



# INDIEN

## Speicherlösungen unter Einbindung von grünem Wasserstoff

Zielmarktanalyse 2023 mit Profilen der Marktakteure

[www.german-energy-solutions.de](http://www.german-energy-solutions.de)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Impressum

## Herausgeber

AHK Indien  
Maker Tower E, 1st Floor  
Cuffe Parade  
Mumbai – 400 005  
INDIA

E-Mail: [bombay@indo-german.com](mailto:bombay@indo-german.com)  
Internet: <https://indien.ahk.de/>

## Kontaktpersonen

Ferdinand Schlehta  
[ferdinand.schlehta@indo-german.com](mailto:ferdinand.schlehta@indo-german.com)  
Dipti Kanitkar  
[dipti.kanitkar@indo-german.com](mailto:dipti.kanitkar@indo-german.com)

## Stand

01.09.2023

## Gestaltung und Produktion

AHK Indien

## Bildnachweis

Photo by Sujin jetkasettakorn on Vecteezy  
<https://www.vecteezy.com/photo/22104318-green-hydrogen-renewable-energy-production-facility-green-hydrogen-gas-for-clean-electricity-solar-and-windturbine-facility>

## Redaktion

Ferdinand Schlehta  
Dipti Kanitkar

## Urheberrecht

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers.

## Haftungsausschluss

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Genutzt und zitiert sind öffentlich bereitgestellte Informationen von Banken und Institutionen. 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.

# Inhaltsverzeichnis

I. Tabellenverzeichnis .....	ii
II. Abbildungsverzeichnis .....	ii
III. Abkürzungen.....	ii
Zusammenfassung .....	1
1. Kurze Einstimmung zum Land .....	1
1.1 Politische Situation.....	1
1.2 Wirtschaftliche Situation .....	2
1.3 Energiemarkt .....	3
2. Marktchancen .....	4
3. Zielgruppe in der deutschen Energiebranche .....	7
4. Potentielle Partner und Wettbewerbsumfeld.....	9
5. Technische Lösungsansätze .....	12
5.1 Batteriespeichertechnologien .....	13
5.2 Batteriemanagementsystem (BMS).....	17
5.3 Grüner Wasserstoff – Herstellung, Lagerung und Transport.....	17
5.4 Digital- und Informationstechnologie.....	22
5.5 Projekte .....	23
6. Relevante (themenbezogene) rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	24
6.1 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	24
6.1.1 Politische und wirtschaftliche Akteure.....	24
6.1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen / Förderprogramme und steuerliche Anreize .....	25
6.2 Marktbarrieren und -hemmnisse .....	28
7. Markteintrittsstrategien und Risiken .....	29
8. Schlussbetrachtung inkl. SWOT-Analyse.....	31
Profile der Marktakteure .....	33
Messen und Konferenzen.....	44
Endnoten .....	45
Quellenverzeichnis .....	50

# I. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über Projekte in den Bereichen Batterietechnologie und grüner Wasserstoff..... 23  
 Tabelle 2: Markteintrittsformen Indien..... 30  
 Tabelle 3: SWOT-Analyse ..... 32

# II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Veränderung des Bruttoinlandsprodukts in % in Indien, 2010-2026 (ab 2023 Schätzung) .....2  
 Abbildung 2: Aufgliederung der installierten Energiekapazität (in MW) in Indien mit Untergliederung nach Renewable Energy Sources (RES) 2022 .....3  
 Abbildung 3: Kumulierter Investitionsbedarf für die Batterie-fertigung im indischen EF-Sektor, in Crore (10 Mio.) INR.10  
 Abbildung 4: Produktionskosten für grünen Wasserstoff mit Strom aus hybriden Solar-Wind-Systemen, in USD/kg, 2030 ..... 12  
 Abbildung 5: Indiens Stellung in der Wertschöpfungskette für Li-Ionen-Batterien..... 12  
 Abbildung 6: Indiens Markt für LABs, 2021..... 13  
 Abbildung 7: Kumuliertes Potential für moderne BESS in Indien (2022-2030), in GWh ..... 14  
 Abbildung 8: Geschätzte Kapitalkosten per Lebenszyklus für verschiedene BESS-Technologien, in USD/kWh ..... 15  
 Abbildung 9: Nachfrage nach Wasserstoff (in Mio. t) und Anteil an grünem Wasserstoff, nach Sektoren ..... 19  
 Abbildung 10: Kosten für grünen Wasserstoff nach Produktionsweise in Indien ..... 20  
 Abbildung 11: Industriestandorte und Vorkommen an erneuerbaren Energien in Indien..... 21

# III. Abkürzungen

<b>BESS</b>	Batteriespeicher
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt
<b>CEA</b>	Central Electricity Agency
<b>CEEW</b>	Council on Energy, Environment and Water
<b>ckm</b>	Circuit Kilometer
<b>DISCOM</b>	Distribution Company (in Indien)
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>EF</b>	Elektrofahrzeug
<b>ESS</b>	Energiespeicherlösung
<b>EUR</b>	Euro
<b>FDI</b>	Foreign Direct Investment (ausländische Direktinvestitionen)
<b>GJ</b>	Geschäftsjahr
<b>GST</b>	Goods and Services Tax (Umsatzsteuer)
<b>Gt</b>	Gigatonne (-n)
<b>GW</b>	Gigawatt
<b>GWh</b>	Gigawattstunde
<b>IEEMA</b>	Indian Electrical and Electronics Manufacturers Association
<b>IGEF</b>	Indo-German Energy Forum
<b>INR</b>	Indische Rupien

<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunde
<b>Mio.</b>	Millionen
<b>Mrd.</b>	Milliarden
<b>MTPA</b>	Millionen Tonnen pro Jahr
<b>MW</b>	Megawatt
<b>MWh</b>	Megawattstunde
<b>NEMMP</b>	National Electric Mobility Mission Plan
<b>OEM</b>	Originalausrüstungshersteller
<b>PLI</b>	Production-Linked Incentives (an Produktionsmengen geknüpfte Zahlungen)
<b>PSH</b>	Pumpspeicherkraftwerk
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>RES</b>	Renewable Energy Sources
<b>SWOT</b>	Strengths Weaknesses Opportunities Threats
<b>t</b>	Tonne (-n)
<b>u. a.</b>	unter anderem
<b>USD</b>	US-Dollar
<b>v. a.</b>	vor allem
<b>V2G</b>	Vehicle-to-Grid (Fahrzeug-zu-Netz)
<b>vgl.</b>	vergleiche
<b>VRE</b>	Fluktuierende erneuerbare Energien
<b>z.B.</b>	zum Beispiel

# Zusammenfassung

Indien ist mit seinen 1,42 Mrd. Einwohnern sowie seiner rasant wachsenden Volkswirtschaft auf eine stabile Energieverfügbarkeit angewiesen. Aufgrund der ambitionierten Ausbauziele für erneuerbare Energien in Indien steigt zudem der Bedarf an Flexibilität im Stromnetz massiv an. Hinzu kommt die wachsende Nachfrage aus dem Bereich der E-Mobilität sowie aus Industrie und Infrastruktur. Dementsprechend gehen aktuelle Schätzungen von einem starken Anstieg beim Bedarf an Energiespeichern von ca. 178 GWh im Zeitraum 2019-2022 auf 529 GWh für die Jahre 2022-2027 aus.

Der indische Energiespeichermarkt wird zurzeit von elektrochemischen Batteriespeichern dominiert. Hierbei wird ein Großteil des jährlichen Bedarfs durch Blei-Säure-Systeme (ca. 60,8 GWh) abgedeckt. Die Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) ist mit 11 GWh noch deutlich geringer, steigt aber kontinuierlich an. Dieser Anstieg wird vornehmlich durch den wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge sowie durch einen steigenden Bedarf an netzgebundenen Energiespeichern angetrieben. Die zurzeit in Indien verfügbaren Produktionskapazitäten für die Herstellung von Lithium-Ionen-Akkus sind jedoch unzureichend, um den Bedarf zu decken. Deshalb importieren indische Unternehmen meistens Li-Ion-Zellen aus China und Taiwan und montieren diese vor Ort. Um die lokale Herstellung von LIBs zu fördern, plant die indische Regierung daher, die Einfuhrzölle für im Ausland gefertigte Batterien zu erhöhen. Mithilfe eines zusätzlichen Förderprogramms sollen Fertigungsanlagen für moderne elektrochemische Batterien mit einer Kapazität von 50 GWh im Land errichtet werden. Weitere 95 GWh sollen über privatwirtschaftlich finanzierte Projekte hinzukommen. Für deutsche Produzenten von LIB-Systemen und Batteriekomponenten bietet der indische Markt daher vielversprechende Absatzmöglichkeiten. Hinzu kommen Geschäftschancen für Anbieter von Batteriemangementtechnologien sowie für Unternehmen, die Verfahren zum Recycling und zur Wiederverwendung von gebrauchten Batterien anbieten.

Ebenso wie Batterien kann auch Wasserstoff als Energieträger und Speichertechnologie genutzt werden. Mithilfe von grünem Wasserstoff, der mit Strom aus erneuerbaren Quellen produziert wird, kann Indien CO<sub>2</sub>-intensive Industriezweige dekarbonisieren. Hierzu zählen insbesondere die Ölraffination und die Düngemittelproduktion, welche zurzeit mit klimaschädlichem grauem Wasserstoff durchgeführt werden. In Zukunft können noch weitere Sektoren wie die Stahlindustrie oder der Schwerlastverkehr unter Nutzung von grünem Wasserstoff klimaneutral gemacht werden. Aufgrund Indiens hohem Potential im Bereich der Solar- und Windenergie kann grüner Wasserstoff auch zur langfristigen Speicherung von überschüssiger Energie genutzt werden. Allerdings befinden sich in Indien bisher erst einige wenige Projekte zur Herstellung von grünem Wasserstoff in der Test- und Entwicklungsphase. Daher hat die indische Regierung im August 2021 die National Hydrogen Mission ins Leben gerufen, um den Aufbau einer grünen Wasserstoffindustrie voranzubringen. Ziel ist es, bis 2030 Produktionskapazitäten von mindestens 5 Mio. Tonnen grünem Wasserstoff zu schaffen, um den Bedarf der einheimischen Industrie zu decken und Wasserstoff ins Ausland zu exportieren. Hierdurch bieten sich Geschäftsmöglichkeiten für deutsche Hersteller von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen, welche auf dem indischen Markt nur unzureichend zur Verfügung stehen.

## 1. Kurze Einstimmung zum Land

### 1.1 Politische Situation

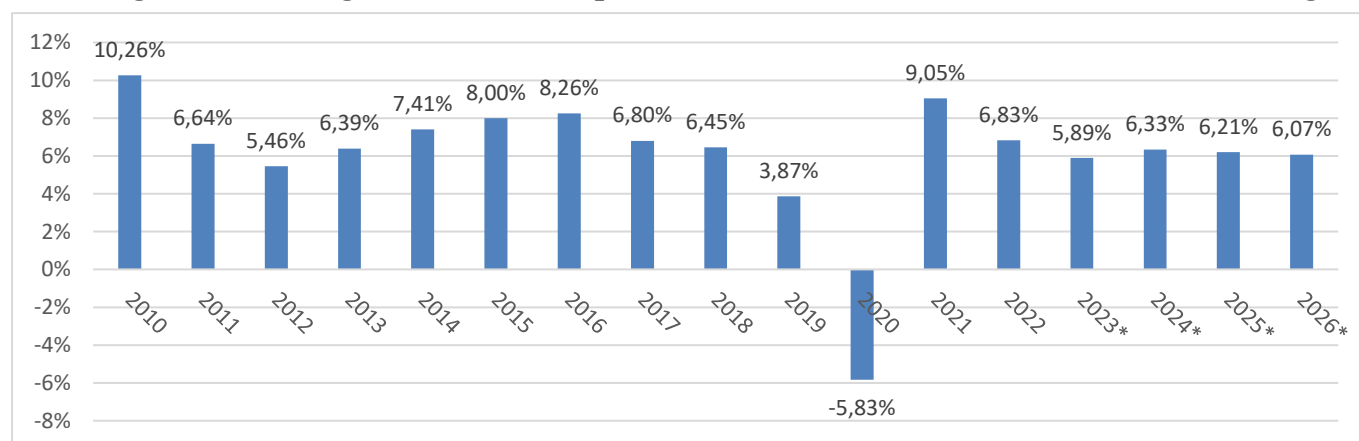
Mit einer Gesamtfläche von 3.287.259 km<sup>2</sup> ist Indien etwa neunmal so groß wie die Bundesrepublik Deutschland. Nach Schätzungen der Vereinten Nationen hat Indiens Bevölkerung im April 2023 die Marke von 1,425 Mrd. Menschen überschritten und damit China als bevölkerungsreichstes Land der Erde abgelöst.<sup>1</sup> Indien hat damit fast 17-mal so viele Einwohner wie Deutschland (ca. 84 Mio.). Obwohl Indien gerade einmal über 2,4% der bewohnbaren Erdoberfläche verfügt, beträgt der Anteil der indischen Bevölkerung an der Weltbevölkerung ca. 17,8%.<sup>2</sup> Dies hat entsprechende

Auswirkungen auf die Bevölkerungsdichte, die mit aktuell 481 Menschen pro km<sup>2</sup> ca. doppelt so hoch ist wie in Deutschland.<sup>3</sup> Das Bevölkerungswachstum hat sich über die letzten Jahrzehnte kontinuierlich abgeschwächt und lag 2022 bei ca. 0,7%.<sup>4</sup> Im Jahr 2015 betrug der Altersmedian<sup>5</sup> der indischen Bevölkerung lediglich 25,5 Jahre, 2023 liegt er bei 28,2 Jahren.<sup>6</sup> Der Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter hat in den letzten Jahren stetig zugenommen und liegt aktuell bei ca. 67,5%.<sup>7</sup>

## 1.2 Wirtschaftliche Situation

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP)<sup>8</sup> Indiens lag 2022 bei 3,386,403 Mrd. USD und hat sich damit innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte mehr als versechsfacht.<sup>9</sup> Dies entspricht einem BIP pro Kopf in Höhe von 2.379 USD.<sup>10</sup> Auch wenn sich das prozentuale Wachstum über die Jahre etwas abgeschwächt hat, steigt das BIP weiterhin kontinuierlich an. Eine Ausnahme bildete das Jahr 2020, in dem es aufgrund der Covid-19-Pandemie und der strikten staatlichen Maßnahmen zu einem Einbruch der Wirtschaftsleistung kam. Dieser Einbruch wurde jedoch mit einer starken Erholung in den Jahren 2021 und 2022 mehr als kompensiert (siehe Abbildung 1). Trotz geopolitischer Spannungen und Unterbrechungen der globalen Lieferketten infolge des Krieges in der Ukraine wird Indien laut IWF im Jahr 2023 zu den am stärksten wachsenden Volkswirtschaften der Welt gehören. Indiens Wirtschaftswachstum wird hierbei mehr als 15% des weltweiten Anstiegs der Wirtschaftsleistung ausmachen.<sup>11</sup>

**Abbildung 1: Veränderung des Bruttoinlandsprodukts in % in Indien, 2010-2026 (ab 2023 Schätzung)<sup>12</sup>**



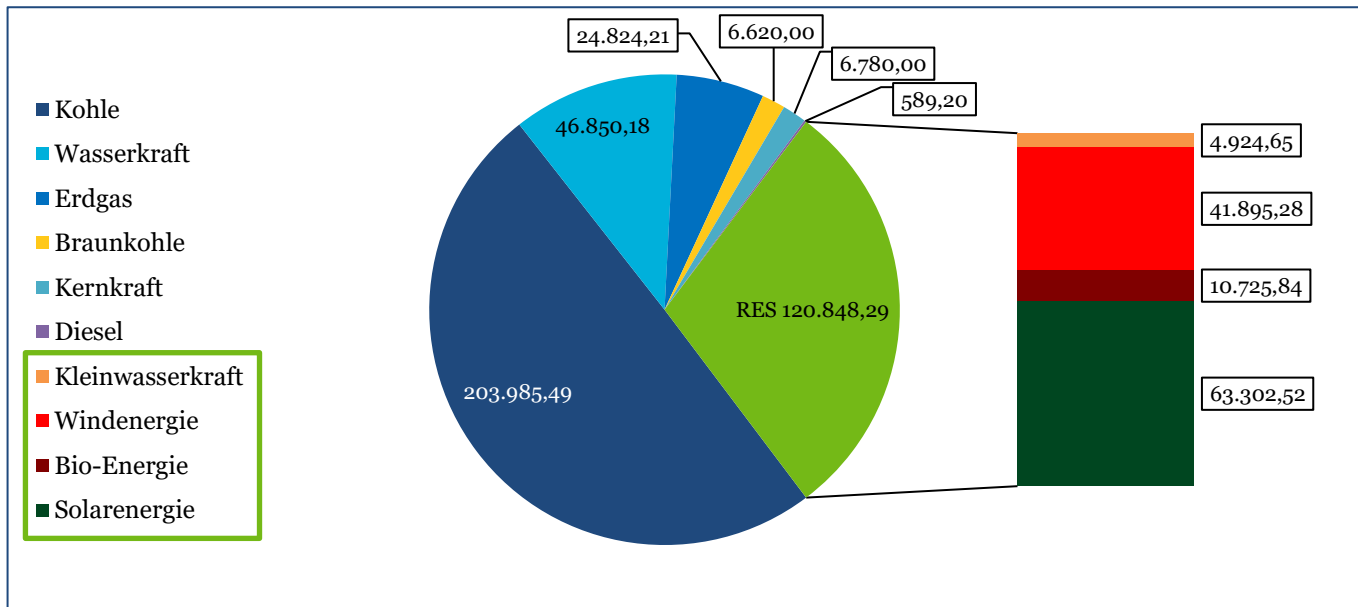
Ungeachtet des schwierigen makro-ökonomischen Umfeldes mit stark steigenden Lebensmittelpreisen sowie anziehenden Kreditkosten lag die Inflationsrate im Jahr 2022 mit ca. 6,67% nur leicht über dem von der Reserve Bank of India ausgegebenen Toleranzbereich (2% bis 6%). Für 2023 wird eine durchschnittliche Teuerungsrate von lediglich 4,95% prognostiziert.<sup>13</sup>

Indien importiert weit mehr als es exportiert. Seit 1990 hat das Land ein Handelsbilanzdefizit, das sich im letzten Jahrzehnt weiter erhöht hat. Im Jahr 2022 lag Indiens Außenhandelsdefizit im Güterbereich bei ca. 267 Mrd. USD, was insbesondere auf einen starken Anstieg bei der Einfuhr von Rohöl zurückzuführen ist.<sup>14</sup> Die ausländischen Direktinvestitionen (FDI) sind nach Jahren mit stetigen Zuwächsen von 58,77 Mrd. USD (GJ 2021-22) auf 46,03 Mrd. USD (GJ 2022-23) gefallen. Dieser Wert liegt dennoch weit über dem Niveau von 2010-11, als FDIs im Gesamtwert von 14,03 Mrd. USD in Indien getätigt wurden.<sup>15</sup> Bei der Verteilung der Direktinvestitionen nach Branchen lässt sich im GJ 2022-23 eine Dominanz der Computer-Software- und Hardware-Branche sowie des Dienstleistungssektors (Finanzwesen, Banken, Versicherungen, F&E, Kurierdienste etc.) – mit 20% bzw. 19% aller FDIs – erkennen. Hiernach folgen Handel (10%) und die Pharmaindustrie (4%).<sup>16</sup> Für Projekte zur Erzeugung und Verteilung erneuerbarer Energien sind gemäß den Bestimmungen des Electricity Act, 2003, bis zu 100% FDI zulässig.<sup>17</sup>

### 1.3 Energiemarkt

Der indische Energiesektor wird durch den steigenden Lebensstandard, die rasche Industrialisierung und das Bevölkerungswachstum beeinflusst. Indien ist heute die fünftgrößte Volkswirtschaft der Welt, leidet aber unter einer großen Ungleichheit in der Energieverteilung zwischen den verschiedenen Bevölkerungsgruppen. Verkehr und Industrie sind die wichtigsten Sektoren des Stromverbrauchs in Indien. Die Quellen für die Stromerzeugung reichen von konventionellen Quellen wie Kohle, Braunkohle, Erdgas, Erdöl, Wasser- und Kernkraft bis hin zu erneuerbaren Energiequellen wie Windkraft, Solar- und Bio-Energie.<sup>18</sup> Die Elektrizitätsnachfrage ist rasch gestiegen und dürfte in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Um die steigende Stromnachfrage im Land zu decken, ist ein massiver Ausbau der installierten Stromerzeugungskapazität erforderlich.<sup>19</sup> Abbildung 2 illustriert die Verteilung der installierten Energiekapazität nach der Energiequelle für das Jahr 2022. Weiterhin sind in der Abbildung auf der rechten Seite die erneuerbaren Energiequellen unterteilt. Vorhaben wie das *Deen Dayal Upadhyay gram Jyoti Yojana* (DDUGJY) oder das *Integrated Power Development Scheme* (IPDS) beflügeln die Elektrifizierung im gesamten Land.<sup>20</sup>

**Abbildung 2: Aufgliederung der installierten Energiekapazität (in MW) in Indien mit Untergliederung nach Renewable Energy Sources (RES) 2022<sup>21</sup>**



Indien ist weltweit der drittgrößte Energieproduzent mit einer installierten Leistungskapazität von 409,16 GW im November 2022.<sup>22</sup> Das Bevölkerungswachstum und steigende Einkommen haben seit 2000 zu einer Verdoppelung des Energieverbrauchs in Indien geführt. Dennoch beträgt der Pro-Kopf-Energieverbrauch immer noch weniger als 40% des Weltdurchschnitts.<sup>23</sup> Daneben ist Indien der drittgrößte Ölkonsument mit 4,6% des weltweiten Ölverbrauchs.<sup>24</sup> Indien ist einer der größten Verbraucher von Erdölprodukten und verursacht enorme CO<sub>2</sub>-Emissionen. Nach Angaben der Internationalen Energieagentur (IEA) wird Indien bis 2030 zu den Ländern mit den höchsten Emissionen gehören und liegt derzeit weltweit auf Platz 3. Daher hat die Reduzierung der Kohlenstoffemissionen für Indien höchste Priorität. Laut dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) werden einige der schwerwiegendsten Auswirkungen des Klimawandels die landwirtschaftlichen und natürlichen Ressourcen Indiens treffen.<sup>25</sup>

Da Indiens stark gestiegener Energiebedarf nur teilweise durch die Erschließung fossiler Rohstoffe im Inland abgedeckt werden kann, ist die indische Energiewirtschaft zunehmend von Rohstoffimporten abhängig. So verfügt Indien zwar als zweitgrößter Kohleproduzent der Welt über reiche Kohlevorkommen, doch der jährliche Kohleverbrauch übersteigt zunehmend die einheimische Produktion.<sup>26</sup> Indien verbrauchte im Jahr 2021 1.053 Mio. Tonnen Kohle – ein neuer Höchststand und die größte Menge, nach China, die ein Land in einem Jahr verbraucht hat. Im Vergleich zu 2020 stieg der indische Kohleverbrauch um 12% bzw. 117 Mio. Tonnen.<sup>27</sup> Ein Großteil der Kohle wird zur Gewinnung von Elektrizität



verwendet sowie in der Stahlindustrie eingesetzt.<sup>28</sup> Der National Electricity Plan von 2018 (NEP) bekräftigt das Engagement der Regierung, den Energiesektor in der Zukunft weiter umzugestalten und den Einsatz fossiler Brennstoffe zu reduzieren. Trotz geplanter Stilllegungen sind weitere Kraftwerke in Planung und die Kapazität wird in Zukunft nach wie vor bei hohen 238 GW im Jahr 2027 liegen.<sup>29</sup>

Im Gegensatz zur Kohle verfügt Indien nur über begrenzte heimische Ölvorkommen, wodurch drei Viertel des Bedarfs durch Einfuhren gedeckt werden müssen und Indien nach China zum zweitgrößten Nettoimporteure von Erdöl aufgestiegen ist.<sup>30</sup> Insgesamt bezieht Indien 40% seiner Primärenergie aus Rohstoffimporten.<sup>31</sup> Aufgrund der im Zusammenhang mit dem Ukraine-Krieg verhängten westlichen Sanktionen gegen russisches Erdöl ist Indien allerdings mittlerweile auch zu einem der wichtigsten Exporteure von raffinierten Erdölerzeugnissen aufgestiegen, da es russisches Öl zu Vorzugspreisen importieren und anschließend in Form von Mineralölprodukten weiterverkaufen kann.

Das Stromnetz in Indien ist teilprivatisiert mit zentral- und bundesstaatlichen Akteuren, wobei ca. 50% des Stroms von der börsennotierten Power Grid Corporation of India Limited (ca. 51% der Anteile in Staatsbesitz) transportiert werden. Indiens Stromnetz läuft mit einer 50-Hertz-Taktung, misst 471.817 circuit-kilometer (ckm) Länge (Stand: April 2023) und ist über den Landweg an das Stromnetz von Bhutan, Nepal, Bangladesch und Myanmar angekoppelt.<sup>32</sup> Unter dem Vorhaben „Power for all“ (Saubhagya) durch die Central Electricity Authority konnten 2019 214 Mio. Haushalte (99,99%) elektrifiziert werden. Die Elektrifizierung erfolgte netzgebunden und netzungebunden (sowohl durch Off-Grid-Lösungen als auch durch den Aufbau von Mini-Grids).

## Erneuerbare Energie

Im Vergleich zu Ländern mit einem ähnlichen Entwicklungsstand zeigt Indien bereits fortschrittliche Ansätze bei der Diversifizierung der Energiequellen. Indiens installierte Kapazität für erneuerbare Energien beträgt 120,8 GW (exklusive großer Wasserkraftwerke), davon entfallen 41,9 GW auf Windkraft und 63,3 GW auf Solarenergie. In Bezug auf die installierte Kapazität an erneuerbaren Energien und der Nutzung von Solarenergie liegt Indien weltweit an fünfter Stelle.

Indien hat eine liberale Politik für ausländische Investitionen in erneuerbare Energien, die 100% FDI über den automatischen Weg in diesem Sektor erlaubt. In den letzten sieben Jahren wurden in Indien über 70 Mrd. USD in erneuerbare Energien investiert.<sup>33</sup> Im Oktober 2021 steht das Land auf Platz 3 des RECAI - Renewable Energy Country Attractiveness Index von Ernst & Young, insbesondere aufgrund seiner hervorragenden Leistungen im Solar-Sektor.<sup>34</sup> Trotzdem liegt der Anteil der CO<sub>2</sub>-emittierenden Energieträger (Kohle, Braunkohle, Erdgas und Diesel) immer noch bei 57%.

Auf dem COP26-Gipfel in Glasgow im Jahr 2021 verpflichtete sich Indien, die Emissionen bis 2070 auf netto null zu senken, die Kohlenstoffemissionen um eine Milliarde Tonnen und die Emissionsintensität des BIP bis 2030 um 45% zu reduzieren. Laut den aktualisierten NDCs, die Indien im August 2022 beim UNFCCC eingereicht hat, soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugungskapazität bis 2030 auf 50% erhöht werden.<sup>35</sup> Zu diesem Zweck bedarf es bis 2030 einer Kapazität von 500 GW an nichtfossilen Energieträgern. Davon sollen 450 GW aus Sonnen- und Windenergie und 70-100 GW aus (großen) Wasserkraftwerken gewonnen werden. Während derzeit Solar- und Windenergie die dominierenden Energiequellen sind, prüft Indien verschiedene andere Quellen und Technologien, um CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, z.B. die Erforschung von Wasserstoff als Energiequelle und die Erzeugung von Biokraftstoffen der zweiten Generation (aus landwirtschaftlichen oder anderen organischen Abfällen).

## 2. Marktchancen

Um seine ambitionierten Ziele beim Ausbau der erneuerbaren Energien zu erreichen, muss Indien in den nächsten Jahren massiv in die Entwicklung von Energiespeichertechnologien investieren und diese auch großflächig zum Einsatz bringen. Während die Stromerzeugung aus fossilen Energiequellen, wie Kohle und Gas, sehr beständig und zuverlässig Energie liefert, unterliegen fluktuierende erneuerbare Quellen (VREs), wie Solar- und Windkraft, natürlichen Schwankungen

aufgrund von Tageszeiten und Wetterbedingungen. Zugleich fluktuiert der Strombedarf aufgrund von saisonalen und tageszeitabhängigen Konsummustern. In Indien konzentrieren sich die Bedarfsspitzen für Elektrizität meist auf die heißen Sommermonate April bis Juli sowie auf die von den jährlichen Monsunregen geprägten Monate August und September, während in den Wintermonaten November bis Januar mit niedrigerem Verbrauch zu rechnen ist.<sup>36</sup> Außerdem steigt der Strombedarf vor allem morgens und abends stark an, wohingegen zur Mittagszeit und in der Nacht der Bedarf deutlich geringer ausfällt.<sup>37</sup> Diese starken Schwankungen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite führen zu einem erhöhten Bedarf an Flexibilität im Stromnetz, welche unter anderem durch Energiespeicherlösungen gewährleistet werden kann. Laut Prognosen der IEA wird der Anstieg beim Strombedarf in den nächsten Jahren zwar weniger stark ausfallen als in den letzten zwei Jahrzehnten, doch die Wachstumsrate verbleibt mit 62% bis 2030 auf hohem Niveau, was wiederum den Bedarf an VREs und damit ESS stützen wird.<sup>38</sup> Aus der Dekarbonisierung weiterer Wirtschaftsfelder, wie der Industrie und dem Mobilitätssektor, ergibt sich ein zusätzlicher Schub für die Nachfrage nach Batteriespeichern sowie chemischer Speichertechnologien wie grünem Wasserstoff.

Zurzeit machen elektrochemische Speichertechnologien den Großteil des indischen Energiespeichermarktes aus. Hierbei dominiert bisher die Blei-Säure-Technologie mit einem jährlichen Bedarf in Höhe von ca. 60,8 GWh, gefolgt von Lithium-Ionen-Batterien mit einer Nachfrage von 11 GWh.<sup>39</sup> Auch wenn gemäß Daten der Weltbank mittlerweile so gut wie die gesamte indische Bevölkerung Zugang zu Elektrizität hat (99% im Jahr 2020),<sup>40</sup> kann die Stromversorgung auch in Großstädten nicht immer störungsfrei gewährleistet werden. Dies liegt insbesondere an der stark gestiegenen Spitzennachfrage, welche im letzten Jahrzehnt um ca. 50% angestiegen ist,<sup>41</sup> sowie an hohen Übertragungs- und Verteilungsverlusten im Stromnetz.<sup>42</sup> Um diese Fluktuationen auszugleichen, werden sowohl in Privathaushalten als auch im kommerziellen Bereich Batterie-Energiespeicher als Backup-Systeme eingesetzt. Dieses Segment machte noch im Jahr 2018 56% des Marktes für Energiespeicher in Indien aus.<sup>43</sup>

Aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen ist zu erwarten, dass sich die Nachfrage im indischen Markt für ESS weiter ausdifferenzieren wird, so dass in den nächsten Jahren eine Vielzahl von Anwendungsfeldern und Technologien an Bedeutung gewinnen wird. Hierzu zählt nicht nur die Nutzung von ESS beim Endverbraucher („behind-the-meter“), sondern auch die Nutzung von Batteriespeichern (BESS) oder Pumpspeicherkraftwerken (PSH) als wichtige Ressource für die Integration von VREs ins Stromnetz sowie zur Bereitstellung weiterer netzgebundener Leistungen („grid-scale“). Hinzu kommen neuartige Anwendungsmöglichkeiten wie die zunehmende Verbreitung von elektrischen Fahrzeugen (EFs), welche als eigene Energiespeicher genutzt werden können und ihrerseits Strom zurück ins Netz speisen können (V2G). Gemäß diesen Entwicklungen prognostiziert das India Smart Grid Forum eine Ausweitung der Nutzung von ESS hin zu neuen Anwendungsfeldern sowie einen starken Anstieg beim kumulierten Bedarf an Speicherkapazitäten in Indien von geschätzten 178 GWh im Zeitraum 2019-2022 auf 529 GWh für die Jahre 2022-2027. Über 39% des voraussichtlichen Gesamtbedarfs entfallen hierbei auf den Bereich der E-Mobilität. Dieser Anteil wird im Zeitraum 2027-2032 auf über 68% ansteigen (1.167 GWh) und damit den Großteil der Gesamtnachfrage ausmachen.<sup>44</sup>

Der starke Anstieg beim Bedarf für Batteriespeicher im Verkehrssektor wird durch die Zielsetzung der indischen Regierung gestützt, der zufolge der Anteil der E-Mobilität am Straßenverkehr bis 2030 auf 30% anwachsen soll. Im Rahmen der zweiten Phase des Programms „Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid & Electric Vehicles in India“ (FAME) genehmigte die Regierung ein Budget von ca. 1,36 Mrd. USD. Hierdurch werden Nachfrageanreize zur Förderung von E-Bussen, Elektro-, Plug-in-Hybrid- und leistungsstarken Hybridautos sowie elektrischen Dreirädern und elektrischen Zweirädern geschaffen.<sup>45</sup> Der Anteil von Elektrofahrzeugen an der Gesamtzahl der zugelassenen Fahrzeuge hat in den letzten Jahren stetig zugenommen und lag im Jahr 2022 bei ca. 4,8%.<sup>46</sup>

Die Nachfrage nach batteriegestützten Speichersystemen wird besonders durch sinkende Preise und zugleich verbesserte Leistungsfähigkeit moderner BESS angetrieben. Nachdem die Kosten für Li-Ionen-Batterien in den letzten Jahren bereits deutlich gefallen sind, gehen Schätzungen davon aus, dass dieser Trend trotz Preissteigerungen bei Rohmaterialien auch in den nächsten Jahren weiter anhalten wird. Bis 2026 ist daher gegenüber 2018 mit einer Halbierung der Preise auf 94 USD/kWh zu rechnen.<sup>47</sup> Auch im Vergleich zu anderen elektrochemischen Speichertechnologien, wie Blei-Säure- oder Flow-Batterien, bieten auf Li-Ionen basierende BESS aufgrund ihrer hohen Energiedichte ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis.<sup>48</sup> Die zurzeit in Indien verfügbaren Produktionskapazitäten für die Herstellung von Lithium-Ionen-Akkus (Li-

Ion-Akkus) reichen jedoch nach wie vor nicht aus, um den Bedarf im Land zu decken. Die indische Regierung will daher die lokale Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien mithilfe von Einfuhrzollerhöhungen für im Ausland gefertigte Batterien fördern. Das PLI-Programm zur Förderung der Herstellung moderner elektrochemischer Batterien (ACC) verfolgt das Ziel, Produktionsstätten für Batteriespeicher mit einer Kapazität von 50 GWh zu errichten. Geschätzte 95 GWh sollen über ausschließlich privatwirtschaftlich finanzierte Projekte hinzukommen.<sup>49</sup>

## **Grüner Wasserstoff**

Auch Wasserstoff kann als langfristiger Energiespeicher eingesetzt werden. Grüner Wasserstoff, der mit Strom aus erneuerbaren Quellen produziert wird, bietet für Indien das Potential, CO<sub>2</sub>-intensive Industriezweige zu dekarbonisieren sowie Indiens Abhängigkeit von Flüssiggasimporten zu reduzieren. Derzeit ist Indien allerdings noch nicht in der Lage, grünen Wasserstoff kostendeckend und profitabel zu produzieren. Die indische Regierung hat deshalb im August 2021 die National Hydrogen Mission ins Leben gerufen, um die vorteilhafte Geografie des Landes sowie die niedrigen Solar- und Windtarife für die Produktion und den Export von kostengünstigem grünem Wasserstoff und Ammoniak zu nutzen.<sup>50</sup> Um die bis 2030 geplanten Produktionskapazitäten von mindestens 5 Mio. Tonnen grünem Wasserstoff erreichen zu können, bedarf es vor allem Investitionen im Bereich der kosteneffizienten Elektrolyse-Technologie, welche auf dem indischen Markt nur unzureichend zur Verfügung steht.

