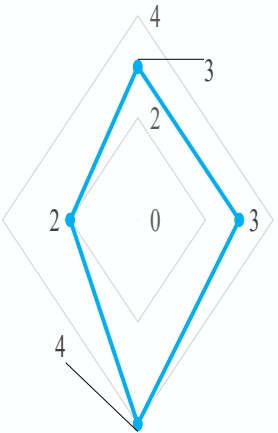


Wissensentwicklung und -verbreitung

Einfluss auf die Suchrichtung

Anhang

Anzahl der neuen Marktteilnehmer

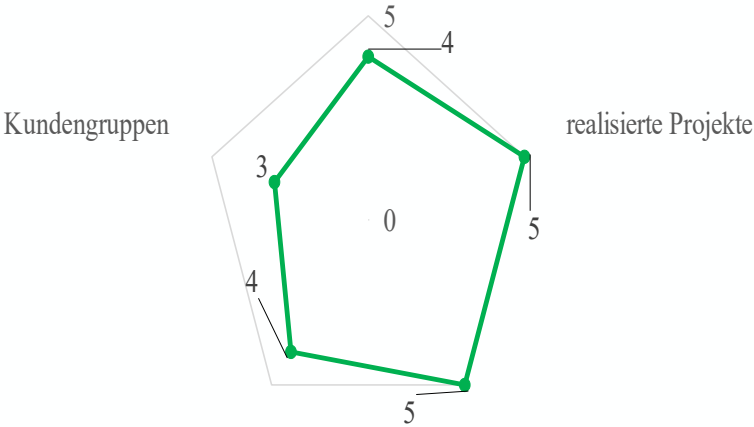


Anzahl der verschiedenen Anwendungen/ Technologiekomponenten

Anzahl an Pilotanlagen mit der neuen Technologie

Unternehmerisches Experimentieren

Marktgröße



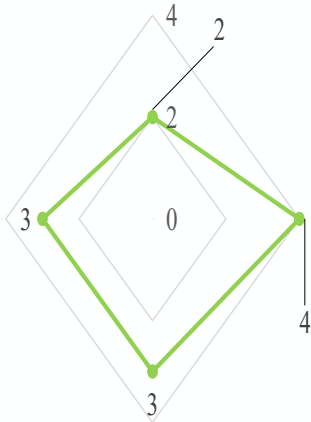
steuerliche Regelungen in Bezug auf die Technologie

Markt-, Umwelt- und Zertifizierungsstandards

Marktbildung

Anhang

Position der Akteure und Stakeholder



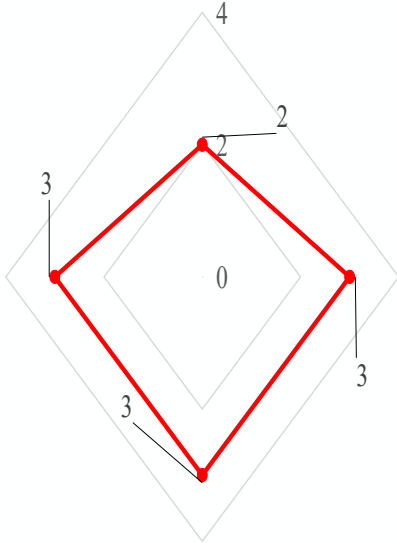
Medienpräsenz und Charakter der Berichterstattung

Veränderungen in Gesellschaft und Wirtschaft

Aktivitäten zur Erhöhung der Legitimation

Legitimation

Politische Macht und Vorgaben



Abnehmende Unsicherheiten in Bezug auf die Ressourcen

Marktablierung und Chancen

Entwicklung positiver, externer Faktoren

Anhang

Akteure	Rolle für das TIS
Anglo American Platinum	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Impala Platinum Holdings (Implats)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Sasol	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
ArcelorMittal	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
ENERTRAG South Africa	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Isondo Precious Metals	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Bambili Energy	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
HyPlat	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Hydrox Holdings	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
CHEM Energy SA	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Engie	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Siemens	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Hyena Energy	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Sibanye Stillwater	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Linde Engineering South Africa (Pty) Ltd.	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Cape Stack	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Eskom	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Transnet	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Petroleum, Oil and Gas Corporation of South Africa (PetroSA)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
National Energy Regulator of South Africa (NERSA)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Department of Mineral Resources and Energy (DMRE)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Department of Science and Innovation (DSI)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
Investment and Infrastructure Office (IIO)	Veto-Spieler
Department of Transport (DoT)	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Department of Basic Education (DoE)	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Department of Higher Education and Training (DHET)	Primärer Akteur mit geringem Einfluss
Council of Scientific and Industrial Research (CSIR)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
HySA-Institut mit drei Kompetenzzentren: Infrastructure mit North-West University (NWU) und CSIR, Catalysis mit University of Cape Town (UCT) und Council for Mineral Technology (MINTEK), Systems mit University of the Western Cape (UWC)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
South African National Energy Development Institute (SANEDI)	Primärer Akteur mit hohem Einfluss
non-HySA Universities	Primärer Akteur mit geringem Einfluss