Indien gehört bereits heute mit einem jährlichen Verbrauch von 6 Mio. Tonnen zu den wichtigsten Konsumenten von Wasserstoff. Hinzu kommen weitere 2,1 MTPA, die in Form von Düngemitteln, Ammoniak und Methanol importiert werden. 90% des Verbrauchs entfallen hierbei auf Raffinerien und die Düngemittelproduktion, während ein deutlich kleinerer Anteil in der Stahlproduktion sowie bei der Herstellung von Methanol zum Einsatz kommt.<sup>51</sup> Es wird erwartet, dass der Bedarf in Indien bis 2030 auf 11 MTPA steigen wird, was weiterhin vor allem auf die Erdölverarbeitung und die Produktion von Dünger zurückzuführen ist. Bis 2050 könnte sich die Nachfrage nach Wasserstoff in Indien sogar mehr als vervierfachen, da auch weitere Sektoren, wie die Stahlindustrie oder der Schwerlastverkehr, zunehmend auf grünen Wasserstoff zur Dekarbonisierung setzen.<sup>52</sup> Bisher wird in Indien der Großteil des Wasserstoffs unter Einsatz von Erdgas im SMR-Verfahren gewonnen, wodurch erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen freigesetzt werden.<sup>53</sup> Als weitgehend CO<sub>2</sub>-neutrale Alternative bieten sich die Herstellung von grünem Wasserstoff mithilfe von Wasserelektrolyse und Strom aus erneuerbaren Quellen an.

Der prognostizierte Anstieg beim inländischen Verbrauch von grünem Wasserstoff sowie Indiens ambitionierte Ziele beim Export werden voraussichtlich zu einem Bedarf an Elektrolyseur-Kapazitäten in Höhe von 20-44 GW im Jahr 2030 führen.<sup>54</sup> Manche Schätzungen gehen sogar von einem Gesamtbedarf von bis zu 160 GW aus unter der Annahme, dass 9,1 MTPA an grünem Wasserstoff in Form von Düngemitteln und Ammoniak exportiert werden können.<sup>55</sup> Auch wenn diese Prognosen mit einem hohen Maß an Unsicherheit behaftet sind, lässt sich jetzt schon sicher vorhersagen, dass die zurzeit weltweit zur Verfügung stehenden Fertigungskapazitäten für Elektrolyseure in Höhe von 2-4 GW pro Jahr bei weitem nicht ausreichen werden, um den steigenden Bedarf zu decken.<sup>56</sup> Indien plant diese globale Lücke mit einheimischer Produktion zu schließen.

## **Geschäftschancen für deutsche Unternehmen**

Für deutsche Unternehmen gibt es zahlreiche interessante Geschäftsfelder. Neben den klassischen Möglichkeiten der Partnerschaft mit indischen Unternehmen aus dem Bereich der Batterieherstellung bieten sich Möglichkeiten im Bereich der intelligenten Batteriemangementtechnologien sowie beim Recycling von Batterien zur Rückgewinnung von Li-Ionen und Kobalt. Noch immer decken Blei-Säure-Batterien einen signifikanten Teil des indischen Markts ab. So basierten im Jahr 2019 93% der Batterien in Elektrofahrzeugen auf dieser Technologie und nur 7% auf Li-Ionen.<sup>57</sup> Aufgrund konstant sinkender Preise und ihrer deutlich besseren Leistungsfähigkeit wird sich die Nachfrage nach BESS allerdings zunehmend auf Lithium-Ionen-Batterien konzentrieren. Die Hauptanwendungsfelder dieser Systeme liegen im Bereich der E-Mobilität, als stationäre Speicher zur Integration von erneuerbaren Energien ins Stromnetz und zur Netzstabilisation sowie als Backup für industrielle und gewerbliche Zwecke. Laut dem CEEW (Council on Energy, Environment and Water) könnte allein die Batterieherstellung für Elektro-Fahrzeuge in Indien bis 2030 kumulierte Investitionsmöglichkeiten in Höhe von

12,3 Mrd. USD bieten. Über 50% der Produktionskapazitäten für EF-Batterien werden hierbei zur Fertigung von zweirädrigen Fahrzeugen genutzt werden, wohingegen jeweils 23% und 16% der Kapazitäten auf die Herstellung privater und kommerzieller Elektro-PKWs entfallen werden.<sup>58</sup> Der Markt für Elektrofahrzeuge wird sich in Indien also auch weiterhin eher auf leichte Fahrzeuge mit kleineren Batterien und geringerem Leistungsbedarf konzentrieren. Daher bieten sich Marktchancen für deutsche Unternehmen im Bereich der Batteriemontage zur Herstellung von kleinen und mittelgroßen intelligenten Li-Ionen-Batterien sowie im Wärmemanagement für Batteriemanagementsysteme. Hinzu kommen Software-Lösungen und intelligente Messgeräte zur optimalen Steuerung der Batteriespeicher.

Der Markt für grünen Wasserstoff in Indien steckt noch in der frühen Entwicklungsphase, bietet allerdings ein enormes Entwicklungspotential. Da grauer Wasserstoff zurzeit vor allem in Raffinerien und bei der Düngemittelherstellung eingesetzt wird, bieten diese Sektoren das größte Potential, um in den nächsten Jahren auf Wasserstoff umzustellen, der mithilfe erneuerbarer Energien gewonnen wird. Hierfür muss eine komplexe Wertschöpfungskette aufgebaut werden, welche die Herstellung, Lagerung und den Transport von grünem Wasserstoff miteinschließt. Für deutsche Unternehmen eröffnen sich daher Geschäftschancen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Insbesondere kosteneffiziente Elektrolyseur- und Brennstoffzellen-Technologien stoßen in Indien auf eine rege Nachfrage. Auch Ingenieurs-, Planungs- und Beratungsdienstleistungen im Bereich der Energieinfrastruktur sind für indische Kunden von Interesse, um den Aufbau einer grünen Wasserstoffindustrie voranzutreiben. Hierbei bietet sich der Umbau der bestehende Transport- und Energieinfrastruktur an Häfen und Raffinerien an sowie der Aufbau von Wind- und Solarparks in Kombination mit Elektrolyseuren zur Herstellung von grünem Wasserstoff.

### 3. Zielgruppe in der deutschen Energiebranche

Die Geschäftsreise ist an Technologieanbieter in den Bereichen der Energiespeicherung und der Herstellung von grünem Wasserstoff gerichtet. Gemäß der Nachfrage auf dem indischen Markt für Energiespeicher fallen hierunter insbesondere Unternehmen, die Lösungen im Bereich des Batteriemanagements und des Batterierecyclings anbieten sowie Komponentenhersteller für moderne elektrochemische Batterien. Hierzu zählen auch Unternehmen, welche digitale und informationstechnologische Anwendungen zur Steuerung der Batterien anbieten.

Beim Aufbau einer grünen Wasserstoffindustrie ergeben sich Geschäftsoportunitäten entlang der gesamten Wertschöpfungsketten – von der Produktion des Wasserstoffs mit Elektrolyseuren, welche mit grünem Strom betrieben werden, über die gasförmige oder flüssige Lagerung in Tanks bis hin zum Transport zum Endverbraucher. Bis 2030 soll sich Indien zu einem globalen Zentrum für die Produktion von grünem Wasserstoff entwickeln. Dies schließt die Produktion von 5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-neutralem Wasserstoff für die heimische Nachfrage sowie bis zu 5 MTPA für den weltweiten Export ein.<sup>59</sup> Um diese hochgesteckten Ziele der indischen Regierung erreichen zu können, muss nicht nur die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen forciert werden, sondern es bedarf zudem einem massiven Ausbau der Elektrolyse-Kapazitäten. Da diese Technologie sowohl in Indien als auch weltweit noch nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung steht, bieten sich hier in den nächsten Jahren große Potentiale für Komponentenhersteller von Elektrolyseuren sowie für Investitionen in Forschung und Entwicklung zur Effizienzsteigerung der Wasserelektrolyse.

Aufgrund der zu erwartenden Ausweitung der Elektrolyse-Kapazitäten in Indien wird zudem der Bedarf an Wasseraufbereitungssystemen ansteigen, da gereinigtes Wasser zusammen mit Elektrizität die Grundressourcen für die Elektrolyse darstellen. Laut einer Studie der International Renewable Energy Agency werden 9 kg gereinigtes Wasser benötigt, um 1 kg grünen Wasserstoff herzustellen.<sup>60</sup> Da große Gebiete Indiens bereits heute unter akutem Wassermangel leiden,<sup>61</sup> kann mit einer steigenden Nachfrage nach Wasserentsalzungsanlage gerechnet werden, wodurch sich Absatzmöglichkeiten für deutsche Anbieter von Umkehrosmoseanlagen ergeben.

Im Bereich der Wasserstoffindustrie bieten sich Geschäftschancen für deutsche Unternehmen, die über Kompetenzen im Bereich der erneuerbaren Energien, insbesondere bei der Planung und Umsetzung von Wind- und Solarprojekten sowie beim Aufbau der Energieinfrastruktur, verfügen. Aufgrund der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten für grünen Wasserstoff unterscheiden sich auch die jeweils benötigten Technologien und Verfahren zur Lagerung, zum Transport und

zur Endnutzung. Hier ist das Know-how deutscher Unternehmen gefragt, die Technologien sowie Ingenieur-, Planungs- und Beratungsleistungen im Bereich Power-to-X anbieten können. Im indischen Kontext handelt es sich hierbei einerseits um die Umwandlung von grünem Wasserstoff in andere chemische Verbindungen wie Ammoniak und Methanol und andererseits um die direkte Einspeisung in das existierende Gasnetz durch Beimischung zu Erdgas. Mithilfe von Erdgas hergestelltes Ammoniak wird in Indien zurzeit vornehmlich für die Düngemittelherstellung verwendet und soll in Zukunft durch grünes Ammoniak aus Wasserstoff ersetzt werden.<sup>62</sup> Aus grünem Wasserstoff gewonnenes Ammoniak kann auch als chemischer Energiespeicher genutzt werden, was insbesondere für den Export per Schiff geeignet ist, da es eine höhere Energiedichte als reiner Wasserstoff aufweist und sein Verflüssigungspunkt bei lediglich  $-33^{\circ}\text{C}$  anstelle von  $-250^{\circ}\text{C}$  liegt.<sup>63</sup> Sowohl Ammoniak als auch Methanol können in Zukunft bei der Produktion synthetischer Kraftstoffe für die Schifffahrt und den Flugverkehr zum Einsatz kommen. Im Mobilitätssektor bieten sich zudem Geschäftschancen für deutsche Hersteller von Brennstoffzellen, welche zur Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie genutzt werden. Eine Kombination aus batteriegestützten Elektro-LKWs mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen bietet sich für Indien als Möglichkeit zur Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs auf der Straße an.<sup>64</sup> Da auf dem indischen Markt zurzeit noch keine marktreifen Schwerlastfahrzeuge mit Brennstoffzellen zur Verfügung stehen,<sup>65</sup> können deutsche Komponentenhersteller und Automobilzulieferer diese Lücke im Markt mit ihren Produkten ausfüllen.

### **Marktstellung deutscher Unternehmen in den Bereichen der Batterieproduktion und der grünen Wasserstoffwirtschaft**

Das Marktvolumen im Segment der Lithium-Ionen-Batterien hat sich in Deutschland von 2015 bis 2021 fast versiebenfacht und nimmt mittlerweile mit einem Jahresumsatz von 5,39 Mrd. Euro den größten Anteil am deutschen Batteriemarkt ein.<sup>66</sup> Der deutsche Markt für LIBs ist somit sehr gut etabliert und verfügt über renommierte Unternehmen in allen Bereichen der Wertschöpfungskette. Dazu gehören Zulieferer von Komponenten und Materialien, Hersteller von Produktionsanlagen, Hersteller von Batteriezellen, Hersteller von Batteriemodulen und -packs sowie Unternehmen aus dem Bereich Recycling.<sup>67</sup> Deutsche Akteure in der Rohstoff- und Materialproduktion sind im Vergleich zu amerikanischen und asiatischen Unternehmen selten. Deutschland hat jedoch eine starke chemische Industrie aufgebaut, die Innovation und Effizienz fördert. Dementsprechend ist die deutsche Industrie auch auf dem globalen Markt für Batteriematerialien vertreten. Die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge ist in Deutschland mit 85.073 öffentlichen Ladepunkten<sup>68</sup> bereits deutlich besser ausgebaut als in Indien, wo lediglich 6.586 öffentliche Ladesäulen zur Verfügung stehen.<sup>69</sup> Daher verfügen deutsche Unternehmen nicht nur über Erfahrung bei der Errichtung der Infrastruktur, sondern können auch die Auswirkungen der steigenden und gleichzeitig fluktuierenden Energienachfrage auf das Netz analysieren, um so Strategien für die Einführung von Vehicle-to-Grid-Anwendungen zu entwickeln. In diesen Bereichen kann Indien den Erfahrungsvorsprung in Deutschland mithilfe von Kooperationen mit deutschen Unternehmen nutzen.

Deutschland gehört zu den stärksten Antreibern einer grünen Wasserstoffwirtschaft, um  $\text{CO}_2$ -intensive Sektoren wie die Stahlindustrie zu dekarbonisieren und sich zugleich unabhängiger von Gas- und Ölimporten zu machen. In seiner Nationalen Wasserstoffstrategie hat sich Deutschland dem Ziel verschrieben, einen globalen Markt für grünen Wasserstoff aufzubauen. Zudem fördert die Bundesregierung sogenannte „Wasserstoff-Leitprojekte“ mit 700 Mio. Euro, um den industriellen Hochlauf des grünen Wasserstoffs voranzutreiben. Hierzu zählen Projekte zur Serienproduktion von Elektrolyseuren, zur Erzeugung von Wasserstoff auf hoher See mithilfe von Offshore-Windanlagen sowie zur Entwicklung einer Wasserstoff-Transport-Infrastruktur.<sup>70</sup> Führende deutsche Forschungsinstitute und eine Vielzahl deutscher Unternehmen sind in den Entwicklungsprozess dieser Projekte eingebunden.

Die starke Stellung der deutschen Industrie und Wissenschaft im Bereich der Wasserstoffindustrie wird auch anhand der internationalen Patentstatistiken sichtbar: Hier belegt Deutschland bereits seit einigen Jahren hinter Japan und den USA den dritten Rang bei der Anzahl der angemeldeten Patente für Technologien zur Wasserstoffproduktion mithilfe von Wasserelektrolyse.<sup>71</sup> Die Internationale Energieagentur (IEA) wiederum listet in ihrer globalen Datenbank zu  $\text{CO}_2$ -armen Wasserstoffprojekten 185 in Deutschland oder unter deutscher Beteiligung durchgeführte Vorhaben, was über 12% aller Einträge entspricht.<sup>72</sup> Dementsprechend zeigt sich die deutsche Wasserstoffindustrie in einer aktuellen Befragung des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands (DWV) zuversichtlich, dass die Lieferkapazitäten für Elektrolyseure in den nächsten Jahren deutlich gesteigert werden können. Die insgesamt 8 befragten deutschen Hersteller

rechnen für 2025 mit jährlichen Kapazitäten zwischen 13,16 GW und 16,25 GW und bis 2030 sogar mit bis zu 27,8 GW pro Jahr.<sup>73</sup> Deutschland verfügt zudem über eine Reihe spezialisierter Unternehmen, die Technologien und Know-how für Power-to-X-Anwendungen anbieten können. Hierzu zählen unter anderem Komponenten für Brennstoffzellen sowie Technologien zur Methanol-Synthese aus grünem Wasserstoff.<sup>74</sup> Die deutsche Industrie bietet sich somit als geeigneter Partner an, um eine grüne Wasserstoffindustrie in Indien aufzubauen.

## 4. Potentielle Partner und Wettbewerbsumfeld

Indien ist ein vielseitiger Markt, der erhebliche Wachstumschancen für Akteure aus allen Bereichen der Energiespeicherung bietet. Der indische Markt verfügt über eine breite und wachsende Verbraucherbasis sowie über eine stark wachsende Industrie, woraus sich Absatzpotentiale für verschiedene Technologieoptionen insbesondere im Bereich der Batteriespeicher sowie mittel- bis langfristig im Bereich der grünen Wasserstoffindustrie bieten. Die Anwendungsfelder für BESS reichen hierbei von stationären Speichern zur Netzunterstützung bei der Integration von VREs bis hin zum Einsatz in der Elektromobilität. Elektrofahrzeuge werden derzeit überwiegend in den Segmenten der elektrischen Zweiräder und Dreiräder eingesetzt, gefolgt von Bussen und schließlich elektrischen PKWs, die nur einen sehr geringen Anteil ausmachen. Der wachsende Absatz von E-Fahrzeugen treibt die Nachfrage nach Fahrzeugbatterien und erneuerbaren Energien in Verbindung mit Speicherlösungen für Ladestationen an. Zudem ist der Bereich der bedarfsgerechten Ein- und Ausspeisung von Strom aus der Batterie mittels Sektorkopplung (Vehicle-to-Grid) zukünftig ein wichtiger Baustein im Ökosystem der E-Mobilität, sowohl für den deutschen als auch den indischen Markt.<sup>75</sup> Um wiederum innerhalb der nächsten sieben Jahre bis zu 500 GW an nicht-fossiler Stromkapazität in das indische Stromnetz integrieren zu können, bedarf es eines starken Ausbaus der stationären Batteriespeicher. Allein der Bedarf an BESS für die Netzunterstützung wird auf 104 bis 260 GWh pro Jahr geschätzt.<sup>76</sup> Potentielle Geschäftspartner für Deutschland sind indische Batterie- und Komponentenhersteller, die nach technologischen Verbesserungen suchen. Weitere Möglichkeiten bieten IT-basierte Dienstleistungen wie das Batteriemangement sowie aufkommende Industriezweige wie das Batterierecycling.

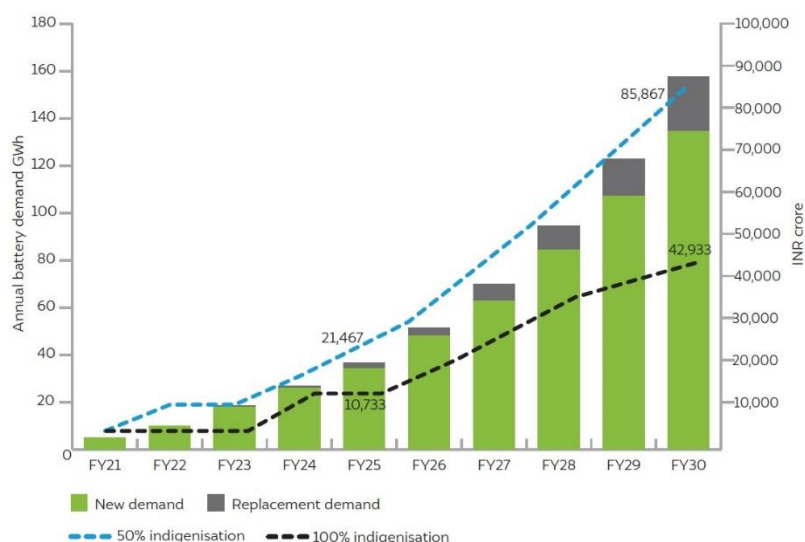
Als weltweit größter Importeur von Ammoniak,<sup>77</sup> welches vornehmlich zur Düngemittelproduktion eingesetzt wird, und als Land mit den vierthöchsten Kapazitäten für die Öltraffination<sup>78</sup> konsumiert Indien bereits heute große Mengen an grauem Wasserstoff. Die Nachfrage nach grünem Wasserstoff wird sich in Indien voraussichtlich zuerst auf diese Sektoren konzentrieren und sich dann zudem auf neue Anwendungsfelder, wie die Stahlproduktion oder den Mobilitätssektor, ausdehnen. Aufgrund weiterhin ansteigender Nachfrage in den traditionellen Anwendungsfeldern und einem zusätzlichen Bedarf durch neue Applikationen wird Indiens Wasserstoffverbrauch noch deutlich weiter zunehmen und bis 2050 von aktuell 6 MTPA auf 28 MTPA anwachsen.<sup>79</sup> In Abhängigkeit von den politischen Rahmenbedingungen, der technologischen Entwicklung bei Kernkomponenten wie Elektrolyseuren sowie der Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Quellen und Wasserressourcen kann grüner Wasserstoff zunehmend Kostenparität mit grauem Wasserstoff erreichen und damit einen Teil der steigenden Nachfrage abdecken. Gemäß der vielfältigen Geschäftsmöglichkeiten, die sich entlang der Wertschöpfungskette der grünen Wasserstoffindustrie abzeichnen, haben bereits einige von Indiens führenden Industriekonglomeraten – wie Reliance<sup>80</sup> oder Adani<sup>81</sup> – ambitionierte Pläne vorgelegt, um grünem Wasserstoff zum Durchbruch zu verhelfen. Auch Indiens Öl- und Gasindustrie – unter ihnen Marktführer wie Indian Oil Corporation Limited und Bharat Petroleum Corporation Limited (BPCL) – hat begonnen, in die Umstellung ihrer Raffinerien auf grünen Wasserstoff zu investieren, und erste Pilotprojekte für die Produktion von grünem Ammoniak befinden sich in der Entwicklungsphase.<sup>82</sup> Da diese Industriezweige als erste auf grünen Wasserstoff umsteigen werden, bieten sie sich als Geschäftspartner und Abnehmer für deutsche Hersteller von Elektrolyseuren sowie für Technologieanbieter und Dienstleister im Bereich der Energieinfrastruktur an.

### **Wettbewerbsumfeld und Potentiale im Bereich Batterien**

Die Entwicklungsbehörde NITI Aayog prognostiziert in ihrem beschleunigten Wachstumsszenario für 2030 einen jährlichen Gesamtbedarf an modernen Batteriespeichern von bis zu 260 GWh und ein damit verbundenes Marktvolumen von 15 Mrd. USD. Hiervon entfallen 12 Mrd. USD auf die Fertigung der Batteriezellen sowie die restlichen 3 Mrd. USD auf

die Montage der Batteriepakete und die Integration der BESS in das Stromnetz bzw. das jeweilige Endprodukt.<sup>83</sup> Das Council on Energy, Environment and Water geht in seinem Basisszenario allein für den Elektromobilitätssektor von einem jährlichen Batteriebedarf in Höhe von 158 GWh für das Jahr 2030 aus.<sup>84</sup> Zur 50-prozentigen Deckung dieses Bedarfs aus einheimischer Produktion werden bis 2030 Gesamtinvestitionen in Höhe von ca. 6,1 Mrd. USD benötigt. Um vollständig unabhängig von Batterieimporten für den EF-Sektor zu werden, würden sich die Investitionen in die Fertigung von Li-Ionen-Zellen sogar auf 12,3 Mrd. USD belaufen (siehe Abbildung 3).<sup>85</sup>

**Abbildung 3: Kumulierter Investitionsbedarf für die Batterie-fertigung im indischen EF-Sektor, in Crore (10 Mio.) INR**



Zurzeit befindet sich Indien jedoch erst in der Anlaufphase für die einheimische Produktion von Li-Ionen-Zellen. Die meisten indischen Unternehmen beschränken sich derzeit auf die Montage von Batteriepaketen und importieren die dafür benötigten Zellen. Im Geschäftsjahr 2020-21 führte Indien Lithiumbatterien und -zellen im Wert von 1,193 Mrd. USD ein, wovon 87% aus China oder Hongkong stammten.<sup>86</sup> Allerdings haben einige der größten indischen Unternehmen angekündigt, den Aufbau einer eigenen Fertigung voranzutreiben.<sup>87</sup> Im September 2022 hat Indiens erste Fertigungsanlage für die inländische Herstellung von Li-Ionen-Zellen ihren Betrieb aufgenommen. Das Projekt basiert auf einer Kooperation zwischen dem indischen Konzern Munoth Industries Limited (MIL) und dem in China ansässigen

Batterieproduzenten Tianjin Lishen. In der ersten Phase verfügt die Anlage im Bundesstaat Andhra Pradesh über eine Kapazität von 250 MWh und soll Batteriezellen für Verbraucherelektronik wie Powerbanks produzieren. Bis Ende 2024 soll die Produktion auf eine Kapazität von 1,5 GWh ausgeweitet werden, um Li-Ionen-Batterien für zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge sowie für stationäre Energiespeicher zu fertigen.<sup>88</sup> Auch Amara Raja Batteries, der zweitgrößte Autobatteriehersteller des Landes, trifft zurzeit Vorbereitungen zur eigenen Fertigung von Li-Ionen-Zellen: Ebenfalls in Andhra Pradesh wurde 2021 das erste Technologiezentrum des Landes zur Entwicklung von Lithium-Ionen-Zellen eröffnet.<sup>89</sup> Im benachbarten Bundesstaat Telangana wurde im Mai 2023 der Grundstein für Indiens bislang größte Giga-Fabrik gelegt. Amara Raja plant an diesem Standort mit Investitionen in Höhe von 95 Mrd. Rupien (ca. 1,06 Mrd. Euro) über den Zeitraum der nächsten 10 Jahre.<sup>90</sup>

Die Giga-Fertigung ist ein entscheidender Faktor, um den Preis so weit zu senken, dass E-Fahrzeuge wettbewerbsfähig werden. Indiens reichlich vorhandene Arbeitskräfte, relativ niedrige Produktionskosten, die zentrale geografische Lage für den Welthandel, die Ambitionen der Regierung, die Fähigkeiten in der Fertigungsindustrie und der schnell wachsende lokale Fahrzeugmarkt bieten dem Land die Möglichkeit, ein Zentrum für die Herstellung und das Recycling von Batteriezellen für den nationalen und internationalen Markt zu werden.<sup>91</sup> Hier bieten sich für deutsche Unternehmen Chancen bei der Entwicklung und dem Verkauf von Anlagen zur Herstellung der Zellen, wobei die indische Industrie selbst bereits über ein breites Netzwerk an Partnern verfügt. So sind abgesehen von Indiens Batterieherstellern auch andere indische Großkonzerne, wie Reliance Industries, in das Geschäft mit modernen BESS eingestiegen und haben begonnen, technologisches Know-how aus dem Ausland zu akquirieren.<sup>92</sup> Insbesondere die indische Automobilindustrie ist an internationalen Kooperationen mit ausländischen Technologieanbietern interessiert: Das japanische Unternehmen Toshiba hat bereits ein Joint Venture mit dem indisch-japanischen Autobauer Maruti Suzuki gegründet, um ab 2024-25 Li-Ionen-Batterien in Gujarat zu fertigen.<sup>93</sup> Neben den indischen und ausländischen Großkonzernen aus dem Automobilsektor, die ihre eigene Batteriefertigung für die Elektrofahrzeugproduktion aufbauen wollen (z.B. Hyundai<sup>94</sup> und Tesla<sup>95</sup>), gibt es einheimische Hersteller, die auf die Bedürfnisse des indischen Fahrzeugmarktes angepasste Batterien

produzieren, wie beispielsweise die Firma Exicom Power Solutions.<sup>96</sup> Hier bestehen Möglichkeiten für deutsche Unternehmen, bei der Infrastruktur für die Fertigung von Batterien tätig zu werden oder zu unterstützen.

Fraglich ist bei all diesen ambitionierten Plänen jedoch, wie der Zugang zum Rohstoff Lithium gewährleistet werden soll. Bisher gibt es noch keinen gesicherten bzw. ausreichenden Zugang zu dem Rohstoff, um die Produktion von Lithium-Batterien in Indien zu gewährleisten.<sup>97</sup> Umso stärker rückt das bisher in Indien noch eher wenig beachtete Geschäftsfeld des Batterie-Recyclings in den Mittelpunkt. Schätzungen gehen für LIBs von einem Gesamtpotential in Höhe von 600 GWh für den Zeitraum von 2022 bis 2030 aus. Die Installation dieser Batterien würde zu einem Recyclingvolumen von insgesamt 128 GWh führen, wobei ca. 54% des Recyclingbedarfs auf stationäre Anwendungen und die restlichen 46% auf Elektrofahrzeuge zurückzuführen wären.<sup>98</sup> Die ersten Unternehmen haben diese große Geschäftsmöglichkeit erkannt und damit begonnen, Recyclingfabriken aufzubauen. Hierzu gehören etablierte indische Recyclingunternehmen mit modernen Anlagen, die mithilfe hydrometallurgischer Verfahren auch LIBs effizient und umweltfreundlich wiederverwerten können. Attero Recycling verfügt bereits über einen Standort in Uttarakhand und investiert zurzeit 81 Mio. USD in eine weitere Anlage für LIB-Recycling in Telangana.<sup>99</sup> Auch Exigo betreibt eine moderne Recyclingfabrik in Haryana und unterhält zudem ein umfassendes Partnernetzwerk zum Sammeln und Rücktransport der gebrauchten Batterien.<sup>100</sup> Seit 2019 ist auch der Industriekonzern TATA Chemicals mit einer eigenen Pilotanlage in das Geschäft für LIB-Recycling in Indien eingestiegen.<sup>101</sup> Dies könnte in Zukunft zu einer deutlichen Steigerung der Recyclingkapazitäten in Indien beitragen. Im Jahr 2020 lag die Gesamtkapazität zur Wiederverwertung von Batterien in Indien bei gerade einmal 1.450 Tonnen pro Jahr im Vergleich zu 33.500 Tonnen in China und 52.500 Tonnen in Europa.<sup>102</sup> Hier bieten sich also mit Blick auf die hohen Wachstumsraten bei der Nutzung von modernen elektrochemischen Batterien vielversprechende Geschäftschancen für deutsche Unternehmen aus dem Bereich der Recyclingindustrie, die Anlagen und Technologien für Indiens steigenden Recyclingbedarf liefern können.

### **Wettbewerbsumfeld und Potentiale im Bereich grüner Wasserstoff**

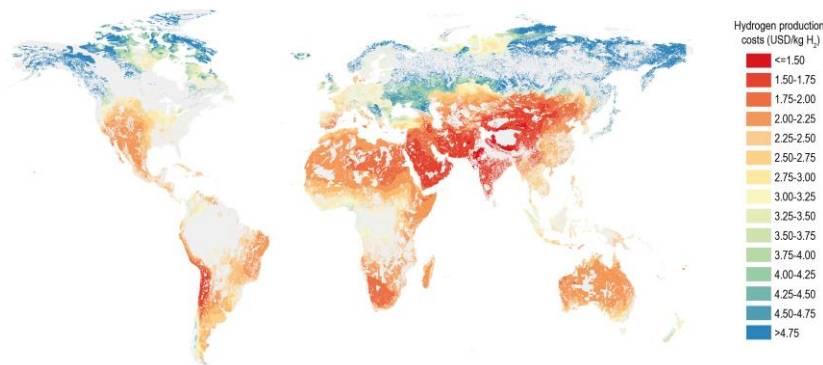
Indiens Nutzung von grauem Wasserstoff beschränkt sich zurzeit vornehmlich auf die Öl- und Gasindustrie sowie den Düngemittelsektor. Um diese Industriezweige auf grünen Wasserstoff umstellen sowie andere Sektoren wie die Stahlindustrie oder den Schwerlastverkehr mithilfe von grünem Wasserstoff dekarbonisieren zu können, muss der Preis für grünen Wasserstoff auf ein wettbewerbsfähiges Niveau gedrückt werden. Zurzeit liegt dieser weltweit zwischen 4 und 9 USD/kg und damit deutlich über dem Preisniveau von grauem Wasserstoff, welcher mithilfe von Erdgas für ca. 1-2,5 USD/kg produziert werden kann.<sup>103</sup> Den größten Kostenfaktor für die Produktion von grünem Wasserstoff macht der Preis der erneuerbaren Elektrizität aus, die für den Betrieb der Elektrolyseure eingesetzt wird. Indiens durchschnittliche Stromerzeugungskosten (LCOEs) für neu in Betrieb genommene EE-Anlagen gehören mit 30 (Onshore-Wind) bzw. 35 (Solar PV) USD/kWh zu den niedrigsten weltweit.<sup>104</sup> Die Kosten für importiertes Erdgas liegen in Indien hingegen mit 8-12 USD/MMBTU auf relativ hohem Niveau.<sup>105</sup> Hieraus ergeben sich bereit jetzt vergleichsweise niedrige Preise für grünen Wasserstoff (4,90 USD/kg) sowie überdurchschnittlich hohe Preise für grauen Wasserstoff (1,70-2,20 USD/kg).<sup>106</sup> Als zweitwichtigste Komponente kommen die Investitions- und Betriebskosten für die Elektrolyseure hinzu, welche zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwendet werden.<sup>107</sup> Laut IRENA könnten die Investitionskosten für Elektrolyseure bis 2030 mithilfe von technischen Innovationen, automatisierter Massenproduktion sowie der verringerten Nutzung von Seltenen Erden um bis zu 40% und längerfristig sogar um bis zu 80% sinken.<sup>108</sup>

Wie Abbildung 4 zeigt, verfügt Indien aufgrund seiner niedrigen Strompreise über ein großes Potential, um bis 2030 zu den weltweit günstigsten Produktionsstandorten für grünen Wasserstoff zu gehören.<sup>109</sup> Hierfür müssen allerdings die Preise für Wind- und Solarstrom noch weiter fallen und die genannten technischen Innovationen bei der Elektrolysetechnik sowie der groß angelegte Aufbau einer indischen Wasserstoffindustrie konsequent umgesetzt werden. Einige der größten indischen Industriekonzerne haben sich diesem Ziel verschrieben und damit begonnen, Pilotanlagen für die Produktion von grünem Wasserstoff aufzubauen. Der Großkonzern Reliance Industries hat das ambitionierte Ziel ausgegeben, innerhalb von einem Jahrzehnt den Preis für 1 kg Wasserstoff auf unter 1 USD zu senken, und hat zu diesem Zweck ein Technologieabkommen mit dem dänischen Unternehmen Stiesdal A/S geschlossen, um Elektrolyseure in Indien zu fertigen.<sup>110</sup> Doch Reliance investiert nicht nur in die Elektrolyse-Technologien, sondern in das gesamte Ökosystem der Wasserstoffindustrie: In Gujarat und damit in der Nähe von potentiellen Abnehmern wie der petrochemischen Industrie



lässt Reliance den „Dhirubhai Ambani Green Energy Giga Complex“ für insgesamt 600 Mrd. INR (6,7 Mrd. Euro) errichten. Dieser Industriekomplex wird bei seiner geplanten Fertigstellung im Jahr 2024 zu den weltweit größten integrierten Produktionsstandorten im grünen Energiesektor gehören und soll im großen Maßstab Batteriespeicher, Solarzellen, Elektrolyseure sowie Brennstoffzellen herstellen.<sup>111</sup>

**Abbildung 4: Produktionskosten für grünen Wasserstoff mit Strom aus hybriden Solar-Wind-Systemen, in USD/kg, 2030**



Da sich die grüne Wasserstoffindustrie in Indien erst in ihrem Anfangsstadium befindet, bedarf es großer Investitionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies schließt nicht nur die Produktion von Wasserstoff und den damit einhergehenden Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung mit ein, sondern bezieht sich auch auf die Lagerung und den Transport. Indische Energieunternehmen wie die ACME Group aus Haryana oder Greenko aus Indiens IT-Hub Hyderabad sind in die Produktion von grünem Ammoniak eingestiegen, welches aus grünem Wasserstoff gewonnen wird und anschließend

in Tanks gelagert oder exportiert werden kann.<sup>112</sup> Anfang 2023 hat Greenko bereits eine Absichtserklärung mit dem deutschen Energiekonzern Uniper über den jährlichen Export von bis zu 250.000 Tonnen grünem Ammoniak in die EU geschlossen.<sup>113</sup> ACME kooperiert zudem mit dem Gasversorgungsunternehmen Indraprastha Gas Limited (IGL), um die Einspeisung von grünem Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz zu testen.<sup>114</sup>

## 5. Technische Lösungsansätze

Energiespeicherlösungen wie Batteriespeichern oder grünem Wasserstoff kommen eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung der indischen Industrie und des Verkehrssektors zu. Daher überrascht es kaum, dass aktuelle Prognosen von einer stetig wachsenden Nachfrage für Technologien aus diesem Bereich ausgehen. Allerdings steht die indische Wirtschaft noch vor großen Herausforderungen, um dem inländischen Bedarf an Energiespeichern gerecht zu werden. Die Produktion von grünem Wasserstoff findet weltweit bisher nur in kleinem Maßstab statt, wodurch es an Erfahrungen beim Aufbau der komplexen Infrastruktur und Wertschöpfungsketten mangelt. Indien kann zwar auf seine Kenntnisse bei der Nutzung von grauem Wasserstoff in Raffinerien und bei der Düngemittelherstellung zurückgreifen, doch auch hier bedarf es großer Investitionen in die Energie- und Transportinfrastruktur, um auf grünen Wasserstoff umsteigen zu können. Bei der einheimischen Fertigung von Schlüsseltechnologien, wie Elektrolyseuren, befindet sich die indische Industrie noch in der Anfangsphase. Insbesondere die hohe Abhängigkeit von Rohstoffimporten erschweren die Ansiedlung von Herstellern für Elektrolyseurkomponenten.<sup>115</sup>

**Abbildung 5: Indiens Stellung in der Wertschöpfungskette für Li-Ionen-Batterien<sup>116</sup>**



Auch bei der Produktion von Li-Ionen-Batterien, welche den Markt für Batteriespeicher in Zukunft dominieren werden, ist die indische Wirtschaft bisher nur in Teilen der Wertschöpfungskette gut aufgestellt. Wie Abbildung 5 verdeutlicht, beschränkt sich Indiens Präsenz bei der Herstellung von LIBs fast ausschließlich auf den Downstream-Bereich mit vielen

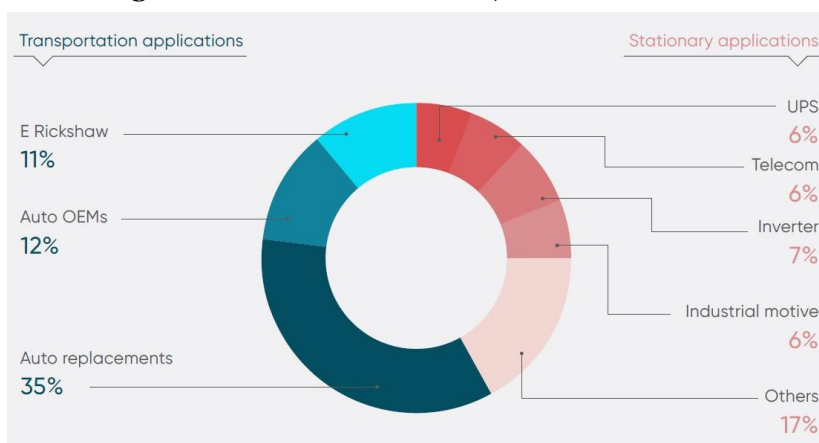
Industrieanlagen zur Montage der Batteriepakete, aber bisher nur wenigen Anlagen zum Batterierecycling. Im Upstream- und Midstream-Bereich, wie der Förderung von kritischen Rohstoffen oder der Herstellung der Batteriezellen, stellt sich Indiens Präsenz in der Lieferkette als noch dürftiger dar. Zurzeit arbeiten mehrere indische Unternehmen daran, diese Lücken zu schließen und eigene Produktionsstandorte für Li-Ionen-Zellen zu eröffnen sowie den Zugang zu wichtigen Ressourcen wie Lithium zu verbessern.

## 5.1 Batteriespeichertechnologien

Indiens steigender Bedarf an Batteriespeichern speist sich aus einer Reihe von etablierten sowie neu aufkommenden Anwendungsfeldern. Zum einen werden BESS für stationäre Anwendungen eingesetzt und zum anderen kommen sie im Mobilitätssektor zum Einsatz. Hinzu kommen Batterien, die in Unterhaltungselektronik wie Laptops und Smartphones eingebaut sind. Die aktuelle Nachfrage auf dem indischen Batteriemarkt unterscheidet sich zudem je nach angewandeter Technologie. Die zurzeit noch am häufigsten eingesetzten Blei-Säure-Batterien (LABs) werden für verschiedene stationäre Anwendungen, wie Telekommunikationsanlagen oder Wechselrichter, genutzt. Darüber hinaus werden LABs im Transportsektor angewendet, wobei der Austausch von Autobatterien mehr als die Hälfte der Nachfrage in diesem Segment ausmacht (siehe Abbildung 6).<sup>117</sup>

Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) hingegen werden in Indien noch vornehmlich in der Unterhaltungselektronik und als stationäre Speichermedien verwendet. Nur 9% des Gesamtbestands an LIBs kam im Jahr 2021 im Transportsektor zum Einsatz. Bei der aktuellen Nachfrage nach fabrikneuen Li-Ionen-Zellen liegt allerdings der Mobilitätssektor (38%) bereits deutlich vor der Unterhaltungselektronik (19%) und nur noch knapp hinter den stationären Anwendungen (43%), was vor allem auf den stetig wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge zurückzuführen ist.<sup>118</sup>

**Abbildung 6: Indiens Markt für LABs, 2021**



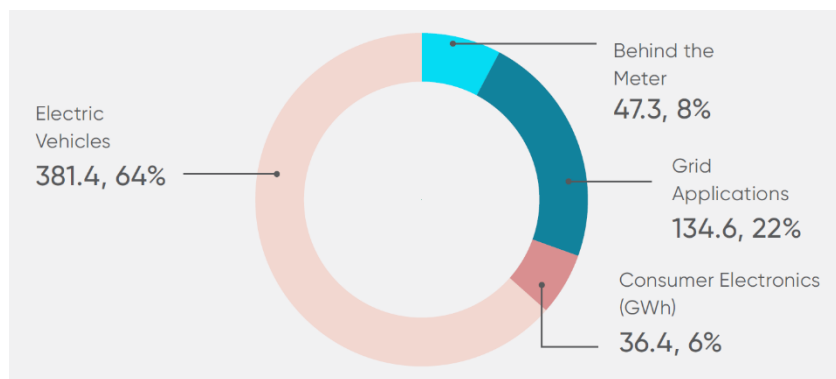
Während sich die Anwendungsfelder von BESS im Mobilitätsbereich hauptsächlich auf klassische Autobatterien für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor sowie auf deutlich leistungsstärkere Batterien für Elektrofahrzeuge beschränken, kommen Batteriespeicher in einer Vielzahl verschiedener stationärer Anwendungen zum Einsatz. Hierzu zählen netzgebundene Einsatzgebiete („grid-scale“) sowie Energiespeicherlösungen beim Endverbraucher („behind-the-meter“). Zu den netzgebundenen Anwendungen gehören Systemdienstleistungen in Form von Betriebsreserven. Prognosen des National Renewable Energy Laboratory (NREL) gehen davon aus, dass Batteriespeicher bis 2030 über 80% und bis 2050 sogar fast 100% dieser Dienstleistungen erbringen werden, während kleinere Anteile von PSHs, Gas- und Kohlekraftwerken übernommen werden.<sup>119</sup> Der Großteil des Bedarfs an Dienstleistungen für das Stromnetz, die von Batteriespeichern geleistet werden müssen, lässt sich jedoch auf zwei weitere Bereiche zurückführen: das Lastmanagement zur Deckung von Bedarfsspitzen sowie Energy-Time-Shifting.<sup>120</sup> Bei Letzterem werden mithilfe von ESS wie Batteriespeichern oder PSHs Überkapazitäten bei der Stromerzeugung aufgenommen und zu Zeiten mit hoher Nachfrage sowie bei niedrigerem Angebot wieder in das Netz eingespeist. So können die natürlichen Fluktuationen der VREs ausgeglichen werden, indem ein Überangebot an Solar- und Windstrom aufgenommen werden kann und ein Unterangebot zu geringerem Maße durch Gas- und Kohlekraftwerke kompensiert werden muss.

Laut NREL bieten auf Li-Ionen basierende Batteriespeicher mit einer Speicherkapazität von 4 Stunden das beste Verhältnis zwischen Leistung und Investitionskosten zur Deckung von Bedarfsspitzen im indischen Stromnetz. BESS mit 8 oder mehr Stunden Kapazität sowie PSHs sind aufgrund ihrer hohen Installationskosten für diese Dienstleistung weniger geeignet.<sup>121</sup>

Zur Integration von VRE in das Stromnetz werden zum Jahr 2030 vor allem 4-stündige BESS eingesetzt werden, während im Jahr 2050 aufgrund der stark gestiegenen Kapazität der Solar-PV-Anlagen auch 6-stündige BESS einen wichtigen Beitrag zum Energy-Time-Shifting leisten werden.<sup>122</sup>

Stationäre Anwendungen für Batteriespeicher beschränken sich nicht nur auf netzgebundene Leistungen, sondern schließen auch ESS beim Endverbraucher (BTM) mit ein. Gemäß Schätzungen von NITI Aayog werden bis 2030 drei Anwendungsbereiche den Großteil des kumulierten Bedarfs an BESS im BTM-Segment auf sich vereinen. Die höchste Nachfrage wird für Batteriespeicher als Ersatz für Dieselgeneratoren erwartet, welche zurzeit in großem Umfang eingesetzt werden, um Stromausfälle zu überbrücken. Auch Telekommunikationsanlagen in ländlichen Gebieten gehören zu den wichtigsten Endnutzergruppen für BTM-Speicher in Indien. Als dritt wichtigstes Anwendungsfeld sind USV-Anlagen zu nennen, welche eine unterbrechungsfreie Stromversorgung sicherstellen und vor allem in Rechenzentren und im Gesundheitsbereich zum Einsatz kommen.<sup>123</sup>

**Abbildung 7: Kumuliertes Potential für moderne BESS in Indien (2022-2030), in GWh**



Diese BTM-Anwendungen machen allerdings nur einen kleinen Teil des prognostizierten Gesamtpotentials für moderne elektrochemische Batterien, wie Li-Ionen-Zellen und andere aufkommende Technologien, aus. Für die Jahre 2022 bis 2030 geht NITI Aayog im Basisszenario von einem kumulierten Potential an modernen BESS in Höhe von knapp 600 GWh aus. Hiervon entfallen 64% auf Elektrofahrzeuge, 22% auf netzgebundene Anwendungen sowie lediglich jeweils 8% und 6% auf BTM-Anwendungen und Unterhaltungselektronik (siehe Abbildung 7).<sup>124</sup> Das jährliche Marktpotential für Batteriespeicher nimmt

hierbei von 2022 an kontinuierlich zu, sodass sich der vorhergesagte Bedarf von 2023 (16,6 GWh) bis 2030 (160,3 GWh) fast verzehnfacht.

#### *Blei-Säure-Batterien (LAB)*

Blei-Säure-Batterien können für eine hohe Leistung eingesetzt werden und sind kostengünstig, sicher und zuverlässig. Ihre niedrige spezifische Energie, ihre kurze Zykluslebensdauer und ihr hohes Gewicht behindern jedoch ihre Verwendung in Elektrofahrzeugen oder für netzgebundene Anwendungen. Der indische Markt für Batterien im BTM-Segment wird traditionell von LABs dominiert, die hier vor allem in Telekommunikations- und USV-Anlagen sowie als Wechselrichter zum Einsatz kommen.<sup>125</sup> Insbesondere bei Nutzern von USV-Anlagen wie Rechenzentren, dem Gesundheitssektor oder der IT-Branche wird allerdings eine Verlagerung hin zu Li-Ionen-Batterien erwartet.<sup>126</sup>

Mittlerweile stehen auch fortschrittliche Hochleistungs-Blei-Säure-Batterien mit verbesserter Zykluslebensdauer und verringertem Gewicht zur Verfügung, die zugleich die hohe Leistungsdichte von Blei-Säure-Batterien beibehalten. Daher können diese auch für bestimmte netzgebundene Leistungen und in zweirädrigen Elektrofahrzeugen eingesetzt werden.<sup>127</sup>

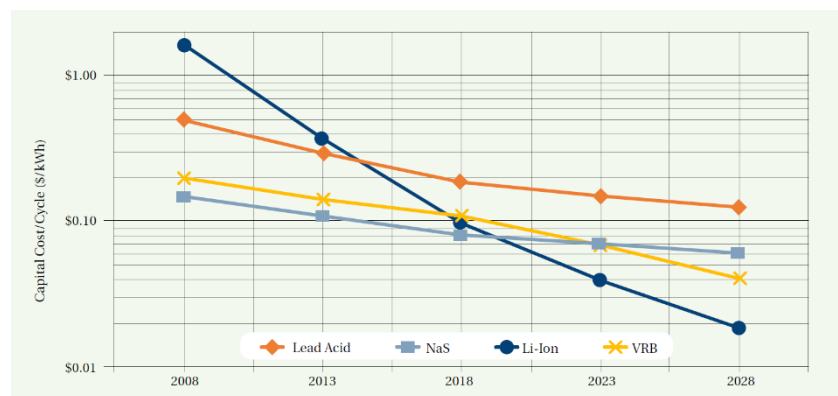
#### *Lithium-Ionen-Batterie (LIB)*

LIBs haben ein sehr gutes Verhältnis von Leistung zu Gewicht. Diese Art von Batteriespeicher ist sehr energieeffizient und zeigt auch bei hohen Temperaturen eine gute Leistung. Allerdings reagieren LIB stark auf Temperaturschwankungen, sind leicht entflammbar und verlieren bei Leckagen Flüssigkeit. Bei Betriebstemperaturen über 55°C erhitzen sie sich irreversibel und können Feuer fangen. Das macht Kühl- und Überwachungssysteme notwendig, die mehr Volumen und mehr Gewicht bedeuten.<sup>128</sup>

Die weltweite Produktionskapazität von Li-Ionen-Zellen betrug im Jahr 2020 etwa 540 GWh, wobei mehr als drei Viertel der Kapazität auf China entfielen. Im Jahr 2025 soll die globale Kapazität bereits bei 2.015 GWh liegen.<sup>129</sup> Der weltweite Anstieg bei der Nachfrage nach LIBs ist nicht nur auf ihre hohe Leistungsfähigkeit zurückzuführen, sondern ergibt sich

auch aus ihren stetig sinkenden Kosten. Mittlerweile sind die Kapitalkosten für LIBs gemessen an der gesamten Lebensdauer der Batterie geringer als bei anderen Batterietechnologien wie Natrium-Ionen-Batterien (NaS), Flow-Batterien (z.B. Vanadium-Redox-Flow-Batterie, kurz VRB) oder LABs. Diese Entwicklung soll sich in den nächsten Jahren noch weiter fortsetzen (siehe Abbildung 8).<sup>130</sup>

**Abbildung 8: Geschätzte Kapitalkosten per Lebenszyklus für verschiedene BESS-Technologien, in USD/kWh**



Aufgrund sinkender Preise und guter Leistungswerte wird sich die LIB in Indien als bevorzugte Primärenergiequelle für die meisten Elektrofahrzeuge etablieren. Bis 2030 werden 80% der elektrischen Zweiräder, 40% der dreirädrigen Fahrzeuge mit Elektroantrieb und 100% der E-Autos und E-Busse mit Li-Ionen-Batterien ausgestattet sein.<sup>131</sup> Wie Abbildung 7 zeigt (siehe oben), wird Indiens steigende Nachfrage nach LIBs hauptsächlich vom Ausbau der Elektromobilität und zu geringerem Maße durch netzgebundene Speicherlösungen angetrieben. Die Ursache hierfür ergibt sich aus der dominierenden

Stellung der Li-Ionen-Akkus unter den EF-Batterien in Verbindung mit einem kräftigen Wachstum des indischen Elektrofahrzeugmarktes. Während im Geschäftsjahr 2017-18 weniger als 100.000 Elektrofahrzeuge verkauft wurden, stieg diese Zahl auf über 1,1 Mio. Verkäufe im Jahr 2022-23 an. Zwar machen elektrische Zwei- und Dreiräder mehr als 95% der Gesamtverkäufe aus, doch auch bei E-Autos und E-Bussen sind hohe Wachstumsraten zu verzeichnen.<sup>132</sup> Das CEEW schätzt, dass im Jahr 2030 bei zwei- und dreirädrigen Fahrzeugen bis zu 35%, bei privaten PKWs 12% und bei Bussen 30% aller Neuverkäufe mit Elektromotor ausgestattet sein werden.<sup>133</sup> Im optimistischsten Szenario prognostiziert eine von NITI Aayog und dem Rocky Mountain Institute veröffentlichte Studie sogar einen Elektroanteil bei den Neuverkäufen von 80% für Zwei- und Dreiräder sowie 30% für PKWs und 40% für Busse.<sup>134</sup>

### Natrium-Ionen-Batterie (NaS)

In den letzten Jahren wurden Natrium-Ionen-Akkus vom theoretischen Konzept zur praxistauglichen Technologie weiterentwickelt und könnten sich in Zukunft als ernstzunehmende Alternative zu LIBs etablieren. Im Vergleich zu Li-Ionen-Zellen weisen NaS eine niedrigere Energiedichte und kürzere Lebenszyklen auf, aber sie können mit stärkeren Schwankungen in der Umgebungstemperatur umgehen. Zudem sind sie nicht auf knappe Ressourcen wie Lithium und Kobalt angewiesen, da sie mit gewöhnlichem Speisesalz (Natrium) betrieben werden. Dadurch werden die Investitionskosten für Natrium-Ionen-Batterien auch weniger durch Preisschwankungen bei diesen Seltenen Erden beeinflusst.<sup>135</sup> Ein weiterer Vorteil von NaS besteht darin, dass sich ihre Herstellung mit der von LIBs ähnelt, sodass Fabriken für LIB relativ einfach auf Natrium-Ionen-Akkus umgestellt werden könnten. Voraussetzung dafür sind aber zunächst entsprechend große Fabriken, die durch Automatisierung und Skaleneffekte die Herstellungskosten reduzieren. Außerdem müssen die neuen Produktionsprozesse optimiert werden. Wenn diese Herausforderungen gelöst sind, könnten NaS für netzgebundene Dienstleistungen und als EF-Batterien zum Einsatz kommen, auch wenn die niedrigere Energiedichte zu einem höheren Gewicht als bei LIBs führt.<sup>136</sup>

Der chinesische Akkuhersteller und Tesla-Zulieferer CATL und die britische Firma Faradion haben im Jahr 2021 den Produktionsstart erster kommerzieller Zellen angekündigt.<sup>137</sup> Faradion wurde dann Ende 2021 von Reliance Industries für 100 Mio. GBP übernommen.<sup>138</sup> Reliance plant die von Faradion entwickelte Technologie im „Dhirubhai Ambani Green Energy Giga Complex“ in Gujarat zum Einsatz zu bringen und so die Kommerzialisierung der Natrium-Ionen-Batterien in Indien voranzutreiben.<sup>139</sup>

### Redox-Flow-Batterie (RFB)

Eine weitere Batterietechnologie, die bisher in Indien vornehmlich in Pilotanlagen zum Einsatz kommt, ist die Redox-Flow-Batterie. Hierunter fällt eine Reihe von Variationen wie Vanadium-Redox-Batterien, Polysulfid-Bromid-Batterien oder

Zink-Brom-Akkus. Diese Batterien verfügen nur über eine geringe Energiedichte und sind deshalb größer und schwerer als LIBs. Dafür bieten sie aber längere Lebenszyklen als LIBs, sind nicht brennbar und benötigen kein Lithium oder andere seltene Metalle.<sup>140</sup> In Indien hat das Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) bereits eine eigene Zink-Brom-Batterie entwickelt und arbeitet daran, die Kapazität auf Megawatt-Niveau anzuheben.<sup>141</sup> Anfang 2023 hat das indische Unternehmen Delectrik Systems zudem mit der kommerziellen Fertigung von Vanadium-RFBs begonnen. Die einzelnen Batterieeinheiten verfügen über eine Kapazität von 200 kWh und werden in Containern aufgebaut, sodass sie einfach transportiert und modular zu größeren Systemen zusammengebaut werden können.<sup>142</sup>

#### *Andere aufkommende Batterietechnologien*

Im Gegensatz zur LIB, welche flüssige Elektrolyte enthält, basieren Feststoffbatterien auf festen Elektrolyten, sind thermisch stabil und ermöglichen einen Betrieb auch bei über 55°C. Aufgrund der festen Elektrolyte weisen sie eine sehr hohe Energiedichte auf und sie enthalten deutlich weniger Giftstoffe als andere Batteriearten. Zudem liegt ihre Selbstentladungsrate bei 1,5-2% und damit deutlich unter der Rate von LIBs (5%).<sup>143</sup> Allerdings gibt es bei ihrer Herstellung noch immer ungelöste wissenschaftliche Herausforderungen und die Produktionskosten sind sehr hoch, wodurch sie noch nicht für den Massenmarkt produziert werden können.

Eine weitere potentielle Alternative zu LIBs sind Metall-Luft-Batterien, da sie über eine sehr hohe Energiedichte verfügen und bereits kommerziell verfügbar sind. Zudem können sie alternativ zu Lithium auch mit anderen Metallen wie Zink oder Aluminium ausgestattet werden, von denen es deutliche größere natürliche Vorkommen gibt.<sup>144</sup> Der staatliche Ölkonzern Indian Oil arbeitet bereits an der Entwicklung solcher Batterien mit in Indien vorkommenden Metallen, wodurch die Abhängigkeit von Rohstoffimporten reduziert und Kosten gesenkt werden könnten.<sup>145</sup> Allerdings können diese Batterien bisher noch nicht elektrisch wieder aufgeladen werden. Die Entwicklung von wiederaufladbaren Metall-Luft-Batterien wird bereits seit einigen Jahren von Forschungseinrichtungen wie dem deutschen Fraunhofer-Institut erforscht.<sup>146</sup>

#### *Batterie-Recycling und -Wiederverwendung*

Je nach spezifischer Li-Ionen-Technologie bestehen LIBs zu 20-30% aus Metallen wie Aluminium, Kupfer, Lithium und Eisen sowie zu ca. 15% aus Edelmetallen wie Nickel, Kobalt, Titanium und Mangan.<sup>147</sup> 50-60% des Marktpreises für eine Li-Ionen-Batterie ergeben sich aus den Rohstoffkosten für die Metalle.<sup>148</sup> Aufgrund des starken Anstiegs beim Bedarf an Li-Ionen-Batterien wird der weltweite Verbrauch von diesen Rohmaterialien im Jahr 2030 zwanzigmal so hoch liegen wie heute.<sup>149</sup> Indien verfügt über eigene Rohstoffquellen für die LIB-Produktion. Hierzu zählen Nickel-Reserven im geschätzten Umfang von 189 Mio. Tonnen sowie Lithium-Bestände, die allerdings noch nicht kommerziell erschlossen wurden. Beim Graphit ist Indien sogar der weltweit zweitgrößte Produzent, wobei der Rohstoff hauptsächlich in der Stahlindustrie und als Schmiermittel eingesetzt wird, wodurch Graphit für die Batterieproduktion aus China eingeführt werden muss.<sup>150</sup> Insbesondere beim Lithium, dessen größte Vorkommen im südamerikanischen Dreieck zwischen Chile, Bolivien und Argentinien sowie in Australien liegen, und bei Kobalt, was vornehmlich in der Demokratischen Republik Kongo gefördert wird, ist Indien auf Importe aus dem Ausland angewiesen.<sup>151</sup>

Aufgrund dieser Abhängigkeit von Importen werden Batterie-Recycling und -Wiederverwendung eine wichtige Rolle im indischen Batteriemarkt spielen. Gebrauchte LIBs aus Elektrofahrzeugen verfügen noch über 70% bis 80% ihrer ursprünglichen Kapazität, wodurch sie sich für die Wiederverwendung in stationären Anwendungen eignen.<sup>152</sup> In Indien könnten in Zukunft 25% der gebrauchten Batterien von zwei- und dreirädrigen Elektrofahrzeugen sowie 60% der Batterien von E-Autos und E-Bussen als stationäre Speicher wiederverwendet werden und anschließend in den Recyclingkreislauf überführt werden. Das kumulierte Reuse-Potential für gebrauchte EF-Batterien liegt in Indien bei 49,2 GWh für die Jahre 2022 bis 2030. Hinzu kommt ein Recyclingvolumen von 59 GWh aus dem Mobilitätssektor sowie weiteren 69 GWh aus anderen Sektoren.<sup>153</sup>

Durch moderne hydrometallurgische Recyclingverfahren können zwischen 90% und 98% der in den Li-Ionen-Zellen verwendeten wertvollen Materialien wiedergewonnen werden.<sup>154</sup> Daher ist Recycling ein wichtiges Bindeglied zur Minderung des Risikos der Versorgung mit Rohstoffen für die Herstellung neuer Batterien. Allerdings sind diese modernen Verfahren zum LIB-Recycling mit deutlich höheren Kosten verbunden als das Recycling von LABs. Indiens Bedarf an Kapitalinvestitionen in die Recyclinginfrastruktur wird auf ca. 455 Mio. USD geschätzt, um eine jährliche LIB-Recyclingkapazität in Höhe von 23 GWh erreichen zu können.<sup>155</sup>

Erste Kooperationen zur Erschließung des enormen Potentials an Batterie-Recycling und -Wiederverwendung wurden bereits geschlossen. Hierbei ist eine Vereinbarung zwischen dem indischen Recyclingunternehmen Lohum und dem Automobilhersteller MG Motor zu nennen, welche darauf abzielt, gebrauchte Batterien aus Elektro-SUVs von MG als stationäre Batteriespeicher wiederzuverwenden.<sup>156</sup> Abgesehen von etablierten Recyclingunternehmen drängen auch indische Start-ups auf diesen vielversprechenden Markt, wie die in Bangalore ansässige Firma Metastable Materials. Das von Metastable entwickelte Recyclingverfahren kommt ohne Chemikalien aus und kann so die Belastungen für die Umwelt reduzieren und die Kosten für die Wiederverwertung von Li-Ionen-Zellen deutlich senken.<sup>157</sup>

## 5.2 Batteriemanagementsystem (BMS)

Ein BMS misst und regelt die Ströme, Spannungen und Temperaturen der einzelnen Batteriezellen und des Gesamtsystems (Batteriepack) und trägt so maßgeblich zu einem sicheren Betrieb bei. Kompakte und multifunktionale BMS sind für den sicheren Betrieb von elektrischen Speichern für mobile und stationäre Anwendungen unerlässlich. Sie erfassen nicht nur die Strom-, Spannungs- und Temperaturgrößen der einzelnen Zellen, sondern überwachen auch deren Grenzwerte, um eine hohe Lebensdauer der Zellen zu gewährleisten. Darüber hinaus lassen sich aus den Messdaten Informationen über den Ladezustand, die Reichweite und andere Aspekte ableiten.<sup>158</sup> Chancen für deutsche Unternehmen ergeben sich hier vor allem im Bereich des Batterie-Wärmemanagementsystems (BTMS), das eine entscheidende Rolle bei der Kontrolle des thermischen Verhaltens der Batterie spielt. Dazu gehören Luftkühlung, Flüssigkeitskühlung, direkte Kühlung, Kühlung mit Phasenwechselmaterial (PCM), thermoelektrische Kühlung und Heizung.<sup>159</sup>

## 5.3 Grüner Wasserstoff – Herstellung, Lagerung und Transport

Wasserstoff wird basierend auf der für seine Erzeugung verwendeten Verfahrensweise in verschiedene Farbkategorien eingeteilt. Die weltweit vorherrschenden Varianten sind grauer oder brauner Wasserstoff, der mithilfe fossiler Energieträger gewonnen wird, sowie blauer und grüner Wasserstoff als neu aufkommende Technologien. Grauer Wasserstoff wird mithilfe von Dampfreformierung (Steam Methane Reforming – SMR) unter Nutzung von Erdgas erzeugt. Das Erdgas wird erst mit Wasserdampf gemischt und dann in einen katalytischen Reaktor geleitet, wodurch Wasserstoff und Kohlenmonoxid entstehen. Mithilfe eines Katalysators kann anschließend noch mehr Wasserstoff gewonnen werden, wobei CO<sub>2</sub> als Abfallprodukt anfällt. Für die Gewinnung von braunem Wasserstoff wird hingegen Steinkohle – oder seltener Braunkohle – als Energieträger verwendet. Der Herstellungsprozess basiert auf einer starken Erhitzung der Kohle, wodurch Kohlenmonoxid, CO<sub>2</sub>, Wasserstoff, Erdgas und Wasserdampf freigesetzt werden.<sup>160</sup> Weltweit dominieren grauer und brauner Wasserstoff den Markt, da 71% der globalen Produktion im SMR-Verfahren und 27% im Kohlevergasungsprozess erzeugt werden.<sup>161</sup>

In Indien ist grauer Wasserstoff vorherrschend, während die anderen Kategorien so gut wie nicht vorkommen. Da Indien über große Kohlevorkommen verfügt, wurde im Jahr 2020 ein Investitionsprogramm in Höhe von 2,7 Mrd. USD aufgelegt, um die Produktion von braunem Wasserstoff zu fördern und so unabhängiger von Erdgasimporten zu werden. Allerdings sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Herstellung von braunem Wasserstoff entstehen, doppelt so hoch wie bei der Produktion mithilfe von Erdgas.<sup>162</sup> Zur Senkung der Emissionen von grauem und braunem Wasserstoff können moderne Verfahren der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (CCS) sowie der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Verwendung (CCU) eingesetzt werden. Der hierbei produzierte Wasserstoff wird als blauer Wasserstoff bezeichnet. Beim CCS wird das im SMR-Verfahren bzw. im Kohlevergasungsprozess emittierte CO<sub>2</sub> aufgefangen und in geologischen Lagerstätten, wie salzwasserführenden Aquiferen oder Basaltschichten, gebunden. Beim CCU wiederum wird das abgeschiedene CO<sub>2</sub> zur Herstellung anderer Industrieprodukte verwendet. Hierzu zählen Chemikalien, wie Methanol und Ethanol, Baumaterialien und synthetische Polymere. Das aufgefangene CO<sub>2</sub> kann zudem in der Düngemittelproduktion genutzt werden, wenn es für die Synthese von Harnstoff (Urea) verwendet wird.<sup>163</sup> Die Herstellung von blauem Wasserstoff befindet sich allerdings erst in der Entwicklungsphase, sodass bei gerade einmal 0,7% der weltweiten Wasserstoffproduktion CCS- oder CCU-Verfahren zum Einsatz kommen.<sup>164</sup> Zudem werden auch mithilfe von CO<sub>2</sub>-Abscheidung nicht die gesamten Emissionen<sup>165</sup> aufgefangen, sodass die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit bis zu 100 g/kWh noch deutlich höher liegen als beim CO<sub>2</sub>-armen grünen

Wasserstoff.<sup>166</sup> Außerdem wird das abgeschiedene CO<sub>2</sub> bei der späteren Nutzung in Form von Urea oder Ethanol lediglich wiederverwertet, aber am Ende dennoch in die Atmosphäre freigesetzt.

Bis zu dem Zeitpunkt, an dem grüner Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Preisen produziert werden kann, könnte blauer Wasserstoff von Indiens Schwerindustrie als Übergangstechnologie genutzt werden. Reliance Industries hat bereits angekündigt, in die Produktion von blauem Wasserstoff einzusteigen und als Zielmarke einen Preis von 1,2-1,5 USD/kg ausgegeben. In einem ersten Schritt soll eine Anlage, in der zurzeit Synthesegas aus Erdölkoks gewonnen wird, auf die Herstellung von Wasserstoff umgestellt werden. Dabei soll CO<sub>2</sub> abgeschieden und anschließend an Produzenten von Urea weiterverkauft werden.<sup>167</sup> Der von Reliance angestrebte Produktionspreis für blauen Wasserstoff erscheint allerdings im indischen Kontext als sehr ambitioniert, da Schätzungen hier je nach Gaspreis und angewendetem CCS-Verfahren von 2-4 USD/kg ausgehen.<sup>168</sup> Außerdem könnten Kostensenkungen bei der Produktion von grünem Wasserstoff den aktuellen Preisvorteil von blauem Wasserstoff schon bald ausgleichen.

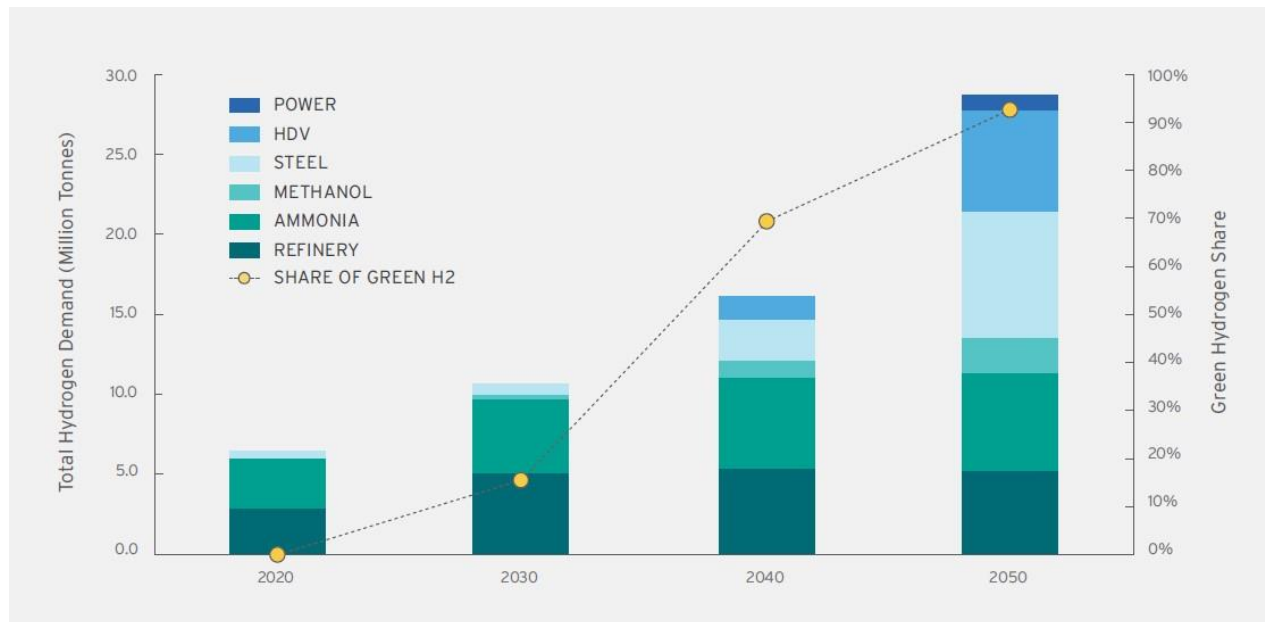
Grüner Wasserstoff wird mithilfe von Wasser und Strom durch Elektrolyse hergestellt, als Alternative zur Verwendung fossiler Brennstoffe. Durch Elektrolyse gewonnener Wasserstoff kann in der chemischen Industrie als Baustein für alle Primärchemikalien verwendet werden. In Verbindung mit Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff wird Wasserstoff direkt zur Herstellung von Methanol und Ammoniak und indirekt (über die Umwandlung von Methanol in Olefine/Aromaten) zur Herstellung der Ausgangsstoffe für die gesamte Palette von Kunststoffen und anderen chemischen Produkten verwendet. Elektrolyseure – die wichtigsten Geräte, die für die Elektrolyse benötigt werden – arbeiten, indem sie einen elektrischen Strom zwischen einer Anode und einer Kathode über einen Elektrolyten leiten. Um die benötigte Strommenge zu reduzieren, werden Katalysatoren eingesetzt.

Indiens aktuelle Nachfrage nach (grauem) Wasserstoff stammt fast ausschließlich aus der Düngemittelproduktion sowie der Ölraffination. Raffinerien nutzen Wasserstoff, um Unreinheiten wie Schwefel aus dem Öl zu entfernen und um schwere Erdölfraktionen in Erdölzeugnisse wie Benzin umzuwandeln.<sup>169</sup> Zurzeit werden 3 Mio. Tonnen und damit 46% des indischen Bedarfs an Wasserstoff in Ölraffinerien verbraucht. Da Indien seine Raffineriekapazität bis 2030 auf 500 Mio. Tonnen pro Jahr verdoppeln will,<sup>170</sup> wird der Verbrauch von Wasserstoff in diesem Sektor voraussichtlich auf über 5 MTPA ansteigen. Mit der Umstellung von fossilem auf grünen Wasserstoff können allein in diesem Sektor bis 2050 820 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden.<sup>171</sup>

Bei der Düngemittelproduktion wird Wasserstoff hauptsächlich zur Herstellung von Ammoniak eingesetzt. Im Haber-Bosch-Verfahren werden Stickstoff und Wasserstoff mithilfe eines Eisenkatalysators bei hohem Druck und über 400 °C zu Ammoniak synthetisiert. Dieses kann anschließend als Rohstoff für verschiedene Endprodukte wie Stickstoff-basierte Düngemittel, Kunststoffe, Sprengstoff oder Arzneimittel genutzt werden.<sup>172</sup> 70% der globalen Nachfrage nach Ammoniak stammen allerdings aus der Düngemittelproduktion.<sup>173</sup> In Zukunft könnte grünes Ammoniak, welches aus grünem Wasserstoff gewonnen wird, als Energieträger genutzt werden, um erneuerbare Energie für längere Zeit zu speichern und um grünen Wasserstoff exportieren zu können. Abgesehen von der direkten Nutzung von Ammoniak als Düngemittel kann es ebenfalls wieder in Wasserstoff umgewandelt werden und so für die Stromproduktion mithilfe von Brennstoffzellen eingesetzt werden. Auch die Nutzung im Transportsektor sowie in der Industrie wird so ermöglicht.<sup>174</sup> Im Gegensatz zu Wasserstoff bestehen für Ammoniak bereits globale Lieferketten sowie die nötige Hafen- und Lagerinfrastruktur. Außerdem kann Ammoniak aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften deutlich einfacher und kostengünstiger per Schiff transportiert werden. Aufgrund der niedrigen Kosten für erneuerbare Energien sowie Indiens etablierter Infrastruktur im Bereich der Ammoniakproduktion und des internationalen Handels mit Ammoniak bieten sich vielversprechende Entwicklungspotentiale für Indien als Exporteur von grünem Wasserstoff/Ammoniak.

Wie Abbildung 9 zeigt, wird auch im Jahr 2030 der Großteil des Wasserstoffverbrauchs in Indien in Raffinerien und bei der Ammoniakherstellung anfallen. Auch der Anteil von grünem Wasserstoff am Gesamtverbrauch wird mit 16% noch recht gering ausfallen. Zwischen 2030 und 2050 werden jedoch laut übereinstimmender Prognosen von NITI Aayog und TERI insbesondere die Stahlindustrie und der Schwertransportsektor das Wachstum des indischen Wasserstoffmarktes antreiben. Zudem ist zu erwarten, dass der Anteil von grünem Wasserstoff bis 2050 auf über 80% ansteigen wird.<sup>175</sup>

**Abbildung 9: Nachfrage nach Wasserstoff (in Mio. t) und Anteil an grünem Wasserstoff, nach Sektoren<sup>176</sup>**



Aufgrund reicher Eisenvorkommen und niedriger Lohnstückkosten ist Indien hinter China bereits heute der zweitgrößte Produzent von Stahl. Indiens rasantes Wirtschaftswachstum, die zunehmende Urbanisierung und der damit einhergehende massive Bedarf an Infrastrukturentwicklung wird zu einer Vervielfachung der Stahlnachfrage führen. Aufgrund der hohen Emissionsintensität von konventioneller Stahlproduktion und der wachsenden Nachfrage zählt die Stahlindustrie zu den Schlüsselsektoren, um Indiens Klimaziele zu erreichen. Bei der Produktion von grünem Stahl wird grüner Wasserstoff anstelle von Kohle oder Erdgas zur Direktreduktion von Eisenerz zu Eisenschwamm (DRI) eingesetzt. Der DRI wird anschließend mithilfe eines Lichtbogenofens (EAF) zu Stahl weiterverarbeitet. Diese Herstellungsweise ermöglicht eine nahezu CO<sub>2</sub>-neutrale Stahlproduktion.<sup>177</sup> Durch die Umstellung der Stahlproduktion auf grünen Wasserstoff könnten in Indien bis 2050 1,4 Gigatonnen an CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden.<sup>178</sup>

Der zweite wichtige Wachstumssektor für Indiens Wasserstoffmarkt wird der Schwerlastverkehr sein. 71% des indischen Güterverkehrs werden über die Straße abgewickelt und 95% der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Frachtsektor sind auf den Straßenverkehr zurückzuführen.<sup>179</sup> Zurzeit verfügt der indische Markt zwar noch nicht über marktreife Schwerlastfahrzeuge mit Brennstoffzellen, doch aufgrund sinkender Preise bei Brennstoffzellen und grünem Wasserstoff könnte dieser Sektor ab 2030 zunehmend an Bedeutung gewinnen. Allerdings stehen Brennstoffzellen-LKWs im Wettbewerb mit Batterie-getriebenen LKWs. Aufgrund stark sinkender Preise der Li-Ionen-Zellen erwartet das Forschungsinstitut TERI, dass LKWs mit Batterien auf Strecken von bis zu 500 km kostengünstiger betrieben werden können als solche mit Brennstoffzellen. Letztere können hingegen ihre Vorzüge auf längeren Strecken ausspielen, da sie nicht durch lange Ladezeiten beschränkt sind.<sup>180</sup> Grüner Wasserstoff kann auch über Brennstoffzellen oder in Form von Sustainable Aviation Fuel (SAF) zum Antrieb von Flugzeugen genutzt werden. In der Schifffahrt bieten sich auf grünem Wasserstoff basierendes Ammoniak oder Methanol als CO<sub>2</sub>-neutrale Kraftstoffe an.<sup>181</sup> Jedoch befinden sich diese Technologien erst in ihrer frühen Entwicklungsphase und haben daher für Indien auf absehbare Zeit noch keine hohe Relevanz.

Neben dem Schwerlastverkehr und der Stahlproduktion könnten langfristig auch der Energiesektor sowie die Produktion von Methanol zum Wachstum des Wasserstoffverbrauchs in Indien beitragen. Methanol wird aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff hergestellt und kommt in Indien vor allem zur Herstellung von Chemikalien zum Einsatz. Bisher werden zwar 80% des Bedarfs importiert, doch die indische Regierung plant diesen Anteil deutlich zu reduzieren, um Indiens Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern.<sup>182</sup> Grüner Wasserstoff könnte hier einen wichtigen Beitrag zur Ausweitung der inländischen Methanolproduktion leisten. Im Energiesektor wiederum könnte grüner Wasserstoff zur langfristigen Energiespeicherung genutzt werden und so zusammen mit Batteriespeichern die Integration von VRES ins

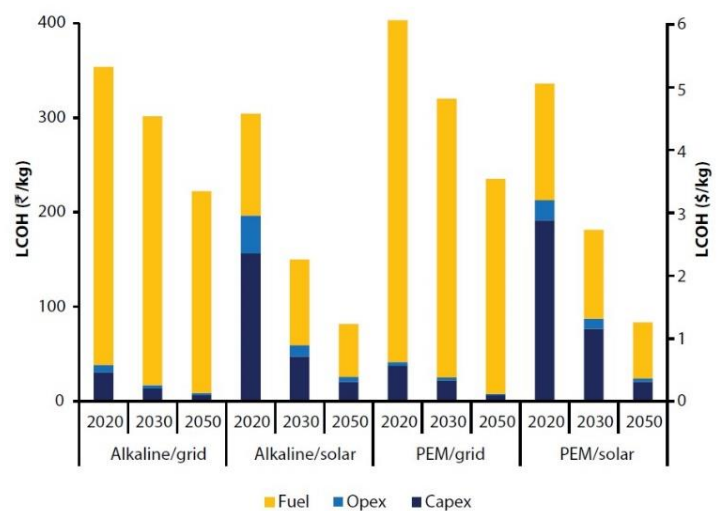


Stromnetz voranbringen. Hierbei wird bei einem Überangebot an erneuerbarer Energie grüner Wasserstoff erzeugt und dann direkt oder in Form von Ammoniak gelagert. Bei hohem Energiebedarf kann der grüne Energieträger dann mithilfe von Gasturbinen oder Brennstoffzellen in Energie umgewandelt werden. Aufgrund hoher Umwandlungsverluste und Investitionskosten sowie einem niedrigen Wirkungsgrad kann grüner Wasserstoff als Energiespeicher für kurz- und mittelfristige Speicherperioden nicht mit modernen Batteriespeichern konkurrieren.<sup>183</sup> Grüner Wasserstoff könnte hingegen zusammen mit Pumpspeicherkraftwerken einen Beitrag zur langfristigen Energiespeicherung leisten. Laut IEA benötigen Energiesysteme diese langfristige Flexibilität erst bei einer sehr hohen Penetration von VREs, um Überschüsse und Defizite über Monate und Jahre hinweg ausgleichen zu können.<sup>184</sup> Im Gegensatz zu anderen Weltregionen fallen die saisonalen Schwankungen beim Energiebedarf in Indien gering aus. Außerdem müssen bei der Nutzung von Solarenergie, die Indiens kostengünstigste erneuerbare Energiequelle darstellt, hauptsächlich Tageszeit abhängige Schwankungen anstelle von saisonalen Schwankungen ausgeglichen werden.<sup>185</sup> Daher kommt grünem Wasserstoff als chemischer Energiespeicher im indischen Energiesystem nur eine untergeordnete Rolle zu.

### Elektrolyseure

Die tatsächliche Nachfrage nach grünem Wasserstoff wird sowohl in Indien als auch weltweit maßgeblich von seiner Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu konventionell hergestelltem grauem Wasserstoff abhängen. Der Preis von grünem Wasserstoff wird hauptsächlich von den Stromerzeugungskosten sowie den Kosten für die Elektrolyseure bestimmt. Mit Indiens günstiger Solar- und Windenergie weist das Land gute Voraussetzungen für die Produktion von grünem Wasserstoff auf. Allerdings müssen auch die Investitionskosten für Elektrolyseure deutlich gesenkt werden, um Preisparität mit grauem Wasserstoff erreichen zu können. Diese Kosten unterscheiden sich je nach angewandeter Elektrolyse-Technologie. Die zwei weltweit vorherrschenden Technologien sind alkalische Elektrolyseure (AEL) und Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyseure (PEM). AEL-Systeme werden bereits seit 100 Jahren in der Düngemittelindustrie eingesetzt und kommen aktuell auf einen globalen Marktanteil von 61%. Die technisch noch weniger ausgereiften und erst seit kürzerer Zeit in der Praxis erprobten PEM-Elektrolyseure stellen 31% der aktuell installierten Kapazität dar.<sup>186</sup> Aufgrund niedrigerer Anteile an seltenen Metallen und einem simpleren Aufbau sind AEL-Anlagen kostengünstiger als PEM-Systeme. Dafür können Letztere schneller auf Schwankungen bei der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen reagieren. Zudem haben PEM-Elektrolyseure einen geringeren Flächenbedarf und können Wasserstoff mit höherem Ausgabedruck liefern. Der elektrische Wirkungsgrad von PEM-Anlagen liegt zurzeit lediglich bei ca. 58% und soll längerfristig auf 70% ansteigen, wohingegen AEL-Anlagen bereits auf 65% kommen, was auf bis zu 80% gesteigert werden könnte.<sup>187</sup> Zurzeit verfügt Indien lediglich über einige wenige Hersteller von alkalischen Elektrolyseuren. Der Mangel an inländischer Fertigung, insbesondere im Bereich der PEM-Anlagen, ergibt sich unter anderem aus Indiens hoher Abhängigkeit von Importen bei Seltenen Erden wie Platin und Iridium.<sup>188</sup> Trotz dieser Hindernisse prognostiziert das Forschungsinstitut TERI deutliche Kostensenkungen bei der Produktion von grünem Wasserstoff in Indien, was vor allem auf niedrigere Investitionskosten sowohl für AEL- als auch für PEM-Anlagen zurückzuführen ist (siehe Abbildung 10).<sup>189</sup>

**Abbildung 10: Kosten für grünen Wasserstoff nach Produktionsweise in Indien**



### Brennstoffzelle

Brennstoffzellen fungieren als Energiewandler, indem sie chemische Energie in elektrische Energie umwandeln. Bei Wasserstoff-Brennstoffzellen wird kontinuierlich Wasserstoff zugeführt, welcher mit Sauerstoff reagiert, wodurch Elektrizität freigesetzt wird. Diese elektrische Energie kann anschließend ins Stromnetz eingespeist werden oder direkt zum Antrieb von Fahrzeugen wie Brennstoffzellen-LKWs genutzt werden. Vor allem der straßengebundene Güterverkehr

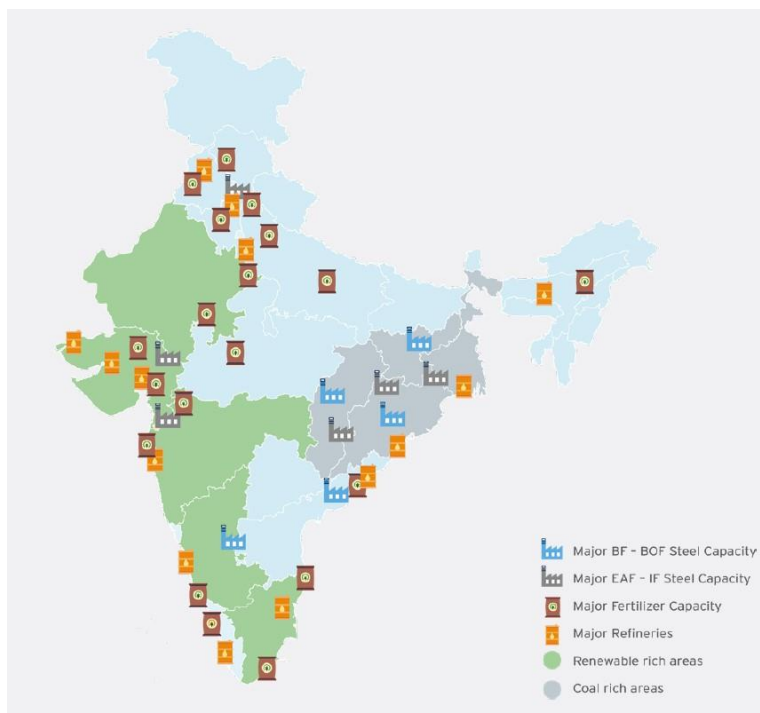
könnte in Indien zu einer hohen Nachfrage nach Brennstoffzellen beitragen. Zur Dekarbonisierung des indischen Frachtverkehrs werden sowohl Batterie- als auch Wasserstoff-LKWs in großen Stückzahlen benötigt. Letztere könnten bis 2050 für 10-18% des weltweiten Bedarfs an Brennstoffzellen verantwortlich sein.<sup>190</sup>

Ein Wasserstoff-Brennstoffzellenbus wurde in Indien von Tata Motors in Zusammenarbeit mit der ISRO und Indian Oil Cooperation Ltd. (IOCL) auf den Markt gebracht.<sup>191</sup> Auch der indische Autobauer Ashok Leyland ist in das Geschäft mit alternativen Antriebstechnologien eingestiegen und präsentierte Anfang 2023 den ersten Brennstoffzellen-LKW sowie weitere Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb und Wasserstoff-Verbrennungsmotor.<sup>192</sup>

### Lagerung und Transport

Die Lagerung und der Transport von Wasserstoff sind technisch anspruchsvoll und mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden, da Wasserstoff leicht entflammbar ist, eine niedrige Energiedichte aufweist und Leckagen aufgrund der molekularen Beschaffenheit häufig auftreten können. Daher werden 85% der weltweiten Produktion am Produktionsstandort verbraucht, während die restlichen 15% über spezielle LKWs oder Pipelines transportiert werden.<sup>193</sup> Pipelines stellen meist die günstigste Möglichkeit zum Wasserstofftransport dar, insbesondere wenn bestehende Gaspipelines genutzt werden können. Hierdurch wird auch die Beimischung von Wasserstoff zu Erdgas ermöglicht, was bis zu einem Wasserstoffanteil von 18% als sicher gilt. Indien könnte hier auf sein bestehendes Erdgasnetz zurückgreifen, welches zurzeit über 17.000 km an einsatzfähigen sowie weiteren 15.500 km an im Bau befindlichen Gasleitungen verfügt.<sup>194</sup> Im Januar 2022 hat das Gasvermarktungsunternehmen GAIL Ltd. mit der Beimischung von Wasserstoff in das Gasvertriebsnetz der Großstadt Indore begonnen.<sup>195</sup> Auch der Staatskonzern National Thermal Power Corporation (NTPC) plant in Zusammenarbeit mit Gujarat Gas, Erdgas für den Privatgebrauch mit 5% Wasserstoff anzureichern.<sup>196</sup>

**Abbildung 11: Industriestandorte und Vorkommen an erneuerbaren Energien in Indien**



Auch LKWs oder Schiffe können zum Transport von Wasserstoff genutzt werden. Aufgrund der geringen Dichte muss Wasserstoff hierfür entweder unter hohem Druck komprimiert oder bei  $-253^{\circ}\text{C}$  verflüssigt werden und dann in speziellen isolierten Tankfahrzeugen transportiert werden. Bei Tankschiffen gibt es zusätzlich zum verflüssigten Wasserstoff die Möglichkeit, den Wasserstoff für den Transport in Ammoniak umzuwandeln. Bei all diesen Varianten schmälern jedoch hohe Energieverluste bei der Komprimierung bzw. der Verflüssigung und der Regasifizierung die Wirtschaftlichkeit. Zur kostengünstigen Lagerung des Wasserstoffs eignen sich natürliche unterirdische Speicher wie Salzkavernen, die allerdings in Indien voraussichtlich nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen.<sup>197</sup> Ansonsten kommen Stahltanks zum Einsatz, um Wasserstoff als komprimiertes Gas, in verflüssigter Form oder mithilfe einer Kombination aus Verdichtung und Tiefkühlung („Cryo-Compression“) zu speichern. Die chemische Speicherung in Form von Methanol oder Ammoniak bietet eine weitere Möglichkeit, die allerdings

ebenfalls mit Energieverlusten durch die chemische Umwandlung verbunden ist.<sup>198</sup>

Um die Kosten für die Lagerung und den Transport von Wasserstoff zu minimieren, sollten die Produktionsstätten für grünen Wasserstoff in unmittelbarer Nähe zum Verbrauch angesiedelt werden. Da kurz- bis mittelfristig der Großteil des Bedarfs an grünem Wasserstoff auf Raffinerien und die Düngemittelproduktion entfallen wird, bieten sich diese Standorte für die Wasserstoffproduktion an. Hinzu kommen Solar- und Windanlagen zur Gewinnung des grünen Stroms für die

Elektrolyse. Abbildung 11<sup>199</sup> bietet einen Überblick über wichtige Industrieanlagen aus den Bereichen der Düngemittelherstellung, der Ö Raffination und der Stahlproduktion und zeigt zudem diejenigen Bundesstaaten, die reich an erneuerbaren Energiequellen sind. Anhand dieser Karte lässt sich somit erkennen, welche Regionen in Indien ein besonders hohes Potential aufweisen, um dem Hochlauf der grünen Wasserstoffproduktion in Indien den Weg zu bereiten.

Zum Aufbau einer grünen Wasserstoffindustrie in Indien werden integrierte Industrie- und Energieanlagen benötigt, welche die gesamte Wertschöpfungskette von der Wasserstoffherzeugung bis hin zur Endnutzung abdecken. Zu diesem Zweck hat die indische Regierung zu Beginn 2023 eine öffentliche Ausschreibung zur Errichtung von „Hydrogen Valley Innovation Clustern“ gestartet.<sup>200</sup> Das Förderprogramm sieht Zuschüsse in Höhe von jeweils bis zu 300 Mio. INR (ca. 3,6 Mio. USD) oder der Hälfte der Projektkosten für den Zeitraum von 2024 bis 2028 vor. Die geförderten Hydrogen Cluster sollen in einem beschränkten geografischen Gebiet eine vollständige Wertschöpfungskette für grünen Wasserstoff aufbauen. Mehrere Bundesstaaten, die über günstige Rahmenbedingungen wie bestehende Infrastruktur an Häfen und in Raffinerien verfügen, haben bereits ihr Interesse bekundet, um solche Hydrogen Valleys aufzubauen.<sup>201</sup> Als Teil dieser Initiative hat das indische Ministerium für Häfen, Schifffahrt und Wasserstraßen (MoPSW) angekündigt, drei Häfen in Gujarat, Tamil Nadu und Odisha zu Knotenpunkten für die Produktion, die Lagerung und die Verteilung von grünem Wasserstoff auszubauen.<sup>202</sup>

## 5.4 Digital- und Informationstechnologie

Elektroautos schaffen einen neuen Markt für digitale und informationstechnologische Anwendungen, angefangen bei der Suche nach Ladestationen über Online-Ladereservierungsplattformen, IoT-Infrastruktur für mehrere Autos und Batteriekomponenten, die mit der Infrastruktur kommunizieren, bis hin zu intelligenten Stromnetztechnologien, Online-Zahlungsplattformen, autonomem Fahren und Mitfahrgelegenheiten.<sup>203</sup> In Europa und den USA haben Unternehmen wie ChargePoint und ChargeNow bereits mobile Technologien eingeführt, um einen nahegelegenen Ladepunkt zu finden und einen Ladeplatz zu reservieren. Auch in Indien ergeben sich Geschäftsmöglichkeiten für ähnliche Anwendungen. Die in Indien bereits etablierten Online-Zahlungsplattformen können in solche Dienstleistungen integriert werden und so den einfachen Ladevorgang unterstützen. Zudem können intelligente Netztechnologien helfen, E-Fahrzeuge in das bestehende Energieversorgungssystem zu integrieren und schwankende erneuerbare Energiequellen zu verwalten. Dies geschieht, indem EFs aufgeladen werden, wenn Strom im Überfluss vorhanden ist, sodass die LIBs von Elektrofahrzeugen als dezentrale Speicheroptionen genutzt werden können und bei Bedarf Strom zurück ins Netz speisen (Vehicle-to-Grid).<sup>204</sup> Viele Technologieanbieter (d.h. Netzbetreiber) entwickeln mobile Anwendungen, die Informationen zum Standort der nächsten öffentlichen Ladestation, zur voraussichtlichen Wartezeit und zu den Kosten des Ladevorgangs liefern sollen.<sup>205</sup> Indische Unternehmen bieten hier bereits gute Lösungen an.<sup>206</sup>

Battery-as-a-Service (BaaS) ist ein weiteres aufkommendes Geschäftsmodell, welches auf Digitaltechnologie basiert. Ziel von BaaS ist es, die Effizienz der Batterienutzung zu steigern sowie die Kosten für den Endverbraucher zu senken. Hierfür werden fabrikneue Batterien an Endnutzer wie Betreiber von Energiespeicherprojekten oder Nutzer von Elektrofahrzeugen geleast. Zum Ende des Lebenszyklus wird die Batterie vom Dienstleister zurückgenommen und für die Nutzung als stationärer Speicher wiederaufbereitet oder in den Recyclingkreislauf überführt. Der Prozess wird durch IoT-Anwendungen unterstützt, welche den Batteriestatus anzeigen und eine automatische Vernetzung zwischen Batterie und BaaS-Dienstleister herstellen.<sup>207</sup> Der indische Dienstleister EV-Urjaa hat in der Metropole Indore bereits mehrere Stationen zum Batterieaustausch eingerichtet und bietet eine digitale Anwendung zur Nutzung dieser Dienstleistung an.<sup>208</sup>

## 5.5 Projekte

**Tabelle 1: Überblick über Projekte in den Bereichen Batterietechnologie und grüner Wasserstoff**

Projekte
<b>Amara Raja Batteries:</b> Neue Investitionen in grüne Technologien, u.a. in LI-Batterien. <sup>209</sup>
<b>Bharat Petroleum Corporation Limited (BPCL)</b> plant die Errichtung eines 20-MW-Elektrolyseurs in seiner Bina-Raffinerie in Madhya Pradesh. Zudem soll ein 5-MW-Elektrolysesystem bei einem städtischen Gasverteilungsprojekt eingerichtet werden, um die Produktion von grünem Wasserstoff auszuweiten. <sup>210</sup>
<b>Delectrik Systems:</b> Indiens erste einheimische Fertigung von Vanadium-RFBs. Mithilfe von Containern können die einzelnen Einheiten einfach transportiert und modular zu größeren Systemen zusammgebaut werden. <sup>211</sup>
<b>Exide Industries:</b> Indiens größter Autobatteriehersteller investiert 60 Mrd. Rupien (ca. 670 Mio. Euro) in einen Produktionsstandort für Li-Ionen-Zellen in Karnataka. <sup>212</sup>
<b>GAIL</b> errichtet zurzeit Indiens größte PEM-Elektrolyseanlage im Vijaipur-Komplex im Bezirk Guna in Madhya Pradesh mit einer Kapazität von 10 MWh. Die Anlage soll 4,3 Tonnen grünen Wasserstoff pro Tag produzieren. <sup>213</sup>
<b>H2e Power</b> , ein in Pune ansässiges Clean-Tech-Start-up, hat seine erste Fertigungsanlage für Elektrolyseure in Jalgaon, Maharashtra aufgebaut. Das auf der Festoxid-Brennstoffzellentechnologie (SOFC) basierende System zielt darauf ab, die Kosten für die Wasserstoffproduktion vor Ort zu senken und die Effizienz zu maximieren. <sup>214</sup>
<b>Indian Oil Corp. (IOC)</b> hat in seinen Raffinerien Mathura und Panipat Anlagen für die Herstellung von grünem Wasserstoff errichtet. Das Werk in Mathura ist mit einer Kapazität von 40 MWh das größte in Indien, während das Werk in Panipat eine Kapazität von 15 MWh hat. <sup>215</sup>
<b>Indian Oil Corp. (IOC):</b> Entwicklung von Metall-Luft-Batterien auf Basis einheimischer Metalle wie Eisen, Zink oder Aluminium, um die Abhängigkeit von Lithiumimporten zu verringern. <sup>216</sup>
<b>IPower:</b> Produktion und Lieferung von LI-Batteriepacks für verschiedene Elektrofahrzeughersteller, darunter Gemopai, Benling India, Okinawa Autotech und Ampere Electric; beliefert 15 der 20 größten Zweiradhersteller des Landes. Insgesamt stellt das Unternehmen LI-Batteriepakete für etwa 100 Erstausrüster (OEMs) von E-Zwei-, E-Drei- und E-Vierradherstellern (Kategorie L5) her, die auf deren Spezifikationen und Anforderungen zugeschnitten sind. <sup>217</sup>
<b>Munoth Industries Limited (MIL)</b> in Kooperation mit chinesischem Batterieproduzenten <b>Tianjin Lishen:</b> Indiens erste Produktionsstätte für die inländische Herstellung von Li-Ionen-Zellen. Anfangs verfügt die Anlage in Tirupati, Andhra Pradesh über eine Kapazität von 250 MWh zur Herstellung von Batteriezellen für Verbraucherelektronik. Bis Ende 2024 soll die Produktion auf eine Kapazität von 1,5 GWh ausgeweitet werden, um Li-Ionen-Batterien für zwei- und dreirädrige Elektrofahrzeuge sowie für stationäre Energiespeicher zu fertigen. <sup>218</sup>
<b>Ocior Energy India Private Limited</b> wird mit einer Investitionssumme von 400 Mrd. INR (ca. 4,4 Mrd. Euro) eine Anlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff und Ammoniak mit einer Kapazität von 1 Mio. Tonnen pro Jahr errichten. Die Anlage soll im Bundesstaat Gujarat aufgebaut werden und im Jahr 2030 in Betrieb gehen. <sup>219</sup>
<b>Ohmium International</b> , ein weltweit führendes Unternehmen für die Entwicklung, Herstellung und die Installation von PEM-Elektrolyseuren, hat eine Partnerschaft mit NTPC, Indiens größtem Energieversorger, geschlossen. Es handelt sich um die bisher größte Vereinbarung zu Elektrolyseuren in Indien und zielt darauf ab, Elektrolyseure von Ohmium in Projekten mit einer Leistung von bis zu 400 Megawatt (MW) in einer Vielzahl von industriellen und kommerziellen Anwendungen einzusetzen. Hierzu zählen die Produktion von grünem Ammoniak sowie Projekte im Transport- und Energiesektor. <sup>220</sup>
<b>Reliance Industries:</b> Aufbau des „Dhirubhai Ambani Green Energy Giga Complex“ in Gujarat für insgesamt 600 Mrd. INR (6,7 Mrd. Euro). Integrierter Produktionsstandort zur Herstellung von Li-Ionen-Zellen sowie Elektrolyseuren und Brennstoffzellen. <sup>221</sup>
<b>Suzuki Motor Corporation, Toshiba Corporation und Denso Corporation:</b> Investition in den Aufbau von Montagelinien für LI-Batterien in Gujarat. <sup>222</sup>
<b>Vikram Handa gründete „Epsilon Advanced Materials Pvt.“</b> , Indiens ersten Hersteller von LI-Batterieteilen, der das Rohmaterial vom größten Stahlwerk des Landes bezieht. <sup>223</sup>

## 6. Relevante (themenbezogene) rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Der politische und regulatorische Rahmen spielt im Energiespeichermarkt eine wichtige Rolle, da dieser Quotenregelung für die Nutzung von grünem Wasserstoff in der Industrie festsetzt, finanzielle Anreize für Endverbraucher/-nutzer von grünem Wasserstoff bzw. Batteriespeichern schafft sowie Finanzmittel für die inländische Fertigung von Schlüsseltechnologien (wie Elektrolyseuren und Li-Ionen-Zellen) sowie für die Installation von Energiespeicherlösungen bereitstellt. Die politische Infrastruktur für Energiespeicher wird in Indien durch die Politik auf zentraler und staatlicher Ebene geprägt. Auf zentraler Ebene wurde im Rahmen des National Electric Mobility Mission Plan (NEMMP) im Jahr 2013 das Programm FAME (Faster Adoption and Manufacture of Hybrid and Electric Vehicles) ins Leben gerufen. Sechs Jahre später wurde die zweite Phase des Programms gestartet, um die Elektromobilität in Indien weiter voranzubringen.<sup>224</sup> Ebenfalls im Jahr 2019 hat die indische Zentralregierung die National Mission on Transformative Mobility and Battery Storage initiiert, um die inländische Batterieproduktion zu stärken. Die National Green Hydrogen Mission bietet wiederum Anreize und Rahmenbedingungen zum Aufbau einer nationalen Wasserstoffindustrie. Darüber hinaus haben die Bundesstaaten und Unionsterritorien ihre eigenen Verordnungen und Strategien für lokales Wachstum und Entwicklungen auf den Weg gebracht, die ein breites Spektrum an Anreizen bieten, angefangen von Kapital- und Kaufsubventionen über Steuer- und Gebührenbefreiungen bis hin zu obligatorischen Beschaffungen von E-Fahrzeugen durch staatliche Behörden. Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen politischen Programme auf zentraler und bundesstaatlicher Ebene vorgestellt und auf weitere relevante rechtliche und wirtschaftliche Bedingungen eingegangen.

### 6.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

#### 6.1.1 Politische und wirtschaftliche Akteure

Indien hat ein föderales Regierungssystem mit 28 Bundesstaaten und 8 Unionsterritorien. Nach der indischen Verfassung werden alle politischen Angelegenheiten entweder von der Zentralregierung oder von der Regierung des jeweiligen Bundesstaates behandelt, wobei einige Angelegenheiten von der Zentralregierung und den Bundesstaaten gemeinsam verwaltet werden. Elektrizität ist ein konkurrierendes Thema und fällt somit in die Zuständigkeit sowohl des Zentrums als auch des jeweiligen Staates. Es gibt eine Reihe von Ministerien, die sich mit der Entwicklung des indischen Energiespeichermarktes befassen. Hinzu kommt eine ähnliche Anzahl von Akteuren auf Landesebene, darunter Versorgungsunternehmen, Straßenverkehrsbehörden und Kommunen. Um Energiespeicherlösungen wie Batteriespeicher landesweit zu installieren und zu betreiben, bedarf es somit eines hohen Maßes an Engagement und Konsensbildung bei den beteiligten Akteuren. Aufgrund der hohen Komplexität des Vorhabens und der Einbindung verschiedener Industriezweige gilt dies umso mehr beim Aufbau einer nationalen Wasserstoffindustrie. „Missionen“ sind im indischen Kontext Visionsdokumente, in denen die Ziele und politische Richtung auf zentraler Ebene vorgegeben werden. Die Missionen spiegeln sich dann in der Politik auf staatlicher Ebene wider. Wenn in den Missionen die Subventionen und Anreize aufgeführt sind, die von den Ministerien zur Verfügung stehen, werden diese dann in die politischen Budgets der Bundesstaaten übernommen. FAME ist ein solches Programm auf zentraler Ebene, das Anreize für die Herstellung von Elektrofahrzeugen sowie zur Ausweitung der Batterieproduktion bietet.

Sowohl bei der Förderung der Elektromobilität als auch beim Ausbau der erneuerbaren Energie mithilfe von Energiespeichern wurde die Diskussion über die Netzstabilität, die Effizienz der Energieverteilung und die Fähigkeit zur Netzintegration vernachlässigt. Dies lässt sich erklären, wenn man sich die betriebliche Effizienz der bundesstaatlichen Verteilungsunternehmen ansieht. Nur 20% der bundesstaatlichen Verteilerunternehmen Indiens sind private Unternehmen. Die Stromerzeugung ist eine Monopoltätigkeit der Zentralregierung. Die Bundesstaaten sind für die Stromübertragung zuständig und die staatlichen Verteilerunternehmen (Discoms) übernehmen die Verteilung der Elektrizität auf der letzten Meile. Die staatlichen Elektrizitätsregulierungsbehörden (State Electricity Regulatory

Commission) sind autonome Gremien mit dem Auftrag, die Tarife für die Erzeugung, Übertragung und Verteilung festzulegen, die zwischenstaatliche Übertragung zu erleichtern und als letzte Schlichtungsinstanz für Streitigkeiten innerhalb des Sektors im jeweiligen Bundesstaat zu fungieren. Übertragungs- und Verteilungsverluste sind ein chronisches Problem für das Management der Discoms. Trotz leichter Verbesserungen betrug der durchschnittliche Stromverlust in Indien im Jahr 2020-21 noch 22,25% (2010-11: 26,35%). In einigen Bundesstaaten, vornehmlich im Norden und Nordosten des Landes, liegen diese Verluste sogar auf deutlich höherem Niveau als der nationale Durchschnitt.<sup>225</sup> Der Zustand des Netzes ist ein Problem für die Einführung der Elektromobilität sowie für die großflächige Integration von VREs und Energiespeicher in den indischen Strommarkt. Es wurde viel Aufmerksamkeit darauf verwendet, den staatlichen Akteuren bei der Verbesserung ihres technischen und finanziellen Managements zu helfen. Hierunter fallen Programme auf lokaler Ebene wie das Ujwal Discom Assurance Yojana, das sich auf die Umstrukturierung der Schulden konzentriert und auf Managementpraktiken abzielt.<sup>226</sup>

### 6.1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen / Förderprogramme und steuerliche Anreize

Der National Electric Mobility Mission Plan aus dem Jahr 2013 stellt den langfristigen Fahrplan für den Übergang Indiens zur Elektromobilität vor. Durch steuerliche Anreize in der Anfangsphase der Entwicklung setzte sich die Regierung das ehrgeizige Ziel, ab 2020 jährlich 6-7 Mio. Elektrofahrzeuge zu verkaufen. Im Geschäftsjahr 2022-23 wurden allerdings nur etwas über 1,1 Mio. Elektrofahrzeuge verkauft.<sup>227</sup> Der NEMMP 2020 wurde im Rahmen des Automotive Mission Plan entwickelt und erweitert, der Indien bis 2026 zu einem globalen Automobilzentrum machen soll. Die Gründe für die Konzentration auf die Elektromobilität sind neben der Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen steigende Kosten für Rohöl und die positiven Auswirkungen auf den Klimawandel. Der NEMMP 2020 konzentriert sich auf die Überwindung der Hindernisse für die Einführung von Elektrofahrzeugen durch Anreize auf der Nachfrageseite, politische Subventionen für Herstellung und F&E sowie auf die Entwicklung kooperativer bürokratischer Prozesse auf zentraler Ebene.<sup>228</sup>

#### *FAME I und II (Schnellere Einführung und Herstellung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen)*

Als Teil des NEMMP wurde im März 2015 vom Department of Heavy Industries das Programm „Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid & Electric Vehicles in India“ (FAME) gestartet. Die Phase I lief bis zum 31. März 2019 und förderte den Verkauf von ca. 278.000 E-Fahrzeugen mit einem Gesamtvolumen von 50 Mio. USD.<sup>229</sup> FAME I konzentrierte sich auf vier Teilbereiche: Technologieentwicklung, Schaffung von Nachfrage, Pilotprojekte und Ladeinfrastruktur. Aufbauend auf dem Erfolg der ersten Phase von FAME wurde die zweite Phase für den Zeitraum von 2019 bis März 2024 ausgeschrieben und mit einem Budget von 1,36 Mrd. USD ausgestattet. Das Programm zeigt deutlich, dass die Politik aus den Erfahrungen der ersten Phase gelernt und den Schwerpunkt leicht verschoben hat. Subventionen sind nun an Batteriegröße und Produktlokalisierung gebunden. Darüber hinaus liegt der Schwerpunkt eher auf elektrischen Zweirädern, elektrischen Dreirädern und öffentlichen Bussen. So unterstützt das Programm die Herstellung und den Verkauf von 1 Mio. elektrischen Zweirädern, 500.000 elektrischen Dreirädern, 55.000 elektrischen Vierrädern und 7.000 elektrischen Bussen. Die Anreize im Rahmen des Programms konzentrieren sich auf die folgenden Bereiche: Schaffung von Nachfrage, Ausbau der Ladeinfrastruktur, Forschung und Entwicklung von E-Fahrzeugtechnologien und der Förderung einer stärkeren Indigenisierung. Die Anreize richten sich nach der Größe der Batterie im Fahrzeug (143 USD pro kW Batterie für Zweiräder, Dreiräder und Vierräder und 286 USD pro kW Batterie für Busse). Neben den Anreizen des FAME-Programms werden den Endverbrauchern beim Kauf von E-Fahrzeugen auch ein Abzug von der Einkommensteuer (bis zu 2.143 USD) und eine Senkung des GST-Satzes (Goods and Services Tax) von 12% auf 5% gewährt.<sup>230</sup>

#### *National Energy Storage Mission (NESM) (Nationale Energiespeichermission)*

Im Februar 2018 wurde die Nationale Energiespeichermission (NESM) vom Ministerium für neue und erneuerbare Energien mit dem Ziel eingerichtet, einen politischen und regulatorischen Rahmen für die Batterieproduktion zu schaffen. Hierdurch sollten insbesondere die Entwicklung eines Umfelds für das Wachstum der Batterieproduktion, die Skalierung der Lieferkettenstrategien und die Ausweitung der Batteriezellenproduktion vorangetrieben werden. Zu den

Schlüsselbereichen für die Anwendung von Energiespeichern gehören die Integration erneuerbarer Energien in Verteilungs- und Übertragungsnetze; der Aufbau ländlicher Mikronetze mit diversifizierten Lasten oder Inseln und die Entwicklung der Speicherkomponente von Elektromobilitätsplänen.<sup>231</sup>

### *National Mission on Transformative Mobility and Battery Storage (Nationale Mission für transformative Mobilität und Batteriespeicher)*

Im März 2019 wurde die National Mission on Transformative Mobility and Battery Storage verabschiedet. Ihr Ziel ist es, die inländische Batterieproduktion zu steigern und die Einführung der Elektromobilität zu beschleunigen. Die Mission umfasst ein auf fünf Jahre angelegtes Produktionsprogramm, um groß angelegte, für den Export wettbewerbsfähige integrierte Batterie- und Zellfertigungsanlagen in Indien zu errichten. Dazu gehört auch ein Programm zur Lokalisierung der Produktion in der gesamten EF-Wertschöpfungskette. Es wurde ein stufenweiser Fahrplan für die Einführung der Batterieherstellung im Giga-Maßstab ausgearbeitet, wobei der Schwerpunkt zunächst auf groß angelegten Modul- und Pack-Montagewerken lag und mittlerweile auf die integrierte Zellherstellung gelenkt wurde. Zu den Zielen der Mission gehören die Erstellung von Fahrplänen für die Herstellung von Batterien mit fortschrittlichen chemischen Zellen (Advanced Chemistry Cell, ACC), die Formulierung von gestaffelten Herstellungsprogrammen (Phased Manufacturing Programs, PMP) für Batterien und die Entwicklung von Normen für den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch (Corporate Average Fuel Economy, CAFE).<sup>232</sup>

Das Kabinett der indischen Regierung genehmigte im November 2020 das PLI-Programm zur Förderung der ACC-Herstellung (Advanced Chemistry Cell) mit einem Budget von 2,4 Mrd. USD. Während der Lebenszyklus der ACCs von der Regierung vorgeschrieben wurde, gibt es keine spezifische Technologie, die vom privaten Sektor übernommen werden muss. Dies lässt Raum für vielfältige und innovative Technologien, die den Unternehmen helfen können, die Qualitätsanforderungen auf wirtschaftlich effiziente Weise zu erfüllen.<sup>233</sup> Bis Januar 2022 haben insgesamt 10 Unternehmen Anträge zur Förderung im Rahmen des PLI-Programms eingereicht und mit drei indischen Konzernen wurden bereits Vereinbarungen unterzeichnet.<sup>234</sup> Das Programm ist ein wichtiger Bestandteil des Regierungsprogramms Atmanirbhar Bharat (autarkes Indien), mit dem ein autarkes indisches Produktionssystem geschaffen werden soll. Dementsprechend hat die indische Regierung im Haushalt für das Geschäftsjahr 2023-24 die Importzölle für solche Maschinen gestrichen, welche zur lokalen Produktion von Li-Ionen-Zellen benötigt werden.<sup>235</sup>

### **Grüner Wasserstoff**

Im Januar 2023 wurde die „National Green Hydrogen Mission“ von der indischen Regierung offiziell verabschiedet.<sup>236</sup> Sie sieht die Förderung grüner Wasserstofftechnologien zur Deckung des künftigen Energiebedarfs im Verkehrswesen, in der Industrie und in anderen Sektoren durch Forschung und Entwicklung, Pilotprojekte, Infrastrukturentwicklung, politische Unterstützung und internationale Kooperationen vor. Dabei sollen die vorteilhafte Geografie des Landes und die niedrigen Solar- und Windtarife für die Produktion und den Export von kostengünstigem grünem Wasserstoff und Ammoniak genutzt werden. Bis 2030 sollen Indiens Produktionskapazitäten für grünen Wasserstoff auf mindestens 5 Mio. Tonnen pro Jahr ansteigen. Hierfür wird ein Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung um 125 GW nötig sein.<sup>237</sup> Bei einer vorteilhaften Entwicklung auf den globalen Exportmärkten wird sogar eine Kapazität von 10 Mio. Tonnen pro Jahr angestrebt. Im Rahmen der National Green Hydrogen Mission werden Investitionen mit einem Gesamtumfang von 8 Billionen INR (ca. 90 Mrd. Euro) erwartet, wodurch 600.000 neue Jobs geschaffen werden sollen. Zudem geht die indische Regierung von einer Verringerung der Treibhausgasemissionen in Höhe von 50 Mio. Tonnen pro Jahr sowie von Einsparungen beim Import von fossilen Kraftstoffen im Umfang von 1 Billion INR aus.

Die Mission wird zu Beginn mit einem Gesamtbudget von 197,44 Mrd. INR (ca. 2,24 Mrd. Euro) ausgestattet, welches zum Großteil in das SIGHT-Programm fließen soll. Dieses Programm ist auf die inländische Herstellung von Elektrolyseuren sowie auf die Produktion von grünem Wasserstoff in Indien ausgerichtet. Hinzu kommen weitere Finanzmittel für die Durchführung von Pilotprojekten und die Entwicklung von Green Hydrogen Hubs. Ende Juni 2023 wurden weitere Details zur Förderung von grüner Wasserstoffproduktion sowie der Fertigung von Elektrolyseuren bekannt gegeben. Für die Produktion von grünem Wasserstoff sind Fördermittel in Höhe von 130,5 Mrd. INR (ca. 1,42 Mrd. Euro) vorgesehen, welche über öffentliche Ausschreibungen an Produzenten mit den niedrigsten Herstellungskosten vergeben werden.<sup>238</sup> Als

Anreiz zur Elektrolyseurherstellung werden im ersten Jahr bis zu 4.400 INR/kW (ca. 48 Euro) an Förderung gewährt. Diese Fördersumme wird bis zum fünften Jahr auf 1.480 INR (ca. 16 Euro) abgesenkt.<sup>239</sup>

Für die Implementierung der National Green Hydrogen Mission sind die folgenden zwei Phasen vorgesehen:

- Phase 1 (2022/23 – 2025/26): Diese Phase wird sich auf die Einführung von grünem Wasserstoff in Sektoren konzentrieren, die bereits Wasserstoff verwenden, der aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird. Hierzu zählen Raffinerien, Düngemittelproduktion und die städtischen Gasversorger. Pilotprojekte zur Nutzung von grünem Wasserstoff in der Stahlproduktion, beim Transport von Schwerlasten und in der Schifffahrt sollen die Nachfrage nach grünem Wasserstoff ankurbeln. Zugleich soll die inländische Produktionskapazität für Elektrolyseure gesteigert werden.
- Phase 2 (2026/27 – 2029/30): Zu diesem Zeitpunkt wird von einer höheren Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff ausgegangen. Dementsprechend kann die Einführung von grünem Wasserstoff im Stahl-, Schifffahrts- und Transportsektor weiter vorangetrieben sowie das Potential für den Schienen- und Luftverkehr untersucht werden. Weitere Investitionen in F&E sollen die Dekarbonisierung der Wirtschaft in verschiedenen Sektoren beschleunigen.

Bereits am 17. Februar 2022 hatte das Energieministerium Richtlinien für grünen Wasserstoff (Green Hydrogen Policy) veröffentlicht, die auch einen Rahmen für die Produktion und Entwicklung von grünem Ammoniak bieten.<sup>240</sup> Grüner Wasserstoff und grünes Ammoniak werden definiert als Wasserstoff oder Ammoniak, die durch Elektrolyse von Wasser unter Verwendung erneuerbarer Energie, einschließlich erneuerbarer Energie aus Biomasse, hergestellt werden. Die wichtigsten Anreize sind:

- Der Verzicht auf die zwischenstaatlichen Übertragungsgebühren (ISTS) für Projekte mit grünem Wasserstoff/Ammoniak, die vor dem 30. Juni 2025 in Betrieb genommen werden, bietet den Entwicklern einen Anreiz, Projekte mit grünem Wasserstoff/Ammoniak schneller umzusetzen.
- Den Projektentwicklern wurde die Flexibilität eingeräumt, grünen Wasserstoff / grünes Ammoniak herzustellen, indem sie erneuerbare Energie nutzen, die von Projekten für erneuerbare Energien an beliebigen Standorten erzeugt wird.
- Verteilerunternehmen dürfen Energie aus erneuerbaren Quellen an Hersteller von grünem Wasserstoff/Ammoniak zu Vorzugstarifen mit geringen Margen liefern, welche von der zuständigen staatlichen Stromregulierungskommission festgelegt werden.
- Die Produktionsstätten für grünen Wasserstoff/Ammoniak sowie die Anlagen zur Gewinnung der erneuerbaren Energie sollen vorrangig ans Stromnetz angeschlossen werden.
- Darüber hinaus wird den Projektträgern die Möglichkeit eingeräumt, Depots in Hafengebieten zu errichten, um die Lagerung und den Export von grünem Ammoniak zu ermöglichen.

Im Januar 2023 wurde zudem bekannt gegeben, dass Vergünstigungen bei Steuern und Zollabgaben auch für auf grünem Wasserstoff basierende Kraftstoffe gelten sollen, sobald der Export dieser Produkte beginnt.<sup>241</sup> Die indische Regierung plant außerdem, verpflichtende Quoten für die Nutzung von grünem Wasserstoff in der Düngemittelproduktion und in Raffinerien einzuführen: Ausgehend vom GJ 2023-24 sollen Raffinerien bereits 10% ihres Bedarfs mit grünem Wasserstoff abdecken, während für Düngemittelproduzenten ein verpflichtender Anteil von 5% gilt. Diese Quoten sollen innerhalb der folgenden 5 Jahre auf 25% bzw. 20% erhöht werden. Allerdings wurden diese Richtlinien bisher noch nicht in Kraft gesetzt.<sup>242</sup> In der National Green Hydrogen Mission werden keine konkreten Ziele für die Herstellung von Elektrolyseuren genannt – lediglich die indische Entwicklungsbehörde (NITI Aayog) nennt 25 GW als Zielmarke für das Jahr 2030. Die Behörde schlägt zudem weitere staatliche Maßnahmen auf der Angebotsseite vor, um den Preis für grünen Wasserstoff auf 1 USD/kg zu senken. Hierzu könnten weitere Erleichterungen bei Steuern und Zuschlägen zählen sowie die Nutzung von Einnahmen aus CO<sub>2</sub>-Steuern.<sup>243</sup>

Bei der sechsten deutsch-indischen Regierungskonsultation im Frühjahr 2022 wurde eine vertiefte Kooperation bei der Erzeugung, Weiterverarbeitung, Anwendung und dem Transport von grünem Wasserstoff vereinbart.<sup>244</sup> Gemäß der Kooperationsvereinbarung soll innerhalb des Indo-German Energy Forums (IGEF) eine Task Force eingerichtet werden, um Vertreter aus Regierung, Industrie und Forschung beider Länder besser zu vernetzen. Zudem soll ein Fahrplan mit



konkreten Maßnahmen entwickelt werden, um globale Lieferketten für grünen Wasserstoff zu entwickeln und so den Markthochlauf von grünem Wasserstoff zu beschleunigen.

## 6.2 Marktbarrieren und -hemmnisse

Trotz der verbesserten Wirtschaftlichkeit und des Wachstums im gesamten Ökosystem der E-Mobilität gibt es nach wie vor viele Hindernisse für die Einführung von E-Fahrzeugen in Indien, wodurch auch das Wachstum auf dem indischen Batteriespeichermarkt begrenzt wird, da der Mobilitätssektor den wichtigsten Wachstumstreiber für BESS darstellt. Hierzu zählen die geringe Marktgröße (aufgrund der hohen Vorlaufkosten), die schlechte Kostenökonomie des Ladeinfrastrukturgeschäfts, fragmentierte und kleine Märkte, die geringere Kreditvergabefähigkeit von Finanzinstituten in der Post-COVID-19-Ära und das Fehlen klarer politischer Vorgaben. Um diese Hindernisse für den Kapitalfluss zu beseitigen, sind viele lang- und kurzfristige Maßnahmen erforderlich, die die Lücken in der bestehenden Politik auf zentraler und staatlicher Ebene schließen können. Im Folgenden werden die Hindernisse kurz dargestellt:<sup>245</sup>

### Finanzielle Barrieren

#### *Kapitalzugang*

Die Investitionen von Unternehmen, Risikokapitalgebern und Private-Equity-Firmen in das E-Fahrzeug-Ökosystem beliefen sich im Jahr 2021 auf 6 Mrd. USD, verglichen mit 3,8 Mrd. USD im Jahr 2019.<sup>246</sup> Vor allem Start-ups im Bereich der Elektromobilität, wie Ola Electric, Blusmart oder Simple Energy, erhalten immer wieder größere Finanzierungen von Geldgebern. Im Jahr 2021 wurde eine Rekordsumme in Höhe von 444 Mio. USD erreicht.<sup>247</sup> Auch größere OEMs wie Maruti Suzuki, Bajaj Auto, Hero MotoCorp, Tata Motors stehen nicht vor Finanzierungsproblemen, da sie in den jeweiligen Marktsegmenten mit hohen Marktanteilen vertreten sind.<sup>248</sup> Die traditionellen Erstausrüster und Tier-1-Autoteilehersteller, die Komponenten direkt an diese Erstausrüster liefern, verfügen über gute Bilanzen. Finanzielle Schwierigkeiten haben eher die kleineren Erstausrüster und Tier-2- und Tier-3-Zulieferer, die aufgrund der Größe ihrer Bilanzen, der geringen Sicherheit der Cashflows und der langen Vorlaufzeit für Investitionen Hindernissen beim Zugang zu Kapital gegenüberstehen.<sup>249</sup>

Daher ist die Rolle von Markttaggregatoren und Unterstützern ein wichtiger Bestandteil des sich in Indien entwickelnden Elektromobilitätssektors. Energy Efficiency Services Limited (EESL) – ein Joint-Venture aus vier staatlichen Energieunternehmen – ist ein gutes Beispiel dafür. EESL hat den Markt durch die Schaffung von Pilotprojekten in Städten wie Delhi und die Unterstützung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur auf bundesstaatlicher Ebene vorangetrieben.<sup>250</sup> Die Unterstützung durch multilaterale Geldgeber wie die Weltbank, die Asiatische Entwicklungsbank und die KfW stellt sicher, dass die Kreditlinie, zu der EESL Zugang hat, längerfristig sein kann und durch eine Staatsgarantie abgesichert ist. Die Kosten für inländisches Kapital auf dem indischen Markt sind nach wie vor hoch und die Erwartungen an die Zeitspanne, in der sich die Investitionen rentieren, sind kurz – innerhalb von 3-5 Jahren. Die inländischen Zinssätze liegen zwischen 10% und 12% und der Zugang zu Fremdmitteln wird immer schwieriger. Internationale Akteure haben die Möglichkeit, Kredite zu wesentlich günstigeren Zinssätzen aufzunehmen und damit eine starke Hebelwirkung zu erzielen. Darüber hinaus hat die indische Regierung den Wert der internationalen Finanzierung erkannt, um Bereiche wie neue Energiemärkte voranzutreiben. Die im Juli 2019 getroffene Entscheidung, die Steuer auf Elektrofahrzeuge auf 5% zu senken, sowie die Abschaffung der Zölle auf Teile von Elektrofahrzeugen sind positive Zeichen für internationale Akteure, die den indischen Markt auf ihre Bereitschaft zu einer Partnerschaft prüfen.<sup>251</sup> Auch die Importzölle für Maschinen zur Herstellung von Li-Ionen-Zellen wurden Anfang 2023 gestrichen, wodurch Indien als Produktionsstandort für Batteriespeicher an Attraktivität gewinnen wird.<sup>252</sup>

Für den Aufbau eines nationalen und globalen Wasserstoffmarktes bedarf es enormer Investitionen in F&E zur Senkung der Produktionskosten von grünem Wasserstoff sowie in die notwendige Infrastruktur für Lagerung und Transport. Ein guter Zugang zu Kapitalmitteln ist hierbei von entscheidender Bedeutung. Staatliche Förderungen sind für die technologische Entwicklung von Schlüsseltechnologien wie Elektrolyseuren und Brennstoffzellen von entscheidender Bedeutung, da Gelder über längere Zeiträume zur Verfügung gestellt werden und eine höhere Toleranz gegenüber

finanziellen Unsicherheiten besteht als bei privatem Kapital. Mit der National Green Hydrogen Mission wurde ein erster wichtiger Schritt getan, doch die öffentlichen Finanzmittel in Höhe von ca. 2,24 Mrd. Euro stellen nur einen Bruchteil der von der indischen Regierung angestrebten Investitionssumme von ca. 90 Mrd. Euro dar. Es bedarf also zusätzlicher privater Investitionen. Insbesondere in aufstrebenden Märkten wie Indien können politische und regulatorische Risiken private Investitionen in grüne Wasserstoffprojekte erschweren. Aufgrund höherer Investitionskosten, längerer Amortisationsdauer und unsicherer Renditen ist das Geschäft mit grünem Wasserstoff derzeit noch nicht rentabel. Hier ist die indische Regierung gefragt, um mithilfe von Investitions Garantien, Erstverlusttranchen und Vorzugsbedingungen bei der Kreditvergabe ein günstiges Investitionsklima für grüne Wasserstoffprojekte zu schaffen.<sup>253</sup>

## **Strukturelle und technische Barrieren**

### *Reserven an Seltenen Erden*

Sowohl für die Herstellung von Li-Ionen-Zellen als auch für die Produktion von Elektrolyseuren werden Metalle benötigt, die nur teilweise in Indien gefördert werden. Zwar wurden vor kurzem Indiens erste Lithiumreserven im Umfang von 5,9 Mio. Tonnen entdeckt,<sup>254</sup> doch diese müssen erst kommerziell erschlossen werden, wodurch Indien auf absehbare Zeit von Lithiumimporten abhängig sein wird. Alternative Batterietechnologien wie Redox-Flow-Akkus, Metall-Luft-Batterien oder Natrium-Ionen-Akkus sind entweder technisch noch nicht ausgereift oder nur für bestimmte Anwendungen wie stationäre Speicher geeignet. Auch bei Elektrolyseuren besteht eine hohe Abhängigkeit von Seltenen Erden. Zur Fertigung von AEL-Systemen wird lediglich Nickel benötigt, welches bereits in den indischen Bundesstaaten Odisha und Jharkhand gefördert wird.<sup>255</sup> Bei PEM-Systemen werden hingegen meistens Platin und Iridium als Grundmaterial für die Kathode und die Anode benötigt, welche zu den seltensten und teuersten Metallen der Erde zählen. Bei diesen beiden Seltenen Erden ist Südafrika der weltweit mit Abstand wichtigste Lieferant.<sup>256</sup> Internationale Kooperationen, wie eine Investitionspartnerschaft mit dem rohstoffreichen Australien,<sup>257</sup> sowie eine Ausweitung und Modernisierung des Batterierecyclings sind vielversprechende Ansätze, um Indiens Abhängigkeit von Rohstoffimporten zu verringern.

### *Stromnetz und Internet*

Indiens Vision von Elektrofahrzeugen, kombiniert mit der Integration erneuerbarer Energien, belastet das bereits veraltete Stromnetz erheblich. Hohe Übertragungs- und Verteilungsverluste auf Seiten der Verteilerunternehmen belasten die Netze. Fahrzeug- und stationäre Batterien können eine Rolle bei der Stabilisierung und dem Ausgleich des Netzes in Bezug auf die Volatilität sowie bei der Überwindung von Engpässen in der Energieverfügbarkeit spielen. Daneben erfordern intelligente Mobilitätslösungen jedoch auch eine digitale Infrastruktur. Indiens durchschnittliche Download-Geschwindigkeiten für mobile und feste Breitbandverbindungen liegen bei 10,71 Mbit/s bzw. 29,25 Mbit/s. Indiens Netzinfrastruktur muss aufgerüstet werden, um den Anforderungen gerecht zu werden, die die großflächige Einführung von intelligenter Elektromobilität erfordert. Die indische Smart City Mission von 2015 hatte sowohl einen Software- als auch einen Hardware-Fokus. Man war sich darüber im Klaren, dass die Entwicklung eines robusten digitalen Managements notwendig sein würde, um Indien voranzubringen.<sup>258</sup>

## **7. Markteintrittsstrategien und Risiken**

Die Form der Zusammenarbeit richtet sich danach, ob deutsche Unternehmen nur den Verkauf von Produkten oder eine langfristige Ansiedlung im indischen Markt planen. Potentielle Kunden auf dem indischen Markt für Energiespeicherlösungen und damit verbundene Technologien und Dienstleistungen sind beispielsweise Energieunternehmen, Industriekonzerne, Anlagenbauer sowie Komponentenhersteller für Batterien und Elektrolyseure. Auch Kooperationen mit lokalen Fahrzeugherstellern und Händlern in diesem Bereich sind eine Möglichkeit der Zusammenarbeit. Potentielle Geschäftspartner für deutsche Unternehmen mit dem Ziel einer längerfristigen Ansiedlung in Indien kommen vor allem aus dem starken mittelständischen Unternehmensbereich der Batterieherstellung auf der Suche nach technologischen Verbesserungen. Deutsche Unternehmen sollten bei der Wahl eines Partners darauf achten, dass dieser nicht nur vertrauenswürdig ist, sondern auch über ein breites Netzwerk von Kontakten zu Anbietern, Planern, Zulieferern, Beratern und Vertriebskanälen verfügt. Mögliche Formen der Zusammenarbeit sind in Tabelle 2 beschrieben.

**Tabelle 2: Markteintrittsformen Indien**

Rechtsform	Beschreibung
<b>Repräsentanz (Liaison Office)</b>	Verbindungs- und Kontaktbüro zwischen einem ausländischen Unternehmen und dem indischen Markt, keine eigenen wirtschaftlichen Aktivitäten erlaubt
<b>Projektbüro (Project Office)</b>	Projektbüro für ausländische Unternehmen, die Projekte in Indien durchführen, steuerpflichtig durch Projektstätigkeit, zeitlich begrenzt
<b>Zweigniederlassung (Branch Office)</b>	Zweigniederlassung einer ausländischen Gesellschaft, darf wirtschaftlich tätig werden und Einnahmen erzielen, Geschäftsaktivitäten sind allerdings auf die Erbringung von Dienstleistungen, Handel und Vertrieb beschränkt
<b>Private Limited Company (Pvt. Ltd.)</b>	Vergleichbar mit deutscher GmbH, häufigste Gesellschaftsform in Indien, erfordert zwei Gesellschafter und einen Direktor mit indischem Wohnsitz
<b>Public Limited Company (Ltd.)</b>	Vergleichbar mit einer Aktiengesellschaft, Anteile sind frei veräußerlich und Börsenhandel möglich; mindestens sieben Gesellschafter; Wohnsitzerfordernis in Indien für einen der Direktoren
<b>Personengesellschaft mit beschränkter Haftung (LLP)</b>	Vergleichbar mit GmbH und Co. KG, beschränkte Haftung mit Flexibilität der Verwaltung einer Partnership
<b>Joint Venture</b>	Gesellschaftsgründung mit einem indischen Partner, Namens- und Markenschutz sind zu beachten, notwendig in Branchen mit Beteiligungsobergrenzen für ausländische Unternehmen (FDI)

Ausländischen Investoren in Indien wird meistens empfohlen, eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Private Limited Company) zu gründen. Die Wahl der Rechtsform hängt von verschiedenen Faktoren ab wie Steuern, Eigentümerhaftung, Compliance-Belastung, Investitions-, Finanzierungs- und Ausstiegsstrategie. Für ausländische Investoren gibt es verschiedene Möglichkeiten, in Indien Geschäfte aufzunehmen. Sollte ein Projekt die Dauer von 182 Tagen überschreiten, begründet sich in Indien eine Betriebsstätte (Permanent Establishment). Hier zählt nicht die Dauer des Einsatzes einzelner Mitarbeiter in Indien. Die Berechnung beginnt mit der Ankunft des ersten Projektmitarbeiters und endet mit Abreise des letzten am Projekt beteiligten Mitarbeiters aus Indien – nach Beendigung des Gesamtprojektes. Die Dauer des Projektes wird durchaus überwacht. So können die indischen Finanzbehörden anhand der Pässeinträge der deutschen Mitarbeiter und Rechnungen über Leistungen im Projekt genau rekonstruieren, wie lange ein Projekt andauert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Anmietung von Räumen oder die Beschäftigung von Hilfskräften. Sobald die deutsche Firma eine Adresse in Indien hat, besteht eine Betriebsstätte. Auch die Anstellung eines Mitarbeiters in Indien oder die Beauftragung eines indischen Repräsentanten, der den Namen der deutschen Firma auf seiner Visitenkarte trägt oder mit einer E-Mail-Kennung der deutschen Firma kommuniziert, führt zu einer Betriebsstätte in Indien. Eine Ausnahme sind hier Agenten bzw. Vertreter, die in eigenem Namen im Auftrag für die deutsche Firma tätig sind, soweit dieser nicht ein Depot für den deutschen Auftraggeber unterhält, aus dem er Waren ausliefert.

Wenn man als ausländische Firma nur begrenzte Projekte (z.B. Rechercheprojekte) aufnehmen möchte, kann man diese entweder als Liaison Office als Vertretung der Muttergesellschaft in Indien tätigen, als Branch Office, um Tätigkeiten wie Export, Import von Waren, Forschung, Beratung und Ähnliches durchzuführen, oder als Project Office, um Aktivitäten, gemäß Vertrag, zur Ausführung des Projekts (zeitlich begrenzt) durchzuführen. Wenn man aber Fertigungs- oder Dienstleistungsarbeiten und andere damit verbundenen Geschäftsvorgänge durchführen möchte, muss man entweder eine indische Firma gründen – in Form eines Joint-Ventures oder einer 100%-igen Tochtergesellschaft – oder eine Limited Liability Partnership etablieren. Obwohl die Gründungsformalitäten für die verschiedenen Rechtsformen nicht identisch sind, sollten ca. drei bis sechs Monate für die Gründung eingeplant werden. Hierbei kann die Deutsch-Indische Handelskammer behilflich sein, die den Prozess bereits für zahlreiche deutsche Unternehmen durchgeführt hat. Der Prozess einer Firmengründung in Indien kann u.a. die Anmeldung bei der indischen Zentralbank, den Eintrag ins

Handelsregister (nur bei Pvt. Ltd.), die Beantragung einer Director Identification Number und des Digital Signature Certificates für die Geschäftsführer in Indien, die Anmeldung beim Income Tax Department zur Beantragung der Steuernummern sowie die Eröffnung eines Bankkontos umfassen.

Sollte das deutsche Unternehmen vor einem größeren Investment zurückschrecken, besteht natürlich auch die Möglichkeit zur Vergabe einer Lizenz nach Indien. Diese Verträge unterliegen im Regelfall dem indischen Recht und erfordern bei der Abfassung kompetente juristische Beratung. Auch der Verkauf von Technologien und der Transfer von Know-how nach Indien sind möglich. Jede Dienstleistung deutscher Unternehmen für indische Kunden (auch für Lizenzen, Beratungen usw.) unterliegt der indischen Quellensteuer. Hier sollten sich deutsche Unternehmen vor Angebotserteilung detailliert informieren.

## 8. Schlussbetrachtung inkl. SWOT-Analyse

Um den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien und die Umstellung der Industrie auf CO<sub>2</sub>-arme Verfahrensweisen zu ermöglichen, muss Indien seine Energiespeicherkapazitäten deutlich ausweiten und eine vollwertige grüne Wasserstoffindustrie aufbauen. Dies bietet für Indien mehrere Vorteile, nicht nur für die Schaffung einer ökologisch nachhaltigen Zukunft, sondern auch für die wirtschaftliche Entwicklung: Die Ansiedlung von Herstellern von Li-Ionen-Zellen, Elektrolyseuren und Brennstoffzellen schafft Arbeitsplätze und verringert die Abhängigkeit von ausländischen Technologieimporten. Zudem kann Indien mit grünem Wasserstoff langfristig vom Importeur von Öl und Gas zum Exporteur von grünem Ammoniak und Wasserstoff aufsteigen. So prognostiziert NITI Aayog, dass Indien zwischen 2020 und 2050 bis zu 358 Mrd. USD einsparen könnte, wenn grüner Wasserstoff anstelle von importiertem Erdgas und Erdöl in der Industrie eingesetzt wird. Hieraus ergeben sich CO<sub>2</sub>-Einsparungen in Höhe von 3,6 Gt für den genannten Zeitraum.<sup>259</sup> Mithilfe von Batteriespeichern und Pumpspeicherkraftwerken wiederum können fluktuierende erneuerbare Energiequellen in größerem Umfang die Stromversorgung sicherstellen, wodurch die Abhängigkeit von klimaschädlicher Kohleenergie abnimmt und Indien seine Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaabkommen erfüllen kann.

Aus dem steigenden Bedarf an modernen Batteriespeichern, der sich vornehmlich aus den Segmenten der stationären Speicher und der E-Mobilität speist, ergeben sich jedoch auch große Herausforderungen bei der Ausweitung der Produktionskapazitäten für Batterien und der Integration dieser Speicher in das existierende Stromnetz. Insbesondere der Zugang zu Lithium und Kobalt ist noch nicht ausreichend gesichert, um die einheimische LIB-Produktion in großem Umfang zu ermöglichen. Neue Technologien wie Natrium-Ionen-Batterien, Redox-Flow-Systeme oder Metall-Luft-Batterien könnten eine Lösung sein und Indien unabhängig von Rohstoffimporten machen. Allerdings eignen sich diese Batterietypen nicht für alle verschiedenen Anwendungen und die vollständige Marktreife konnte bei Metall-Luft-Akkus noch nicht erreicht werden. Effiziente Verfahren zum Batterie-Recycling können die Knappheit an seltenen Metallen zumindest abschwächen. Auch bei der inländischen Fertigung von PEM-Elektrolyseuren erweist sich Indiens Abhängigkeit von Rohstoffimporten als zentrales Hindernis. Darüber hinaus kann der hohe Wasserbedarf für die Wasserstoffelektrolyse zu Nutzungskonflikten führen, da viele für die Produktion von grünem Wasserstoff geeignete Industrieanlagen in wasserarmen Gebieten liegen.<sup>260</sup>

Auch beim wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge, einem der Haupttreiber für Indiens Batteriemarkt, sind noch einige Herausforderungen zu meistern. Hohe Anschaffungskosten von E-Fahrzeugen, die unzureichende Ladeinfrastruktur, fragmentierte Märkte und der begrenzte Zugang zu Kapital behindern die weitere Entwicklung des Marktes. Ein wichtiger Preistreiber für den indischen E-Fahrzeugmarkt sind die Importkosten für Li-Ionen-Zellen. Daher ist die lokale Batteriefertigung und Montage entscheidend, um die einheimische Produktion von Elektrofahrzeugen in Indien wirtschaftlich rentabel zu machen.<sup>261</sup> Die politischen Fördermaßnahmen zum Aufbau einer lokalen Batterieproduktion und zur Sicherung des Zugangs zu seltenen Erden sind wichtige Schritte, um den indischen Batteriemarkt und damit die Elektromobilität voranzubringen.

Deutsche Hersteller von Li-Ionen-Akkus und anderen modernen Batteriesystemen sowie von Batteriekomponenten können nicht nur von der steigenden Nachfrage auf dem indischen Energiespeichermarkt, sondern auch von den günstigen

politischen Rahmenbedingungen profitieren. Es bieten sich zudem Absatzmöglichkeiten für Technologieanbieter im Bereich des Batteriemanagements und des Batterierecyclings, da effiziente hydrometallurgische Recyclingverfahren bisher nur unzureichend zur Verfügung stehen. Zum Aufbau einer grünen Wasserstoffindustrie ist Technologie „Made in Germany“ an verschiedenen Stellen der Wertschöpfungskette gefragt. Effiziente Elektrolyseurtechnik und Brennstoffzellen werden ebenso benötigt wie Erfahrungen beim Aufbau der nötigen Energieinfrastruktur. Allerdings bringt die von der indischen Regierung vorangetriebene Stärkung der einheimischen Industrieproduktion auch eine Zunahme an protektionistischen Maßnahmen mit sich, wodurch das Exportgeschäft mit Indien erschwert werden könnte. Hier sollten Möglichkeiten der lokalen Fertigung zumindest von Teilkomponenten in Erwägung gezogen werden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass der indische Markt sehr preissensibel ist und Endkunden, Hersteller und Zulieferer dort einkaufen, wo sie die besten Preise finden. Dennoch bietet der indische Energiespeichermarkt mit seinem dynamischen Wachstum ein großes Absatzpotential für die deutsche Wirtschaft und der Aufbau einer grünen Wasserstoffindustrie bringt vielversprechende Investitionsmöglichkeiten mit sich.

**Tabelle 3: SWOT-Analyse**

<p><b>Strengths (Stärken)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Breite industrielle Basis</li> <li>Westlich orientiertes Rechtssystem</li> <li>Wettbewerbsfähiges Lohnniveau</li> <li>Große Anzahl an Hochschulabsolventen</li> <li>Reformwillige Regierung</li> <li>Starkes Wirtschaftswachstum</li> <li>Niedrige Solar- und Windtarife</li> </ul>	<p><b>Weaknesses (Schwächen)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Importabhängigkeit bei Vorprodukten und Rohstoffen</li> <li>Preissensibler Markt</li> <li>Veraltetes Energienetz und Probleme beim Anschluss ans Stromnetz</li> <li>Hoher Investitionsbedarf für Wasserstoffinfrastruktur</li> <li>Bürokratische Hürden</li> <li>Rechtsdurchsetzung kann langwierig sein</li> <li>Qualifizierungslücken bei technischen Berufen</li> </ul>
<p><b>Opportunities (Chancen)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Investitionsanreize für Industrieansiedlungen</li> <li>Abbau der Abhängigkeit von Rohstoffimporten</li> <li>Dekarbonisierung der Schwerindustrie</li> <li>Modernisierung der Infrastruktur</li> <li>Indische Unternehmen an internationalen Kooperationen und Wissenstransfer interessiert</li> <li>Junge, konsumfreudige Bevölkerung</li> <li>Verbesserung der schlechten Luftqualität und der Umweltprobleme</li> </ul>	<p><b>Threats (Risiken)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wachsende Staatsverschuldung</li> <li>Zunehmender Protektionismus</li> <li>Probleme beim Kreditzugang</li> <li>Staatlich festgelegte Strompreise</li> <li>Störung der globalen Lieferketten durch Ukraine-Konflikt</li> <li>Inflation</li> <li>Wasserstoffproduktion verschärft Konkurrenz um knappe Wasserressourcen</li> </ul>

# Profile der Marktakteure

## Anbieter von Batteriesystemen und -komponenten

---

Firmenname **Amara Raja Batteries Limited** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: TERMINAL A, 1-18/AMR/NR Amara Raja Batteries Limited ist einer der größten Hersteller von Blei-Nanakramguda Gachibowli, Hyderabad - 500032 Säure-Batterien für industrielle und automobiler Anwendungen in der indischen Akkumulatorenindustrie.  
Tel.: +91 40 2313 9000  
E-Mail: -  
Web: <https://www.amararajabatteries.com/Home>

---

Firmenname **Aqueouss** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: Basement, C 5, Tilak Nagar, Ajay Enclave, Tilak Nagar Ashok Nagar, New Delhi - 110018 Aqueouss hat sich als führender Hersteller einer breiten Palette von Li-Ionen-Batterien und Life P04-Batterien etabliert.  
Tel.: +91 8048112042  
E-Mail: [info@aqueouss.in](mailto:info@aqueouss.in)  
Web: <https://www.lithiumionbattery.co.in/>

---

Firmenname **BATTRIXX** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: Fortune Terraces, 10th Floor, B Wing, Opp. Citi Mall, Link Road, Andheri-(West) Mumbai - 400053 Battrixx produziert grüne Energiesysteme und -lösungen mit hochentwickelten Lithium-Ionen-Batteriepacks, um den Übergang Indiens zu grüner Energiespeicherung und elektrischem Transport voranzutreiben.  
Tel.: +91-22-26734822 / +91-22-26734823  
E-Mail: [info@battrixx.com](mailto:info@battrixx.com), [sales@battrixx.com](mailto:sales@battrixx.com)  
Web: <https://www.battrixx.com/>

---

Firmenname **Gegadyne Energy** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: Shivai Plaza, Marol Cooperative Industrial Estate Road Andheri East, Mumbai - 400059 Gegadyne Energy entwickelt Batterien der nächsten Generation durch fortschrittliche Nanomaterialien und Herstellungsprozesse.  
Tel.: -  
E-Mail: [info@gegadyne.com](mailto:info@gegadyne.com), [jubin@gegadyne.com](mailto:jubin@gegadyne.com)  
Web: <https://gegadyne.com/>

---

Firmenname **Grinntech** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: 11B/1, S.P, 1st Cross Road, Ambattur Industrial Estate Chennai - 600058 Grinntech bietet eine Reihe von Lithium-Ionen-Batterien an, die neue Maßstäbe in Bezug auf elektrische Sicherheit, Energiedichte, Langlebigkeit, Qualität und Zuverlässigkeit setzen.  
Tel.: -  
E-Mail: [sales@grinntech.com](mailto:sales@grinntech.com)  
Web: <https://www.grinntech.com/>

---

Firmenname **Ipower Batteries Pvt. Ltd.** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: Plot No-82, HSIIDC Industrial Area, Sec-53, Kundli Sonipat - 131028 Ipower Batteries Pvt. Ltd. stellt Lithium-Ionen-Batterien her, die die besten NMC- und LFP-Zellen ihrer Klasse verwenden. Sie haben eine eigene BMS-Software entwickelt, um IoT-Lösungen und Fernsteuerungsfunktionen bereitzustellen.  
Tel.: +91.11.25920254/55/56  
E-Mail: [support@ipowerbatteries.in](mailto:support@ipowerbatteries.in)  
Web: <https://ipowerbatteries.in/>

---

Firmenname **Lohum Cleantech** Tätigkeitsbeschreibung/-feld  
Adresse: G-98, Site 5, Kasna Greater Noida - 201 310 Lohum stellt Lithium-Ionen-Batteriepacks her und gewinnt wertvolle Batteriematerialien aus gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien durch Recycling zurück.  
Tel.: + 91 63975 10047  
E-Mail: [info@lohum.in](mailto:info@lohum.in)  
Web: <https://www.lohum.com/>

---

---

<p>Firmenname <b>Okaya Power Pvt. Ltd.</b>          Adresse: D-8, Udyog Nagar, Rohtak Road, Near Peeragarhi Metro Station,          New Delhi - 110041          Tel.: +91 11 47451500, 49803300          E-Mail: <a href="mailto:myemail@okayapowertd.com">myemail@okayapowertd.com</a>          Web: <a href="https://www.okayapower.com/group-company.php">https://www.okayapower.com/group-company.php</a></p>	<p>Tätigkeitsbeschäftigung/-feld          Okaya Power Pvt. Ltd. bietet eine breite Palette an Batterien, die für alle Anwendungsarten geeignet sind, darunter Röhrenbatterien, Wechselrichterbatterien und Solarbatterien, SMF-Batterien und E-Rikscha-Batterien.</p>
---	---

---

### Technologieanbieter im Bereich grüner Wasserstoff

---

<p>Firmenname: <b>Reliance Industries:</b>          Adresse: Maker Cha-bers - IV Nariman Point          Mumbai 400 021, India          Tel.: +91-22-3555-5000          E-Mail: <a href="mailto:info@ril.com">info@ril.com</a>          Web: <a href="https://www.ril.com/OurBusinesses/New-Energy.aspx">https://www.ril.com/OurBusinesses/New-Energy.aspx</a></p>	<p>Reliance ist einer der größten Industriekonzerne in Indien. Das Unternehmen investiert stark in grünen Wasserstoff und plant, bis 2030 100 Gigawatt grünen Wasserstoff zu produzieren. Reliance entwickelt auch neue Technologien, um die Effizienz und Kosteneffizienz der Produktion von grünem Wasserstoff zu verbessern.</p>
---	---

---

<p>Firmenname <b>GAIL (India):</b>          Adresse: GAIL Bhawan, 16 Bhikaji Cama Place, R K Puram, New Delhi - 110066          Tel.: 0120-2446400, 4862400          E-Mail: <a href="mailto:gailpmg@gail.co.in">gailpmg@gail.co.in</a>          Web: <a href="https://gailonline.com/home.html">https://gailonline.com/home.html</a></p>	<p>GAIL ist ein staatliches Erdgas-Unternehmen. GAIL entwickelt auch eine Infrastruktur für die Abgabe von grünem Wasserstoff, die Unternehmen und Konsumenten den Zugang zu grünem Wasserstoff vereinfachen wird.</p>
---	--

---

<p>Firmenname <b>National Thermal Power Corporation (NTPC):</b>          Adresse: NTPC Bhawan, SCOPE Complex, 7, Institutional Area, Lodi Road, New Delhi-110003          Tel.: +91 11 24360100, 24387000, 24387001, 01124360100          E-Mail: <a href="mailto:ntpccc@ntpc.co.in">ntpccc@ntpc.co.in</a>          Web: <a href="https://www.ntpc.co.in/about-us/corporate-functions/netra/technology/hydrogen-grid">https://www.ntpc.co.in/about-us/corporate-functions/netra/technology/hydrogen-grid</a></p>	<p>NTPC ist ein staatliches Energieunternehmen. Es entwickelt ein Projekt für grünen Wasserstoff in Andhra Pradesh, das 500 Tonnen grünen Wasserstoff pro Tag produzieren soll.</p>
--	---

---

<p>Firmenname <b>Indian Oil Corporation (IOC):</b>          Adresse: IndianOil Bhavan, 1, Sri Aurobindo Marg, Yusuf Sarai, New Delhi 110016          Tel.: +91-11-26531082          E-Mail: <a href="mailto:SAHNEYAS@INDIANOIL.IN">SAHNEYAS@INDIANOIL.IN</a>          Web: <a href="https://iocl.com/NewsDetails/59274">https://iocl.com/NewsDetails/59274</a></p>	<p>Die IOC ist ein staatliches Öl- und Gasunternehmen. Sie investiert stark in grünen Wasserstoff und plant, bis 2030 täglich 100.000 Tonnen grünen Wasserstoff zu produzieren. Zu den grünen Wasserstoffprojekten der IOC gehört der Umbau von Raffinerien in Mathura und Panipat zur Herstellung von grünem Wasserstoff.</p>
--	--

---

<p>Firmenname <b>Larsen &amp; Toubro</b>          Adresse: CIN – L99999MH1946PLC004768          L&amp;T House, N.M. Marg, Ballard Estate, Mumbai, Maharashtra - 400 001          Tel.: +91 22 67525656          E-Mail: <a href="mailto:infodesk@larsentoubro.com">infodesk@larsentoubro.com</a>          Web: <a href="https://www.larsentoubro.com/">https://www.larsentoubro.com/</a></p>	<p>Larsen &amp; Toubro ist ein multinationales Maschinenbauunternehmen. L&amp;T ist an einer Reihe von grünen Wasserstoffprojekten in Indien beteiligt. L&amp;T entwickelt auch eine Reihe von Technologien für grünen Wasserstoff, darunter AEL- und PEM-Elektrolyseure.</p>
--	---

---

<p>Firmenname <b>Bharat Petroleum Corporation Limited (BPCL)</b>          Adresse: Bharat Bhavan,          4 and 6 Currimbhoy Road,          Ballard Estate,          Mumbai 400001          Tel.: 1800224344          E-Mail: <a href="mailto:info@bharatpetroleum.in">info@bharatpetroleum.in</a>          Web: <a href="http://www.bharatpetroleum.in">www.bharatpetroleum.in</a></p>	<p>BPCL ist ein staatliches Öl- und Gasunternehmen in Indien. Es ist eine der größten Raffinerien Indiens und verfügt über eine bedeutende Präsenz im Marketing und Vertrieb von Erdölprodukten. BPCL investiert auch in die Produktion von grünem Wasserstoff. Im Jahr 2022 ging das Unternehmen eine Partnerschaft mit dem Bhabha Atomic Research Centre (BARC) ein, um die alkalische Elektrolyseurtechnologie für die Produktion von grünem Wasserstoff auszubauen.</p>
<p>Firmenname <b>Hindustan Petroleum Corporation Limited (HPCL)</b>          Adresse: Bharat Bhavan,          4 and 6 Currimbhoy Road,          Ballard Estate,          Mumbai 400001          Tel.: +91-22-22863900          E-Mail: <a href="mailto:corphqo@hpcl.in">corphqo@hpcl.in</a>          Web: <a href="https://www.hindustanpetroleum.com/">https://www.hindustanpetroleum.com/</a></p>	<p>HPCL ist ein weiteres staatliches Öl- und Gasunternehmen in Indien. Es ist auch eine der größten Raffinerien in Indien und hat eine bedeutende Präsenz in der Vermarktung und dem Vertrieb von Erdölprodukten. HPCL investiert auch in die Produktion von grünem Wasserstoff. Für das Jahr 2022 kündigte HPCL die Errichtung einer Anlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff auf der Grundlage von Elektrolyseuren mit einer Kapazität von 370 Tonnen pro Jahr in seiner Visakh-Raffinerie in Andhra Pradesh an.</p>
<p>Firmenname <b>Bharat Heavy Electricals Limited (BHEL)</b>.          Adresse: Corporate Office,          BHEL House,          Siri Fort,          New Delhi - 110049,          India,          Tel.: +91-1166 33 7598/7          E-Mail: <a href="mailto:psm@bhel.in">psm@bhel.in</a>          Web: <a href="https://bhel.com/">https://bhel.com/</a></p>	<p>BHEL ist ein staatliches Unternehmen in Indien, das eine breite Palette von Produkten herstellt, darunter Kraftwerke, Übertragungsanlagen und Eisenbahnlokomotiven. BHEL ist auch an der Entwicklung von Technologien für grünen Wasserstoff beteiligt. Im August 2023 unterzeichnete BHEL ein Memorandum of Understanding (MoU) mit Greenstat Hydrogen India Pvt. Ltd, einem norwegischen Unternehmen, das auf die Produktion und den Vertrieb von Wasserstoff spezialisiert ist.</p>
<p>Firmenname <b>Thyssenkrupp Industrial Solutions</b>          Adresse: Uhde House, LBS Marg, Vikhroli W,          Mumbai 400 083, India.          Tel.: +918657416474          E-Mail: <a href="mailto:Communications@thyssenkrupp.com">Communications@thyssenkrupp.com</a>          Web: <a href="https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/india/en/about%20us">https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/india/en/about%20us</a></p>	<p>Thyssenkrupp Industrial Solutions ist ein deutsches Engineering-Unternehmen, das in einer Vielzahl von Branchen tätig ist, darunter Stahl, Chemie und Energie. Das Unternehmen ist auch an der Entwicklung von Wasserstofftechnologien beteiligt.</p>
<p>Firmenname <b>ACME Cleantech Solutions Pvt. Ltd.</b>          Adresse: Plot No.152, Sector – 44          Gurugram -122 002          Tel.: +91-124-7117000          Fax: +91-124-7117001          E-Mail: <a href="mailto:info@acme.in">info@acme.in</a>,  <a href="mailto:siddhartha.saikia@acme.in">siddhartha.saikia@acme.in</a>          Web: <a href="https://www.acme.in/">https://www.acme.in/</a></p>	<p>ACME solar ist eines der führenden Unternehmen in Indien, das sich auf die Stromerzeugung durch Photovoltaik spezialisiert hat. Es bietet eine breite Palette von Dienstleistungen an, darunter Solar-EPC, O&amp;M, Aufdachlösungen, Wasserpumpensysteme, Straßenbeleuchtungssysteme, Batteriespeichersysteme sowie grüne Wasserstoff- und Ammoniakprojekte.</p>



---

<p>Firmenname <b>Siemens India Limited</b> Adresse: Birla Aurora, Level 21, Plot No. 1080 Dr. Annie Besant Road, Worli Mumbai – 400030, India Tel.: 1800 209 1800 E-Mail: <a href="https://new.siemens.com/in/en/general/contact.html">https://new.siemens.com/in/en/general/contact.html</a> Web: <a href="https://www.siemens-energy.com/global/en.html">https://www.siemens-energy.com/global/en.html</a></p>	<p>Siemens India Limited hat eine Initiative für grünen Wasserstoff angekündigt, die Indien helfen soll, seine Klimaziele zu erreichen. Das Unternehmen plant, in die Entwicklung von Technologien zur Herstellung, Speicherung und zum Transport von grünem Wasserstoff zu investieren. Siemens wird außerdem mit Partnern zusammenarbeiten, um Wasserstoffprojekte in Indien zu entwickeln und umzusetzen.</p>
--	--

---

### **Elektrofahrzeuge-Hersteller (2-rädrige Fahrzeuge und Rickshaws)**

---

<p>Firmenname: <b>Ather Energy</b> Adresse: 3rd Floor Tower D, IBC Knowledge Park, Bannerghatta Main Road Bengaluru - 560029 Tel.: +91-7676600900 E-Mail: <a href="mailto:info@atherenergy.com">info@atherenergy.com</a>, <a href="mailto:customercare@atherenergy.com">customercare@atherenergy.com</a> Web: <a href="https://www.atherenergy.com/">https://www.atherenergy.com/</a></p>	<p>Ather Energy ist ein dynamischer Spieler im Sektor der Elektrofahrzeuge, der sich in mehreren wichtigen Aktivitäten engagiert. Das Unternehmen ist bekannt für die Entwicklung und Herstellung von Elektrorollern. Außerdem betreibt das Unternehmen ein Netzwerk von Schnell-Ladestationen. Ather Energy engagiert sich auch stark in der Forschung und Entwicklung von Elektrofahrzeugtechnologien und konzentriert sich auf die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien, um das Wachstum der Elektrofahrzeugindustrie zu fördern.</p>
---	---

---

<p>Firmenname <b>Autolite (India) Limited</b> Adresse: Road No.9, Vishwakarma Industrial Area Jaipur - 302013 Tel.: +91 141-2333994/5/6 E-Mail: Business Opportunities – <a href="mailto:sales@autopal.com">sales@autopal.com</a> Suppliers – Imports – <a href="mailto:imports@autopal.com">imports@autopal.com</a> Web: <a href="http://www.autopal.com/">http://www.autopal.com/</a></p>	<p>Autolite (India) Limited, ein führender Hersteller von Elektrofahrzeugen. Insbesondere werden E-Rickshaws hergestellt.</p>
---	---

---

<p>Firmenname <b>BattRE Electric Mobility</b> Adresse: 351,80 feet Rd, Guru marg, Vinayak City, Neemera, Sirsi Road Jaipur – 302012 Tel.: +91-8306793900 E-Mail: <a href="mailto:hello@battre.in">hello@battre.in</a> Web: <a href="https://battre.in/">https://battre.in/</a></p>	<p>BattRe ist ein Hersteller von elektrischen Zweirädern.</p>
--	---

---

<p>Firmenname <b>Detel</b> Adresse: 57A, Ggn City, Sector-18, Harton Complex, Electronic City, Phase-4, Gurgaon – 122001 Tel.: +91 8448440449 E-Mail: <a href="mailto:evsales@detel-india.com">evsales@detel-india.com</a> , <a href="mailto:yb@detel-india.com">yb@detel-india.com</a> Web: -</p>	<p>Detel verkauft Batterien für seine Elektrofahrzeuge und andere Produkte. Das Unternehmen hat das billigste Elektrofahrrad der Welt gebaut und ist besonders auf Elektro-Zweiräder spezialisiert.</p>
--	---

---

---

Firmenname **Goenka Electric Vehicles Pvt. Ltd.** Hersteller von Elektrofahrzeugen wie E-Rikschas, E-Autos und Elektro-Zweiräder.

Adresse: House no. 6, Basement, Shiva Enclave, Pitampura

North West Delhi, New Delhi – 110034

Tel.: +91-8048881183

E-Mail: [sanjay@gemev.com](mailto:sanjay@gemev.com)

Web: <https://www.goenkaelectric.com/>

---

### **Branchenübergreifende Markakteure**

Firmenname: **Enertech UPS**

Tätigkeitsbeschreibung/-feld

Adresse: S. No. 399/1-2, Bhare, P.O. Ghotawade, Near Pirangut, Taluka -Mulshi Dist. Pune - 412115

EnerTech ist bestrebt, zuverlässige Lösungen im Bereich Solar- und Energietechnik anzubieten.

Tel.: +91 9372623423 / 9370659050/ +91 9175413731

E-Mail: [sales@enertechups.com](mailto:sales@enertechups.com)

Web: <https://www.enertechups.com/>

---

Firmenname: **NMTRONICS INDIA PVT. LTD.**

Tätigkeitsbeschreibung/-feld

Adresse: SDF NO. E-17 & C-2, Noida Special Economic Zone Noida Dadri Road, Phase-II Noida - 201305

NMTronics ist ein Marktführer im Bereich der Hightech-Ausrüstung mit Schwerpunkt auf den Sektoren SMT, Solar, Industrieautomatisierung und Kompetenzentwicklung.

Tel.: +91 120 4603500

E-Mail: [info@nmtronics.com](mailto:info@nmtronics.com)

Web: <https://www.nmtronics.com/>

---

### **Staatliche Institutionen**

**Bureau of Energy Efficiency (BEE)**

Aufgabe des BEE ist die Unterstützung der indischen Wirtschaft bei der Entwicklung von Maßnahmen und Strategien, welche die Energieeffizienz der indischen Wirtschaft innerhalb des Gesamtrahmens des Energieeinsparungsgesetzes von 2001 verbessern. Dies soll durch die aktive Beteiligung aller Interessengruppen erreicht werden, was zu einer beschleunigten und nachhaltigen Durchsetzung effizienter Energienutzung in allen Sektoren führt.

4th Floor, Sewa Bhawan

R. K. Puram

New Delhi - 110066

Fax: +91 11 26178352

E-Mail: [dg-bee@nic.in](mailto:dg-bee@nic.in)

Web: <https://beeindia.gov.in/content/contact-us-0>

---

**Central Electricity Authority**

Überprüfung von Einrichtungen und deren Aktivitäten, Statistiken zu Energieproduktion und -verbrauch.

Sewa Bhawan, Rama Krishna Puram, Sector-1

New Delhi 110066

Tel.: +91 26732222

E-Mail: [chair@nic.in](mailto:chair@nic.in)

Web: <https://cea.nic.in/>

---

**Central Electricity Regulatory Commission**

Wettbewerbsförderung, Effizienz & Ökonomie in Massenenergiemärkten, Förderung von Qualität.

3rd & 4th Floor, Chanderlok Building, 36,

Janpath

New Delhi 110001

Tel.: +91 23753911

E-Mail: [chairman@cercind.gov.in](mailto:chairman@cercind.gov.in)

Web: [www.cercind.gov.in](http://www.cercind.gov.in)

---

<p><b>Convergence Energy Services Limited (CESL)</b> NFL Building, 5th&amp; 6th Floor, Core – III, SCOPE Complex, Lodhi Road New Delhi - 110003 Tel.: +91 11-45801260 E-Mail: <a href="mailto:mdcesl@eesl.co.in">mdcesl@eesl.co.in</a> Web: <a href="https://www.convergence.co.in/">https://www.convergence.co.in/</a></p>	<p>Convergence ist ein neu gegründetes Vorhaben der Energy Efficiency Services Ltd (EESL)-Gruppe, das sich im Besitz des Energieministeriums befindet. Es bietet Dienstleistungen in Bezug mit Strom, Verkehr, Batterien und Haushaltsgeräte an.</p>
<p><b>CPRI - Central Power Research Institute</b> Prof. Sir C. V. Raman Road, Post Box No. 8066 Sadasiva Nagar (P. O.) Bengaluru 560080 Tel.: +91 080 - 22072210 E-Mail: <a href="mailto:shyamsundar@cpri.inn">shyamsundar@cpri.inn</a> Web: <a href="http://www.cpri.in">http://www.cpri.in</a></p>	<p>Central Power Research Institute (CPRI) ist eine eigenständige Einrichtung des indischen Energieministeriums.</p>
<p><b>Department of Heavy Industries (DHI)</b> Room No. 126-C, Udyog Bhawan, Rafi Marg New Delhi - 110011 Tel.: +91 11-23062365 Fax: +91 11-27511571 E-Mail: <a href="mailto:as-heavyind@gov.in">as-heavyind@gov.in</a> Web: <a href="https://dhi.nic.in/">https://dhi.nic.in/</a></p>	<p>Leitung der zweiten Phase von Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &amp;) Electric Vehicles (FAME II) in Indien. Bekundetes Interesse an Elektromobilität mit der Aufforderung zur Einreichung von Projektentwürfen für die Inanspruchnahme von Fördermitteln im Rahmen von FAME II für den Aufbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Indien.</p>
<p><b>DHI Centre Of Excellence For E-Mobility - Automotive Research Association of India (ARAI)</b> Survey No. 102, Vetal Hill, Off Paud Road Kothrud, Pune - 411 038 Tel.: +91 20 3023 1101 / 1400 E-Mail: <a href="mailto:coe_emobility@araiindia.com">coe_emobility@araiindia.com</a> Web: <a href="https://emobility.araiindia.com/">https://emobility.araiindia.com/</a></p>	<p>ARAI, ein führendes Forschungs- und Prüfungsinstitut Indiens, hat sich darauf ausgerichtet, die Automobilbranche bei der Entwicklung, Bewertung und Zulassung von Elektrofahrzeugen zu unterstützen. Im Rahmen des FAME-Projekts hat das ARAI ein umfassendes, hochmodernes Kompetenzzentrum für Elektrofahrzeuge und deren Komponenten eingerichtet.</p>
<p><b>Indian Renewable Energy Development Agency Limited (IREDA)</b> Corporate Office 3rd Floor, August Kranti Bhawan Bhikaiji Cama Place New Delhi 110066 Tel.: + 91 1124682206-19 E-Mail: <a href="mailto:cmd@ireda.in">cmd@ireda.in</a> Web: <a href="http://www.ireda.in">http://www.ireda.in</a></p>	<p>Staatlich finanzierte Investitionen in erneuerbare Energien.</p>
<p><b>Department of Science and Technology (DST)</b> Technology Bhavan, New Mehrauli Road New Delhi - 110 016. Tel.: +91-11-26562122/25/33/44, 26567373, 26962819 Fax: +91-11-26863847, 26515637 Web: <a href="https://dst.gov.in/">https://dst.gov.in/</a></p>	<p>DST und BIS arbeiten gemeinsam an der Entwicklung nationaler Ladestandards. Das DST unterstützt die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschulen bei der Entwicklung von kostengünstigen, im Inland produzierten Ladegeräten.</p>

<p><b>Bureau of Indian Standards (BIS)</b>  Room No. 459, Manakalaya Building, 9, Bahadur Shah Zafar Marg  New Delhi - 110002  Tel.: +91 11-2323 0131/3375/9402, 2360 8280/8319/8449  E-Mail: <a href="mailto:fmcs@bis.gov.in">fmcs@bis.gov.in</a>  Web: <a href="https://bis.gov.in/">https://bis.gov.in/</a></p>	<p>DST und BIS arbeiten gemeinsam an der Entwicklung nationaler Ladestandards. Das DST unterstützt die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschulen bei der Entwicklung von kostengünstigen, im Inland produzierten Ladegeräten.</p>
<p><b>Ministry of New and Renewable Energy</b>  Block-14, CGO Complex, Lodhi Road  New Delhi - 110 003  Tel.: +91 11-2436-0707, +91 11-2436-0404  E-Mail: <a href="mailto:secy-mnre@nic.in">secy-mnre@nic.in</a>  Web: <a href="https://mnre.gov.in/">https://mnre.gov.in/</a></p>	<p>Das Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) ist das zentrale Ministerium der indischen Regierung für alle Fragen im Zusammenhang mit neuen und erneuerbaren Energien. Das allgemeine Ziel des Ministeriums ist es, neue und erneuerbare Energien zu entwickeln und einzusetzen, um den Energiebedarf des Landes zu decken.</p>
<p><b>Ministry of Environment, Forest &amp; Climate Change (MoEF&amp;CC)</b>  Indira Paryavaran Bhawan  Jorbagh Road  New Delhi - 110 003  Tel.: +91 011-24695132, 011-24695136  E-Mail: <a href="mailto:mefcc@gov.in">mefcc@gov.in</a>  Web: <a href="https://moef.gov.in/en/">https://moef.gov.in/en/</a></p>	<p>Das Ministerium ist für die Planung, Förderung, Koordination und Überwachung der Umsetzung von Umwelt- und Forstprogrammen im Land zuständig. Zu den wichtigsten Aktivitäten des Ministeriums gehören die Erhaltung und Überwachung der indischen Flora und Fauna, der Wälder und anderer Wildnisgebiete, die Vermeidung und Kontrolle der Umweltverschmutzung, die Aufforstung und die Eindämmung der Bodendegradation.</p>
<p><b>Ministry of Power (MoP)</b>  Shram Shakti Bhawan, Rafi Marg  New Delhi-1  Tel.: +91 011-23717474  E-Mail:  <a href="https://powermin.gov.in/en/content/contact-details-ministry-officials">https://powermin.gov.in/en/content/contact-details-ministry-officials</a>  Web: <a href="https://powermin.gov.in/">https://powermin.gov.in/</a></p>	<p>Gestaltung der Richtlinien und Normen für die E-Ladeinfrastruktur. Das Energieministerium hat die Richtlinien für Elektroautos angepasst und das Ziel festgelegt, dass in Städten mit mehr als 4 Mio. Einwohnern mindestens eine öffentliche Ladestation in einem Netz von 3 x 3 km<sup>2</sup> vorhanden sein muss. Das Ministerium hat außerdem klargestellt, dass für Ladestationen für Elektrofahrzeuge keine gesonderte Lizenz für die Stromübertragung, -verteilung oder den Stromhandel gemäß dem Electricity Act 2003 erforderlich ist. Das Aufladen von E-Fahrzeugen soll als Dienstleistung und nicht als Verkauf von Strom betrachtet werden.</p>
<p><b>NITI Aayog</b>  New Delhi  Fax: +91-11-23096764; 23096779  E-Mail: <a href="mailto:niti@gov.in">niti@gov.in</a>  <a href="https://www.niti.gov.in/content/contact-us">https://www.niti.gov.in/content/contact-us</a>  Web: <a href="https://www.niti.gov.in/">https://www.niti.gov.in/</a></p>	<p>NITI Aayog ist die wichtigste politische Denkfabrik der indischen Regierung, die richtungsweisende und politische Beiträge liefert. Neben der Entwicklung strategischer und langfristiger Strategien und Programme für die indische Regierung bietet NITI Aayog auch relevante technische Beratung für das Zentrum, die Bundesstaaten und die Unionsterritorien.</p>
<p><b>Power System Operation Corporation Limited</b>  B-9, Qutb Institutional Area, Katwaria Sarai  New Delhi 110016  Tel.: +91 1147472140  E-Mail: <a href="mailto:pri@posoco.in">pri@posoco.in</a>  Web: <a href="http://posoco.in/">http://posoco.in/</a></p>	<p>Verantwortlich für die Energieinfrastruktur Indiens.</p>

---

## Staatliche Institutionen auf Landesebene

---

<b>Assam Energy Development Agency</b> Bigyan Bhawan, Near IDBI Building, ABC, G.C. Road Guwahati - 781005 Tel.: 0361-2450147, 2450646 & 2464618 E-Mail: <a href="mailto:assamrenewable@gmail.com">assamrenewable@gmail.com</a> Web: <a href="http://aeda.assam.gov.in/">http://aeda.assam.gov.in/</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Assam.
<b>Bihar Renewable Energy Development Agency</b> 3rd Floor, Sone Bhawan Birchand Patel Marg Patna - 800001 Tel.: 0612-2505734 E-Mail: <a href="mailto:breda@breda.in">breda@breda.in</a> Web: <a href="https://www.breda.bih.nic.in/">https://www.breda.bih.nic.in/</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Bihar.
<b>Gujarat Energy Development Agency</b> 4th Floor, Block No. 11 & 12, Udyog Bhavam Sector-11 Gandhinagar - 382017 Tel.: +91-079-23257251, 23257253 E-Mail: <a href="mailto:info@geda.org.in">info@geda.org.in</a> Web: <a href="http://geda.gujarat.gov.in">http://geda.gujarat.gov.in</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Gujarat.
<b>Himachal Pradesh Energy Development Agency</b> Armsdale Building, H.P. Secretariat Shimla - 171009 Tel.: +91 0177 2621430, +91 0177 2628069 E-Mail: <a href="mailto:himurja-hp@nic.in">himurja-hp@nic.in</a> Web: <a href="https://himurja.hp.gov.in/">https://himurja.hp.gov.in/</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Himachal Pradesh.
<b>Jammu &amp; Kashmir Energy Development Agency</b> 16-New Rehari Rehari - 180005 Tel.: 01912546492 E-Mail: <a href="mailto:ceojakeda@gmail.com">ceojakeda@gmail.com</a> Web: <a href="http://jakeda.jk.gov.in">http://jakeda.jk.gov.in</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Jammu & Kashmir.
<b>Jharkhand Renewable Energy Development Agency</b> 3rd Floor, SLDC Building, Kusai, Doranda Ranchi – 834002 Tel.: +91-0651-2491161 E-Mail: <a href="mailto:info@jreda.com">info@jreda.com</a> Web: <a href="https://www.jreda.com/">https://www.jreda.com/</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Jharkhand.

---

<b>Karnataka Renewable Energy Development Agency</b> #39, "Shantigruha" Bharath Scouts & Guides Building, Palace Road Bangalore - 560001 Tel.: 0836-2772983 E-Mail: <a href="mailto:kredlmd@gmail.com">kredlmd@gmail.com</a> Web: <a href="http://kredlinfo.in">http://kredlinfo.in</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Karnataka.
<b>Maharashtra Energy Development Agency</b> MHADA Commerical Complex, 1st Floor, Opp.: Tridal Nagar, Yerwada Pune - 411006 Tel.: 91-020-35000450 E-Mail: <a href="mailto:meda@mahaurja.com">meda@mahaurja.com</a> Web: <a href="http://www.mahaurja.com">http://www.mahaurja.com</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Maharashtra.
<b>Meghalaya Non-Conventional and Rural Energy Development Agency</b> Near BSF Camp, P.O. Mawpat Shillong - 793012 Tel.: 0364-2537343 E-Mail: - Web: <a href="http://mnreda.gov.in">http://mnreda.gov.in</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Meghalaya.
<b>Odisha Renewable Energy Development Agency</b> S-59 Mancheswar Industrial Estate Bhubaneswar - 751010 Tel.: - E-Mail: - Web: <a href="https://oredaodisha.com/">https://oredaodisha.com/</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Odisha
<b>Punjab Energy Development Agency</b> Solar Passive Complex, Plot No. 1 & 2, Sector 33-D Chandigarh - 160020 Tel.: 0172-2663382 E-Mail: <a href="mailto:ceo@peda.gov.in">ceo@peda.gov.in</a> Web: <a href="https://www.peda.gov.in/">https://www.peda.gov.in/</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Punjab.
<b>Rajasthan Renewable Energy Corporation Ltd.</b> E-166, Vudhishtir Marg, C-Scheme Jaipur - 302005 Tel.: 0141-2293814 E-Mail: <a href="mailto:se.mis@rvpn.co.in">se.mis@rvpn.co.in</a> Web: <a href="http://energy.rajasthan.gov.in">http://energy.rajasthan.gov.in</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Rajasthan.
<b>Uttar Pradesh New &amp; Renewable Energy Development Agency</b> Vibhuti Khand Gomti Nagar Lucknow - 226010 Tel.: 9415609016 E-Mail: - Web: <a href="http://upneda.org.in">http://upneda.org.in</a>	Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Uttar Pradesh.

---

**Uttarakhand Renewable Energy Development Agency** Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat Uttarakhand.

Energy Park Campus, Industrial Area, Patel Nagar

Dehradun - 248001

Tel.: 0135-2521553

E-Mail: [cpo.uredahq@gmail.com](mailto:cpo.uredahq@gmail.com)

Web : <http://ureda.uk.gov.in>

---

**West Bengal Renewable Energy Development Agency** Staatliche Einrichtung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Staat West Bengalen.

Bikalpa Shakti Bhawan, Plot No. J-1/10, Sector-V, EP & GP Block, Salt Lake Electronics Complex

Kolkata - 700091

Tel.: 033-2357-5038/ 5348/ 6568

E-Mail: [bpranab128@gmail.com](mailto:bpranab128@gmail.com)

Web: <http://www.wbreda.org/>

---

## **Branchenverbände**

---

### **Automotive Component Manufacturers Association of India (ACMA)**

The Capital Court, 6th Floor, Olof Palme Marg Munirka, New Delhi - 110067

Tel.: +91-11-26160315

E-Mail: [acma@acma.in](mailto:acma@acma.in)

Web: <https://www.acma.in/>

---

Die Automotive Component Manufacturers Association of India (ACMA) gehört zu den führenden Verbänden in der indischen Automobilzuliefererindustrie. Die über 850 Mitglieder des Verbandes tragen zu mehr als 85% des Umsatzes der Automobilzulieferindustrie bei.

### **Bridge to India (BTI)**

N-117, Block N, Panchsheel Park North, Panchsheel Park

New Delhi, Delhi – 110017

Tel.: +91 124-4204003

E-Mail: [contact@bridgetoindia.com](mailto:contact@bridgetoindia.com)

Web: <https://bridgetoindia.com/>

---

BRIDGE TO INDIA ist ein auf Clean Energy spezialisiertes Beratungs- und Forschungsunternehmen. Das Institut bietet allen Akteuren der Branche umfassende wissenschaftliche Dienstleistungen in den Bereichen Geschäftsstrategie, Marktumfeld, Regierungspolitik und Finanzen an.

### **Confederation of Indian Industry (CII)**

The Mantosh Sondhi Centre, 23, Institutional Area, Lodi Road

New Delhi - 110003

Tel.: +91 11 45771000 / 24629994-7

Fax: +91 11 24626149

E-Mail: [info@cii.in](mailto:info@cii.in)

Web: <https://www.cii.in/>

---

Die Confederation of Indian Industry (CII) setzt sich für die Schaffung und Erhaltung eines günstigen Umfelds für die Entwicklung Indiens ein, indem sie durch Beratungs- und Vermittlungsprozesse Partnerschaften zwischen Industrie, Regierung und Zivilgesellschaft herstellt.

### **India Energy Storage Alliance (IESA)**

A-501, G-O Square, Aundh-Hinjewadi Link Road, Wakad, Pune-411057. INDIA

Tel.: +91 9699719818

E-Mail: [contact@indiaesa.info](mailto:contact@indiaesa.info)

Web: <https://indiaesa.info/>

---

Die India Energy Storage Alliance (IESA) ist die führende Allianz, die sich auf die Förderung fortschrittlicher Energiespeicher-, grüner Wasserstoff- und E-Mobilitäts-Technologien in Indien konzentriert.

---

**Indo German Energy Forum (IGEF)**

1st Floor, B-5/2, Safdarjung Enclave  
New Delhi - 110 029

Tel.: +91 11 4949 5353

E-Mail: [communications@energyforum.in](mailto:communications@energyforum.in)

Web: <https://www.energyforum.in/home/>

Seit seiner Gründung im Jahr 2006 hat das Indo-German Energy Forum die deutsch-indische Zusammenarbeit in den Bereichen Energiesicherheit, Energieeffizienz und erneuerbare Energien, Investitionen in Energieprojekte sowie gemeinsame Forschung und Entwicklung erfolgreich gestärkt.

---

**National Solar Energy Federation of India (NSEFI)**

702 Chiranjiv Tower, 43, Nehru Place  
New Delhi, Delhi – 110019

Tel.: +91 011-26215236

E-Mail: [admin@nsefi.in](mailto:admin@nsefi.in)

Web: <https://www.nsefi.in/>

Die National Solar Energy Federation of India (NSEFI) ist ein Dachverband aller Interessenvertreter der Solarenergie in Indien. Er arbeitet im Bereich der politischen Interessenvertretung und ist eine nationale Plattform für alle Fragen im Zusammenhang mit dem Ausbau der Solarenergie in Indien.

---

**Ola Mobility Institute**

2, Hosur Rd, Koramangala Industrial Layout,  
Koramangala, Bengaluru,  
Karnataka 560095

Tel.: -

E-Mail: [mobilityinstitute@olacabs.com](mailto:mobilityinstitute@olacabs.com)

Web: <https://www.olacabs.com/>

OMI ist in den Bereichen Herstellung, Aufbau robuster Ladenetzwerke, Förderung der Einführung von emissionsfreien Fahrzeugen, Entsorgung von Fahrzeugen und Batterien usw. tätig.

---

**PHD Chamber of Commerce and Industry**

PHD House, 4/2 Siri Institutional Area August  
Kranti Marg

New Delhi - 110016

Tel.: 91-11-26863801-04, 49545454

Fax: 91-11-26855450, 49545451

E-Mail: [phdcci@phdcci.in](mailto:phdcci@phdcci.in)

Web: <https://www.phdcci.in/>

Die 1905 gegründete PHD Industrie- und Handelskammer ist eine proaktive und dynamische nationale Organisation, die an der unteren Ebene arbeitet und starke nationale und internationale Verbindungen unterhält.

---

**Associated Chambers of Commerce & Industry of India**

ASSOCHAM Corporate Office 5, Sardar Patel  
Marg

New Delhi 110021

Tel.: +91 94150 34083

E-Mail: [manesh.sharma@assochem.com](mailto:manesh.sharma@assochem.com)

Web: [www.assochem.org](http://www.assochem.org)

Verband, Interessenvertretung. Die Organisation vertritt die Interessen von Handel und Gewerbe in Indien und fungiert als Schnittstelle zwischen Problemen und Initiativen. Ziel dieser Organisation ist es, den inländischen und internationalen Handel zu fördern, Handelsschranken abzubauen und gleichzeitig ein günstiges Umfeld für das Wachstum von Handel und Industrie in Indien zu schaffen.

---

**Society of Indian Automobile Manufacturers (SIAM)**

Core 4-B, 5th Floor, India Habitat Centre Lodhi  
Road

New Delhi - 110003

Tel.: +91-11-24647810 -12, 91-11-47103010

Fax: +91-11-24648222

E-Mail: [siam@siam.in](mailto:siam@siam.in)

Web: <https://www.siam.in/>

Die Society of Indian Automobile Manufacturers (SIAM) ist ein gemeinnütziger nationaler Verband, der alle großen Fahrzeug- und Motorenhersteller in Indien vertritt. Die Organisation setzt sich dafür ein, die Wettbewerbsfähigkeit der indischen Automobilindustrie zu verbessern, die Kosten für Fahrzeuge zu senken, die Produktivität zu steigern und globale Qualitätsstandards zu erreichen.



<b>TERI (The Energy and Resources Institute)</b> Darbari Seth Block, India Habitat Centre, Lodhi Road 110003 - New Delhi Tel.: (+91 11) 2468 2100 E-Mail: <a href="mailto:mailbox@teri.res.in">mailbox@teri.res.in</a> Web: <a href="http://www.teriin.org">www.teriin.org</a>	Vision innovative Lösungen für eine nachhaltige Zukunft zu finden.
<b>World Bank</b> 70, Lodhi Estate New Delhi – 110003 Tel.: - E-Mail: <a href="mailto:smozumder@worldbank.org">smozumder@worldbank.org</a> Web: <a href="http://www.worldbank.org/en/country/india">www.worldbank.org/en/country/india</a>	Die Weltbank unterstützt die Regierung bei Vorhaben, indem sie zur Stärkung der Politik, der Institutionen und der Investitionen beiträgt, um eine bessere Zukunft für das Land und die Menschen durch eine grüne, widerstandsfähige und integrative Entwicklung zu schaffen.
<b>World Institute of Sustainable Energy (WISE)</b> Plot No. 44, Hindustan Estates, Road No. 2, Kalyani Nagar 411006 – Pune Tel.: +91-20-26613832 E-Mail: <a href="mailto:wiseinfo@wisein.org">wiseinfo@wisein.org</a> Web: <a href="http://www.wisein.org">www.wisein.org</a>	Non-Profit-Institution in Pune mit dem Ziel, für nachhaltige Energie zu werben.
<b>Presse/Internetportale</b>	
<b>emobilityplus (FirstView group)</b> Plot 82, Lane5, Sector 8A, CBD Belapur, Navi Mumbai 400614 Tel.: - E-Mail: <a href="mailto:info@firstviewgroup.com">info@firstviewgroup.com</a> Web: <a href="https://emobilityplus.com/">https://emobilityplus.com/</a>	Asiens größtes und weltweit führendes Wirtschaftsmagazin für den Sektor der elektronischen und erneuerbaren Mobilität. Bietet aktuelle Branchenforschung, Informationen, neue Updates, Veranstaltungen und Networking-Möglichkeiten.
<b>EVReporter</b> E-Mail: <a href="mailto:info@evreporter.com">info@evreporter.com</a> Web: <a href="https://evreporter.com/database/">https://evreporter.com/database/</a>	EVreporter.com ist eine Online-Plattform, die Inhalte über das wachsende Ökosystem der Elektrofahrzeuge in Indien bietet. Berichtet über die neuesten Nachrichten, Expertenmeinungen, Veranstaltungen und Trends in der Elektrofahrzeugindustrie und den damit verbundenen Geschäftsbereichen.
<b>WRI India</b> 1st Floor, Godrej & Boyce Premises, Gasworks Lane, Lalbaug, Parel 400012 – Mumbai Tel.: +91 22 24713591 E-Mail: <a href="mailto:op.agarwal@wri.org">op.agarwal@wri.org</a> Web: <a href="https://www.wri.org/asia/wri-india">https://www.wri.org/asia/wri-india</a>	WRI India arbeitet mit lokalen und nationalen Regierungen, Unternehmen und der Zivilgesellschaft zusammen, um die Entwicklungsherausforderungen Indiens zu bewältigen. Will Lösungen finden, die sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch sinnvoll sind.

## Messen und Konferenzen

### Ausstellungen und Konferenzen über erneuerbare Energien, Energiespeicherung und Elektrofahrzeuge

#### **GH2 India**

<http://gh2summit.com/>

Termin und Ort: 13.-15.09.2023, NOIDA, NCR Region

Ausstellung und Konferenz über grünen Wasserstoff

### **Renewable Energy India (REI) Expo und Battery Show (Teil der REI)**

<https://renewableenergyindiaexpo.com/>

Termin und Ort: 03.-05.10.2024, Noida

Indiens führende internationale Konferenz und Ausstellung mit den Schwerpunkten Solarenergie, Windenergie, Bioenergie, Energiespeicherung, Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur.

### **India International EV Show 2023**

<https://iievshow.com/>

Termin und Ort: 01.-03.12.2023, Pune

Ausstellung mit den Schwerpunkten Elektrofahrzeuge, Komponenten, Batterien sowie dem gesamten Ökosystem für E-Mobilität

### **The smarter E India – India’s innovation hub for the new energy world**

*(Internationale Messe und Konferenz)*

<https://www.thesmartere.in/en/the-smarter-e-india>

Termin und Ort: 21.-23.02.2024, Gandhinagar, Gujarat

Mit drei parallelen Energieausstellungen ist The smarter E India Indiens Innovationsdrehscheibe für die neue Energiewelt. Sie präsentiert sektorübergreifende Energielösungen und -technologien und spiegelt das Zusammenspiel der Solar-, Energiespeicher- und Elektromobilitätsbranche wider. The smarter E India adressiert alle Schlüsselbereiche entlang der Wertschöpfungskette und bringt lokale Experten und internationale Akteure der Energiezukunft zusammen. The smarter E India verbindet die renommierten Messen Intersolar India, EES India und Power2Drive India.

### **India Energy Storage Week**

<https://www.energystorageweek.in/>

Termin und Ort: 01.-05.07.2024, New Delhi

Internationale Konferenz und Ausstellung der India Energy Storage Alliance (IESA) mit den Schwerpunkten erneuerbare Energien, Batterien, Energiespeicherlösungen, Elektrofahrzeuge, Ladeinfrastruktur und Mikronetze.

## Endnoten

---

<sup>1</sup> UN Department of Economic and Social Affairs (2023)

<sup>2</sup> World Bank (o. J.)

<sup>3</sup> United Nations (o. J.)

<sup>4</sup> World Bank (o. J.)

<sup>5</sup> 50% der Bevölkerung sind jünger und 50% sind älter.

<sup>6</sup> United Nations (o. J.)

<sup>7</sup> OECD (o. J.)

<sup>8</sup> Das BIP bezieht sich auf den Gesamtmarktwert aller Waren und Dienstleistungen, die in einem Land pro Jahr produziert werden.

<sup>9</sup> IMF (2023a)

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup> IMF (2023b)

<sup>12</sup> IMF (2023a)

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Indian Ministry of Commerce and Industry (2023)

- 
- <sup>15</sup> Department for Promotion of Industry and Internal Trade (2023)
- <sup>16</sup> Ibid.
- <sup>17</sup> Invest India (o. J.)
- <sup>18</sup> Energie aus landwirtschaftlichen und häuslichen Abfällen.
- <sup>19</sup> India Brand Equity Foundation (o. J. a)
- <sup>20</sup> India Brand Equity Foundation (o. J. a)
- <sup>21</sup> Central Electricity Authority (2022a); Ministry of New and Renewable Energies (2022)
- <sup>22</sup> Central Electricity Authority (2022a)
- <sup>23</sup> International Energy Agency (2021), S. 17.
- <sup>24</sup> Deloitte (2018), S. 5.
- <sup>25</sup> Science Direct (2020)
- <sup>26</sup> International Energy Agency (2021), S. 35.
- <sup>27</sup> Ibid., S. 34f.
- <sup>28</sup> Deloitte (2018)
- <sup>29</sup> IEEFA (2018)
- <sup>30</sup> International Energy Agency (2021)
- <sup>31</sup> Ibid., S. 209
- <sup>32</sup> Ministry of Power (2023)
- <sup>33</sup> Business Standard (2021)
- <sup>34</sup> EY (2021)
- <sup>35</sup> Government of India (2022)
- <sup>36</sup> Vasudha Foundation (2022)
- <sup>37</sup> Gaur et al. (o. J.)
- <sup>38</sup> International Energy Agency und NITI Aayog (2021), S. 41.
- <sup>39</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 26f.
- <sup>40</sup> World Bank (o. J.)
- <sup>41</sup> Vasudha Foundation (2022)
- <sup>42</sup> Central Electricity Authority (2022a)
- <sup>43</sup> India Smart Grid Forum (2019), S. 24.
- <sup>44</sup> Ibid., S. 86.
- <sup>45</sup> Press Information Bureau (2021a)
- <sup>46</sup> Press Information Bureau (2022a)
- <sup>47</sup> Global Wind Energy Council und MEC+ (2022), S. 28.
- <sup>48</sup> India Smart Grid Forum (2019), S. 23.
- <sup>49</sup> Press Information Bureau (2022b)
- <sup>50</sup> Ministry of New and Renewable Energies (2023a)
- <sup>51</sup> MEC+ (o. J.)
- <sup>52</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 37
- <sup>53</sup> Siehe: The Energy and Resources Institute (2020a), S. 45f. für Emissionsintensitäten der verschiedenen Formen von Wasserstoff
- <sup>54</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 46f.
- <sup>55</sup> MEC+ (o. J.)
- <sup>56</sup> Ministry of New and Renewable Energies (2023a)
- <sup>57</sup> IESA (2019)
- <sup>58</sup> Council on Energy, Environment and Water (2020a), S. 11f.
- <sup>59</sup> Ministry of New and Renewable Energies (2023a), S. 4.
- <sup>60</sup> EPO und IRENA (2022), S. 5.
- <sup>61</sup> International Energy Agency und NITI Aayog (2021), S. 46.
- <sup>62</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 33.
- <sup>63</sup> Hydrogen Europe (2023), S. 17.
- <sup>64</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 35.
- <sup>65</sup> Office of the Principal Scientific Adviser to the Government of India (2023), S. 10.
- <sup>66</sup> ZVEI (2022)
- <sup>67</sup> VDMA (2021)
- <sup>68</sup> Bundesnetzagentur (2023), Stand März 2023
- <sup>69</sup> Press Information Bureau (2023a), Stand März 2023
- <sup>70</sup> Bundesministerium für Bildung und Forschung (o. J.)
- <sup>71</sup> EPO und IRENA (2022), S. 9ff.
- <sup>72</sup> International Energy Agency (o. J. a), Stand Oktober 2022
- <sup>73</sup> Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (2022)
- <sup>74</sup> VDMA (2022); VDMA (2023)
- <sup>75</sup> Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (o. J.); Centre for Science and Environment (2019)
- <sup>76</sup> NITI Aayog und RMI (2022b), S. 28.

- 
- 77 Hydrogen Europe (2023), S. 18f.  
78 International Energy Agency (o. J. b)  
79 The Energy and Resources Institute (2020a), S. 16.  
80 Siehe: Livemint (2022)  
81 Siehe: Money Control (o. J.)  
82 Siehe: Renewable Watch (2023a); Press Information Bureau (2023b)  
83 NITI Aayog und RMI (2022b), S. 28f.  
84 Council on Energy, Environment and Water (2020a), S. 11.  
85 Ibid., S. 26.  
86 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 45f.  
87 EV Reporter (2023)  
88 The Hindu (2022a)  
89 Livemint (2021a)  
90 The Economic Times (2022a)  
91 International Council on Clean Transportation (2021), S. 9.  
92 New Indian Express (2021)  
93 Livemint (2021b)  
94 Car and Bike (2023)  
95 Reuters (2023a)  
96 Exicom Power Solutions (o. J.)  
97 Handelsblatt (2021)  
98 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 76.  
99 Outlook India (2023)  
100 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022), S. 253f.  
101 Mercom India (2019)  
102 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 103.  
103 International Energy Agency (2022), S. 93.  
104 IRENA (2022), S. 40.  
105 The Energy and Resources Institute (2020a), S. 43f.  
106 Ibid., S. 33.  
107 IRENA (2020), S. 1  
108 IRENA (2021), S. 10f.  
109 International Energy Agency (2022), S. 97.  
110 The Hindu (2021)  
111 Fortune India (2022)  
112 PV Magazine (2022)  
113 Mercom India (2023a)  
114 ACME Group (2023)  
115 NITI Aayog und RMI (2022b), S. 48ff.  
116 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022), S. 153.  
117 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 27.  
118 Ibid., S. 25f.  
119 National Renewable Energy Laboratory (2021), S. 21.  
120 Ibid., S. 16.  
121 Ibid., S. 18.  
122 Ibid., S. 30.  
123 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 66.  
124 Ibid., S. 64.  
125 India Smart Grid Forum (2019), S. 14.  
126 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 66.  
127 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022), S. 7.  
128 Energyload (o. J.)  
129 NITI Aayog und RMI (2022b), S. 15.  
130 India Smart Grid Forum (2019), S. 23.  
131 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 70ff.  
132 Society of Manufacturers of Electric Vehicles (o. J.)  
133 Council on Energy, Environment and Water (2020b), S. 8f.  
134 NITI Aayog und RMI (2022b), S. 25f.  
135 NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 43.  
136 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022), S. 20f.  
137 Golem (2021)  
138 Livemint (2021c)  
139 Faradion (2021)

- 
- <sup>140</sup> Prolux Solutions (o. J.)  
<sup>141</sup> BSEF (2022)  
<sup>142</sup> PV Magazine (2023)  
<sup>143</sup> Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022), S. 19f.  
<sup>144</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 41f.  
<sup>145</sup> The Economic Times (2019)  
<sup>146</sup> Fraunhofer IFAM (o. J.)  
<sup>147</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 48.  
<sup>148</sup> JMK Research & Analytics (2019), S. 8.  
<sup>149</sup> Ibid., S. 15.  
<sup>150</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 49.  
<sup>151</sup> Reuters (2019)  
<sup>152</sup> JMK Research & Analytics (2019), S. 17.  
<sup>153</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 75f.  
<sup>154</sup> Indian Council for Research on International Economic Relations (2022), S. 176.  
<sup>155</sup> Ibid., S. 183.  
<sup>156</sup> The Economic Times (2023a)  
<sup>157</sup> Business Insider India (2023)  
<sup>158</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (o. J.)  
<sup>159</sup> Experteninterview mit Vertretern von IEEMA (Indian Electrical and Electronics Manufacturers Association)  
<sup>160</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 36ff.  
<sup>161</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 23.  
<sup>162</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 45f.  
<sup>163</sup> Dastur und NITI Aayog (2022), S. 19ff.  
<sup>164</sup> International Energy Agency (2022), S. 71.  
<sup>165</sup> Durch den Einsatz von CCS/CCU bei der Produktion von Wasserstoff im SMR-Verfahren können zwischen 60% und 95% der CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgefangen werden.  
<sup>166</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 46.  
<sup>167</sup> The Hindu (2022b)  
<sup>168</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 28; The Energy and Resources Institute (2020a), S. 38.  
<sup>169</sup> International Energy Agency (2022), S. 22.  
<sup>170</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 81.  
<sup>171</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 73f.  
<sup>172</sup> Steinberger-Wilckens und Sampson (2019)  
<sup>173</sup> Hydrogen Europe (2023), S. 16.  
<sup>174</sup> Ibid., S. 17.  
<sup>175</sup> Ibid., S. 38; The Energy and Resources Institute (2020a), S. 15.  
<sup>176</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 37.  
<sup>177</sup> McKinsey & Company (2020), S. 6.  
<sup>178</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 76.  
<sup>179</sup> Ibid., S. 77.  
<sup>180</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 63.  
<sup>181</sup> International Energy Agency (2022), S. 52ff.  
<sup>182</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 76f.  
<sup>183</sup> Ibid., S. 109f.  
<sup>184</sup> International Energy Agency und NITI Aayog (2021), S. 27.  
<sup>185</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 79.  
<sup>186</sup> Stiftung Wissenschaft und Politik (2022), S. 2.  
<sup>187</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 29f.  
<sup>188</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 48.  
<sup>189</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 33.  
<sup>190</sup> Ibid., S. 52.  
<sup>191</sup> TATA Motors (2022)  
<sup>192</sup> Ashok Leyland (2023)  
<sup>193</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 47.  
<sup>194</sup> The Energy and Resources Institute (2022), S. 27.  
<sup>195</sup> The Economic Times (2022c)  
<sup>196</sup> Times of India (2021)  
<sup>197</sup> The Energy and Resources Institute (2020a), S. 49.  
<sup>198</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 19.  
<sup>199</sup> Ibid., S. 42.  
<sup>200</sup> Ministry of Science and Technology (2023)  
<sup>201</sup> The Economic Times (2023b); The Hindu (2023a)

- 
- <sup>202</sup> Mercom India (2023b)  
<sup>203</sup> TFE Consulting (2018), S. 20.  
<sup>204</sup> Ibid., S. 20.  
<sup>205</sup> Bureau of Energy Efficiency (o. J.)  
<sup>206</sup> Experteninterview mit Chargezone  
<sup>207</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 138.  
<sup>208</sup> EV-Urjaa (o. J.)  
<sup>209</sup> The Economic Times (2022a)  
<sup>210</sup> Renewable Watch (2021)  
<sup>211</sup> PV Magazine (2023)  
<sup>212</sup> The Economic Times (2022b)  
<sup>213</sup> The Economic Times (2022c)  
<sup>214</sup> The Hindu (2023b)  
<sup>215</sup> Financial Express (2021)  
<sup>216</sup> The Economic Times (2019)  
<sup>217</sup> The Better India (2021)  
<sup>218</sup> The Hindu (2022a)  
<sup>219</sup> The Economic Times (2023c)  
<sup>220</sup> Businesswire (2023)  
<sup>221</sup> Fortune India (2022)  
<sup>222</sup> Livemint (2021b)  
<sup>223</sup> The Print (2021)  
<sup>224</sup> Council on Energy, Environment and Water (2020a)  
<sup>225</sup> Power Finance Corporation (2023), S. 77f.  
<sup>226</sup> Swedish Smart Grid Forum (2019), S. 9.  
<sup>227</sup> Society of Manufacturers of Electric Vehicles (o. J.)  
<sup>228</sup> Swedish Smart Grid Forum (2019)  
<sup>229</sup> Council on Energy, Environment and Water (2020a)  
<sup>230</sup> Council on Energy, Environment and Water (2020a); JMK Research and Analytics (2021)  
<sup>231</sup> Press Information Bureau (2018)  
<sup>232</sup> NITI Aayog und RMI (2021); Energy Storage News (2019)  
<sup>233</sup> India Business Law Journal (2020)  
<sup>234</sup> Press Information Bureau (2022b); Press Information Bureau (2022c)  
<sup>235</sup> India Today (2023)  
<sup>236</sup> Ministry of New and Renewable Energies (2023a)  
<sup>237</sup> Renewable Watch (2023b)  
<sup>238</sup> The Economic Times (2023d)  
<sup>239</sup> Ministry of New and Renewable Energies (2023b), S. 8.  
<sup>240</sup> Ministry of Power (2022)  
<sup>241</sup> Reuters (2023b)  
<sup>242</sup> The Economic Times (2021)  
<sup>243</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 62ff.  
<sup>244</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022)  
<sup>245</sup> Deloitte (2020)  
<sup>246</sup> Invest India (2022)  
<sup>247</sup> Ibid.; Business Insider India (2021); Experteninterview mit Start-up Charge Zone  
<sup>248</sup> India Brand Equity Foundation (o. J. b)  
<sup>249</sup> Council on Energy, Environment and Water (2020a)  
<sup>250</sup> Energy Efficiency Services Limited (o. J.)  
<sup>251</sup> Swedish Smart Grid Forum (2019)  
<sup>252</sup> India Today (2023)  
<sup>253</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 60.  
<sup>254</sup> Times of India (2023)  
<sup>255</sup> NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022), S. 49.  
<sup>256</sup> Stiftung Wissenschaft und Politik (2022), S. 3f.  
<sup>257</sup> Press Information Bureau (2023c)  
<sup>258</sup> Swedish Smart Grid Forum (2019)  
<sup>259</sup> NITI Aayog und RMI (2022a), S. 38.  
<sup>260</sup> Siehe: International Energy Agency und NITI Aayog (2021), S. 47.  
<sup>261</sup> Experteninterview mit IEEMA

# Quellenverzeichnis

- ACME Group (2023) | <https://www.acme.in/media-release/234/acme-group-and-indraprastha-gas-limited-sign-mou-to-jointly-supply-green-hydrogen-set-up-infrastructure->, abgerufen am 08.08.2023
- Ashok Leyland (2023) | <https://www.ashokleyland.com/in/en/customers/press-release/ashok-leyland-showcases-future-of-commercial-vehicle-industry-at-the-auto-expo-2023>, abgerufen am 08.08.2023
- BSEF (2022) | <https://lets-talk-bromine.bsef.com/2022/07/13/renewable-energy-storage-india/>, abgerufen am 08.08.2023
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (o. J.) | <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/>, abgerufen am 08.08.2023
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022) | <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/05/20220502-habeck-unterzeichnet-gemeinsame-absichtserklärung-zur-deutsch-indischen-wasserstoffkooperation.html>, abgerufen am 09.08.2023
- Bundesnetzagentur (2023) | Ladeinfrastruktur in Zahlen, Stand März 2023 | [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/E\\_Mobilitaet/Ladesaeuleninfrastruktur.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/E_Mobilitaet/Ladesaeuleninfrastruktur.html), abgerufen am 08.08.2023
- Bureau of Energy Efficiency (o. J.) | <https://evyatra.beeindia.gov.in/public-charging-stations/>, abgerufen am 08.08.2023
- Business Insider India (2021) | <https://www.businessinsider.in/business/auto/news/india-electric-vehicle-startups-charge-up-with-funding-as-ev-sales-go-up/articleshow/81643839.cms>, abgerufen am 09.08.2023
- Business Insider India (2023) | <https://www.businessinsider.in/business/startups/news/metastable-materials-secures-seed-funding-from-sequoia-indias-surge-others/articleshow/99207020.cms>, abgerufen am 08.08.2023
- Business Standard (2021) | [https://www.business-standard.com/article/economy-policy/renewable-energy-sector-in-india-gets-70-bn-investment-in-7-years-121062500953\\_1.html](https://www.business-standard.com/article/economy-policy/renewable-energy-sector-in-india-gets-70-bn-investment-in-7-years-121062500953_1.html), abgerufen am 07.08.2023
- Businesswire (2023) | <https://www.businesswire.com/news/home/20230601005437/en/Ohmium-and-NTPC-to-Partner-on-Largest-Ever-Deal-for-PEM-Electrolyzers-in-India>, abgerufen am 08.08.2023
- Car and Bike (2023) | <https://www.carandbike.com/news/hyundai-india-to-build-battery-assembly-unit-increase-production-to-85-lakh-vehicles-by-2032-3207149>, abgerufen am 08.08.2023
- Central Electricity Authority (2022a) | Executive Summary on Power Sector November-2022
- Central Electricity Authority (2022b) | National Electricity Plan (Draft): Generation Vol-1
- Centre for Science and Environment (2019) | The State of Renewable Energy in India | <https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2022/01/State-of-Renewable-Energy-in-India.pdf>, abgerufen am 08.08.2023
- Council on Energy, Environment and Water (2020a) | Financing India's Transition to Electric Vehicles: A USD 206 Billion Market Opportunity (FY21 - FY30)

Council on Energy, Environment and Water (2020b) | India's Electric Vehicle Transition: Can Electric Mobility Support India's Sustainable Economic Recovery Post COVID-19?

Dastur und NITI Aayog (2022) | Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS): Policy Framework and its Deployment Mechanism in India

Deloitte (2018) | The Evolving Energy Landscape in India | <https://www2.deloitte.com/in/en/pages/energy-and-resources/articles/the-evolving-energy-landscape-in-india.html>, abgerufen am 07.08.2023

Deloitte (2020) | Indian Electric Vehicle Segment Might Continue to Draw Investment | <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/finance/in-fa-ev-covid-noexp.pdf>, abgerufen am 09.08.2023

Department for Promotion of Industry and Internal Trade (2023) | <https://dpiit.gov.in/publications/fdi-statistics>, abgerufen am 07.08.2023

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022) | Battery Ecosystem: A Global Overview, Gap Analysis in Indian context, and Way Forward for Ecosystem Development

Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (2022) | Marktumfrage zur prognostizierten jährlichen Lieferkapazität für Elektrolyseure zur grünen Wasserstoffproduktion | [https://dwv-info.de/aktuelle\\_meldungen/dwv-marktumfrage-30-gw-elektrolyse-lieferkapazitaet-bis-2030-moeglich/](https://dwv-info.de/aktuelle_meldungen/dwv-marktumfrage-30-gw-elektrolyse-lieferkapazitaet-bis-2030-moeglich/), abgerufen am 08.08.2023

Energy Efficiency Services Limited (o. J.) | <https://eesindia.org/en/electric-vehicles/>, abgerufen am 09.08.2023

Energy Storage News (2019) | <https://www.energy-storage.news/india-approves-national-mission-on-transformative-mobility-and-battery-storage/>, abgerufen am 09.08.2023

Energyload (o. J.) | <https://energyload.eu/stromspeicher/feststoffbatterien/>, abgerufen am 08.08.2023

EPO und IRENA (2022) | Patent insight report: Innovation trends in electrolyzers for hydrogen production

EV Reporter (2023) | <https://evreporter.com/lithium-ion-battery-manufacturing-in-india/>, abgerufen am 08.08.2023

EV-Urjaa (o. J.) | <https://evurjaa.com/>, abgerufen am 08.08.2023

Exicom Power Solutions (o. J.) | <https://www.exicom.in/next-gen.html>, abgerufen am 08.08.2023

EY (2021) | [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/power-and-utilities/ey-recai-58th-edition-october-2021-final.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/power-and-utilities/ey-recai-58th-edition-october-2021-final.pdf), abgerufen am 07.08.2023

Faradion (2021) | <https://faradion.co.uk/reliance-new-energy-solar-to-acquire-faradion-limited/>, abgerufen am 08.08.2023

Financial Express (2021) | <https://www.financialexpress.com/industry/indian-oil-corporation-to-build-green-hydrogen-plant-at-mathura-refinery/2296759/>, abgerufen am 08.08.2023

Fortune India (2022) | <https://www.fortuneindia.com/enterprise/ril-to-accelerate-global-collaborations-for-giga-factories/106897>, abgerufen am 08.08.2023

Fraunhofer IFAM (o. J.) | <https://www.ifam.fraunhofer.de/de/magazin/metall-luft-batterien-und-gasdiffusionselektroden.html>, abgerufen am 08.08.2023



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (o. J.) | <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/wasserstofftechnologien-und-elektrische-energiespeicher/batteriesystemtechnik/batteriemanagementsysteme-und-zustandsbestimmung.html>, abgerufen am 08.08.2023

Gaur et al. (o. J.) | Analysing the Electricity Demand Pattern | <https://www.iitk.ac.in/npsc/Papers/NPSC2016/1570293957.pdf>, abgerufen am 07.08.2023

Global Wind Energy Council and MEC+ (2022) | Renewing wind growth to power the transition: India wind energy market outlook 2026

Golem (2021) | <https://www.golem.de/news/akkutechnik-und-e-mobilitaet-natrium-ionen-akkus-werden-echte-lithium-alternative-2106-156863.html>, abgerufen am 08.08.2023

Government of India (2022) | <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-08/India%20Updated%20First%20Nationally%20Determined%20Contrib.pdf>, abgerufen am 07.08.2023

Greenko Group (o. J.) | <https://greenkogroup.com/IR2018-19/our-projects-in-pipeline.php>, abgerufen am 08.08.2023

Handelsblatt (2021) | <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/tesla-elon-musks-riskante-indien-wette/26824884.html?ticket=ST-10820710-zq3hsinzIfI2S2QtGci-ap2>, abgerufen am 08.08.2023

Hydrogen Europe (2023) | Clean Ammonia In The Future Energy System

IEEFA (2018) | <https://ieefa.org/ieefa-india-new-national-electricity-plan-reinforces-intent-toward-275-gigawatts-of-renewables-generated-electricity-by-2027/>, abgerufen am 07.08.2023

IESA (2019) | [https://indiaesa.info/media/downloadfiles/EV\\_Report\\_Brochure\\_234429529.pdf](https://indiaesa.info/media/downloadfiles/EV_Report_Brochure_234429529.pdf), abgerufen am 08.08.2023

IMF (2023a) | World Economic Outlook Database | <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/April>, abgerufen am 07.08.2023

IMF (2023b) | Policy Priorities for the G20: One Earth, One Family, One Future | <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2023/02/22/policy-priorities-for-the-g20-one-earth-one-family-one-future>, abgerufen am 07.08.2023

India Brand Equity Foundation (o. J. a) | Power sector in India | <https://www.ibef.org/industry/power-sector-india>, abgerufen am 07.08.2023

India Brand Equity Foundation (o. J. b) | Automobile Industry in India | <https://www.ibef.org/industry/india-automobiles.aspx>, abgerufen am 09.08.2023

India Business Law Journal (2020) | <https://law.asia/analyzing-pli-scheme-battery-manufacturing/>, abgerufen am 08.08.2023

India Smart Grid Forum (2019) | Energy Storage System: Roadmap for India: 2019-2032

India Today (2023) | <https://www.indiatoday.in/auto/story/union-budget-2023-24-govt-removes-customs-duty-on-import-of-goods-machinery-for-making-li-ion-cells-2329164-2023-02-01>, abgerufen am 08.08.2023

Indian Council for Research on International Economic Relations (2022) | Understanding Investment, Trade, and Battery Waste Management Linkages for a Globally Competitive EV Manufacturing Sector

Indian Ministry of Commerce and Industry (2023) | <https://dashboard.commerce.gov.in/commercedashboard.aspx>, abgerufen am 07.08.2023

International Council on Clean Transportation (2021) | Battery capacity needed to power electric vehicles in India from 2020 to 2035 | <https://theicct.org/publication/battery-capacity-needed-to-power-electric-vehicles-in-india-from-2020-to-2035/>, abgerufen am 08.08.2023

International Energy Agency (2021) | India Energy Outlook 2021

International Energy Agency (2022) | Global Hydrogen Review 2022

International Energy Agency (o. J. a) | Hydrogen Projects Database, Stand Oktober 2022 | <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-projects-database>, abgerufen am 08.08.2023

International Energy Agency (o. J. b) | <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020/transformation>, abgerufen am 08.08.2023

International Energy Agency und NITI Aayog (2021) | Renewables Integration in India

Invest India (2022) | <https://www.investindia.gov.in/team-india-blogs/electric-vehicle-ev-sector-india-boost-both-economy-and-environment>, abgerufen am 09.08.2023

Invest India (o. J.) | Renewable Energy | <https://www.investindia.gov.in/sector/renewable-energy>, abgerufen am 07.08.2023

IRENA (2020) | Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5<sup>0</sup>C Climate Goal

IRENA (2021) | Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs

IRENA (2022) | Renewable Power Generation Costs in 2021

JMK Research & Analytics (2019) | Recycling of Lithium-ion batteries in India

JMK Research and Analytics (2021) | Electric Two-Wheeler: India Market Outlook, June 2021 | <https://jmkresearch.com/electric-vehicles-published-reports/electric-two-wheeler-india-market-outlook-2/>, abgerufen am 09.08.2023

Livemint (2021a) | <https://www.livemint.com/companies/news/amara-rajya-begins-work-on-lithium-ion-cells-sets-up-research-hub-at-tirupati-11613903912913.html>, abgerufen am 08.08.2023

Livemint (2021b) | <https://www.livemint.com/companies/news/suzuki-toshiba-to-make-gujarat-li-ion-unit-an-export-hub-11612464060165.html>, abgerufen am 08.08.2023

Livemint (2021c) | <https://www.livemint.com/companies/news/reliance-new-energy-solar-ltd-to-acquire-uk-s-faradion-for-100-million-pounds-11640919980914.html>, abgerufen am 08.08.2023

Livemint (2022) | <https://www.livemint.com/companies/news/riil-aims-transition-to-green-hydrogen-production-by-2025-11661775920745.html>, abgerufen am 08.08.2023

McKinsey & Company (2020) | Decarbonization challenge for steel: Hydrogen as a solution in Europe

MEC+ (o. J.) | <https://www.mecintelligence.com/mec-perspectives/articles/greening-India's-Hydrogen>, abgerufen am 08.08.2023

Mercom India (2019) | <https://www.mercomindia.com/tata-chemicals-lion-plant-india>, abgerufen am 08.08.2023

Mercom India (2023a) | <https://www.mercomindia.com/greenko-export-green-ammonia-uniper>, abgerufen am 08.08.2023

Mercom India (2023b) | <https://www.mercomindia.com/shipping-ministry-develop-ports-as-hydrogen-hubs>, abgerufen am 08.08.2023

Ministry of New and Renewable Energies (2022) | [https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file\\_s-1673341299172.pdf](https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_s-1673341299172.pdf), abgerufen am 07.08.2023

Ministry of New and Renewable Energies (2023a) | National Green Hydrogen Mission | [https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file\\_f-1673581748609.pdf](https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1673581748609.pdf), abgerufen am 08.08.2023

Ministry of New and Renewable Energies (2023b) | [https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file\\_f-1687964057675.pdf](https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1687964057675.pdf), abgerufen am 09.08.2023

Ministry of Power (2022) | Green Hydrogen Policy | [https://powermin.gov.in/sites/default/files/Green\\_Hydrogen\\_Policy.pdf](https://powermin.gov.in/sites/default/files/Green_Hydrogen_Policy.pdf), abgerufen am 09.08.2023

Ministry of Power (2023) | <https://powermin.gov.in/en/content/overview-0>, abgerufen am 07.08.2023

Ministry of Science and Technology (2023) | Guidelines For Hydrogen Valley Innovation Cluster | [https://dst.gov.in/sites/default/files/Guidelines%20for%20Hydrogen%20Valley%20Innovation%20Cluster\\_0.pdf](https://dst.gov.in/sites/default/files/Guidelines%20for%20Hydrogen%20Valley%20Innovation%20Cluster_0.pdf), abgerufen am 08.08.2023

Money Control (o. J.) | <https://www.moneycontrol.com/news/business/economy/adani-group-in-pact-with-ballard-for-hydrogen-fuel-cells-in-india-8144311.html>, abgerufen am 08.08.2023

National Renewable Energy Laboratory (2021) | Energy Storage in South Asia: Understanding the Role of Grid-Connected Energy Storage in South Asia's Power Sector Transformation.

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (o. J.) | <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/schwerpunkte/ag-5/>, abgerufen am 08.08.2023

New Indian Express (2021) | <https://www.newindianexpress.com/business/2021/dec/31/reliance-buys-british-battery-firm-for-gbp-100-million-2401605.html#:~:text=Reliance%20is%20also%20in%20discussion,the%20transformation%20of%20the%20company>, abgerufen am 08.08.2023

NITI Aayog und Green Growth Equity Fund Technical Cooperation Facility (2022) | Advanced Chemistry Cell Battery Reuse and Recycling Market in India

NITI Aayog und RMI (2021): Mobilising Finance for EVs in India. A Toolkit of Solutions to mitigate Risks and address Market Barriers

NITI Aayog und RMI (2022a) | Harnessing Green Hydrogen: Opportunities For Deep Decarbonisation In India

NITI Aayog und RMI (2022b) | Need for Advanced Chemistry Cell Energy Storage in India (Part I Of III)

OECD (o. J.) | OECD Data | <https://data.oecd.org/>, abgerufen am 07.08.2023

Office of the Principal Scientific Adviser to the Government of India (2023) | Technical Roadmap For Deployment Of Zero-Emission Trucking In India

Outlook India (2023) | <https://planet.outlookindia.com/news/global-li-ion-battery-recycling-market-to-be-worth-6-9-billion-by-2030-news-415029>, abgerufen am 08.08.2023

Power Finance Corporation (2023) | Report On Performance Of Power Utilities 2021-22 | [https://www.pfcindia.com/DocumentRepository/ckfinder/files/Operations/Performance\\_Reports\\_of\\_State\\_Power\\_Utilities/Report%20on%20Performance%20of%20Power%20Utilities%20-%202021-22%20%20updated%20up%20to%20May%202023.pdf](https://www.pfcindia.com/DocumentRepository/ckfinder/files/Operations/Performance_Reports_of_State_Power_Utilities/Report%20on%20Performance%20of%20Power%20Utilities%20-%202021-22%20%20updated%20up%20to%20May%202023.pdf), abgerufen am 08.08.2023

Press Information Bureau (2018) | <https://pib.gov.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=181698>, abgerufen am 09.08.2023

Press Information Bureau (2021a) | <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1784161>, abgerufen am 07.08.2023

Press Information Bureau (2021b) | <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1742793>, abgerufen am 09.08.2023

Press Information Bureau (2022a) | <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1842704>, abgerufen am 07.08.2023

Press Information Bureau (2022b) | <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1846078>, abgerufen am 07.08.2023

Press Information Bureau (2022c) | <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1790139>, abgerufen am 08.08.2023

Press Information Bureau (2023a) | <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1910392>, abgerufen am 08.08.2023

Press Information Bureau (2023b) | <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1906823>, abgerufen am 08.08.2023

Press Information Bureau (2023c) | <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1905863>, abgerufen am 08.08.2023

Prolux Solutions (o. J.) | <https://www.prolux-solutions.com/de/de/flussbatterie>, abgerufen am 08.08.2023

PV Magazine (2022) | <https://www.pv-magazine-india.com/2022/11/04/acme-to-invest-6-3-billion-in-green-hydrogen-ammonia-project-in-karnataka/>, abgerufen am 08.08.2023

PV Magazine (2023) | <https://www.pv-magazine.com/2023/01/18/indias-delectrik-systems-starts-commercial-production-of-containerized-redox-flow-battery-systems/>, abgerufen am 08.08.2023

Renewable Watch (2021) | <https://renewablewatch.in/2021/11/25/bpcl-plans-a-green-hydrogen-plant-in-madhya-pradesh/>, abgerufen am 08.08.2023

Renewable Watch (2023a) | <https://renewablewatch.in/2023/05/30/net-zero-pathway-status-and-outlook-of-the-green-hydrogen-market/>, abgerufen am 08.08.2023

- Renewable Watch (2023b) | <https://renewablewatch.in/2023/01/27/h2-roadmap-government-greenlights-the-national-green-hydrogen-mission/>, abgerufen am 09.08.2023
- Reuters (2019) | <https://www.reuters.com/graphics/ELECTRIC-VEHICLES-METALS/010092JB38P/index.html>, abgerufen am 08.08.2023
- Reuters (2023a) | <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/tesla-serious-establishing-india-production-innovation-base-minister-says-2023-05-19/>, abgerufen am 08.08.2023
- Reuters (2023b) | <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/india-extend-export-incentive-scheme-green-hydrogen-fuel-sources-2023-01-20/>, abgerufen am 09.08.2023
- Science Direct (2020): Assessment of Indian bioenergy policy for sustainable environment and its impact for rural India | <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517306869>, abgerufen am 07.08.2023
- Society of Manufacturers of Electric Vehicles (o. J.) | <https://www.smev.in/statistics>, abgerufen am 07.08.2023
- Steinberger-Wilckens und Sampson (2019) | Market, Commercialization, and Deployment—Toward Appreciating Total Owner Cost of Hydrogen Energy Technologies | <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128142516000083>, abgerufen am 08.08.2023
- Stiftung Wissenschaft und Politik (2022) | Elektrolyseure für die Wasserstoffrevolution: Herausforderungen, Abhängigkeiten und Lösungsansätze
- Swedish Smart Grid Forum (2019) | Electromobility & India: Opportunities For Engagement | [https://sibc.se/sites/default/files/2020-03/emobility\\_india.pdf](https://sibc.se/sites/default/files/2020-03/emobility_india.pdf), abgerufen am 08.08.2023
- TATA Motors (2022) | <https://www.tatamotors.com/press/tata-motors-has-been-making-strides-in-developing-hydrogen-fuel-cell-technology-in-india/>, abgerufen am 08.08.2023
- TFE Consulting (2018) | The case for Electric Mobility in India | <https://www.tfe.energy/project/the-case-for-electric-mobility-in-india>, abgerufen am 08.08.2023
- The Better India (2021) | <https://www.thebetterindia.com/255108/delhi-startup-earns-crores-electric-vehicle-ev-leading-battery-manufacturer-ipower-batteries-vikas-aggarwal-india-nor41/>, abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2019) | [https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/ioc-developing-batteries-from-indigenous-metals/articleshow/71572948.cms?utm\\_source=contentofinterest&utm\\_medium=text&utm\\_campaign=cppst](https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/ioc-developing-batteries-from-indigenous-metals/articleshow/71572948.cms?utm_source=contentofinterest&utm_medium=text&utm_campaign=cppst), abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2021) | <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/renewable/india-to-make-green-hydrogen-mandatory-for-user-industries/85088531?redirect=1>, abgerufen am 09.08.2023
- The Economic Times (2022a) | <https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/amara-raj-batteries-plans-to-invest-rs-9500-crore-battery-manufacturing-rd-in-telangana/articleshow/95936353.cms>, abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2022b) | <https://auto.economictimes.indiatimes.com/news/auto-components/exide-to-build-inr-6000-cr-gigawatt-scale-li-ion-plant-with-svolt-knowhow/91827174>, abgerufen am 08.08.2023

- The Economic Times (2022c) | <https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/gail-to-set-up-green-hydrogen-plant-at-guna-in-mp/articleshow/91517347.cms?from=mdr>, abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2023a) | <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/power/lohum-and-mg-motor-india-sign-pact-for-ev-battery-reuse-life-cycle-management/100779309>, abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2023b) | <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/renewable/gujarat-launches-design-for-hydrogen-valley-project/99849152>, abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2023c) | <https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/ocior-energy-signs-mou-with-gujarat-govt-to-invest-rs-40000-cr-in-green-hydrogen-ammonia/articleshow/98282006.cms>, abgerufen am 08.08.2023
- The Economic Times (2023d) | <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/renewable/indias-qli-schemes-under-the-green-hydrogen-ecosystem-a-perspective/101372149?redirect=1>, abgerufen am 09.08.2023
- The Energy and Resources Institute (2020a) | The Potential Role of Hydrogen in India: A pathway for scaling-up low carbon hydrogen across the economy
- The Energy and Resources Institute (2020b) | Make Hydrogen In India: Driving India towards the clean energy technology frontier: <https://www.teriin.org/sites/default/files/2020-06/Hydrogen-Policy-Brief.pdf>, abgerufen am 08.08.2023
- The Energy and Resources Institute (2022) | Towards a Clean Hydrogen Ecosystem: Opportunities for Indo–Dutch Cooperation
- The Hindu (2021) | <https://www.thehindu.com/business/Industry/reliance-new-energy-signs-pact-with-stiesdal/article36977435.ece>, abgerufen am 08.08.2023
- The Hindu (2022a) | <https://www.thehindubusinessline.com/companies/munoth-industries-to-commission-indias-1st-lithium-ion-cell-factory-in-andhra-pradesh/article65890387.ece>, abgerufen am 08.08.2023
- The Hindu (2022b) | <https://www.thehindubusinessline.com/companies/reliance-aims-to-be-worlds-largest-blue-hydrogen-maker/article65037415.ece>, abgerufen am 08.08.2023
- The Hindu (2023a) | <https://www.thehindu.com/news/national/kerala/kerala-looking-to-develop-hydrogen-valleys-in-capital-kochi/article66512488.ece>, abgerufen am 08.08.2023
- The Hindu (2023b) | <https://www.thehindubusinessline.com/companies/h2e-power-to-start-producing-electrolysers-from-april/article66353061.ece>, abgerufen am 08.08.2023
- The Print (2021) | <https://theprint.in/economy/indias-first-ev-battery-plant-is-coming-up-in-karnataka-hopes-to-end-dependence-on-china/636785/>, abgerufen am 08.08.2023
- Times of India (2021) | <https://timesofindia.indiatimes.com/city/ahmedabad/ntpc-guj-gas-blend-hydrogen-for-homes/articleshow/86916730.cms>, abgerufen am 08.08.2023
- Times of India (2023) | <https://timesofindia.indiatimes.com/india/gsi-discovery-makes-india-7th-largest-lithium-resource/articleshow/97807112.cms>, abgerufen am 08.08.2023

- UN Department of Economic and Social Affairs (2023) | Policy Brief No. 153: India overtakes China as the world's most populous country | <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/un-desa-policy-brief-no-153-india-overtakes-china-as-the-worlds-most-populous-country>, abgerufen am 07.08.2023
- United Nations (o. J.) | UN Population Division Data Portal | <https://population.un.org/dataportal/home>, abgerufen am 07.08.2023
- Vasudha Foundation (2022) | <https://www.vasudha-foundation.org/indias-electricity-transition-and-challenge-of-peak-power-demand-part-1/>, abgerufen am 07.08.2023
- VDMA (2019) | <http://battprod.vdma.org/en/viewer/-/v2article/render/45780335>, abgerufen am 08.08.2023
- VDMA (2021) | <http://battprod.vdma.org/documents/7411591/15357859/Deutsch-Englisch-2021/e0590c62-4546-672b-16c1-10216718e446?t=327424.7>, abgerufen am 08.08.2023
- VDMA (2022) | Brennstoffzellen Branchenführer Deutschland 2022 | <https://vdma.org/documents/34570/4884699/VDMA+AG+BZ+Branchenf%C3%BChrer+Brennstoffzellen+2022+-+Update.pdf/56825bb6-a5d7-81ad-oedb-8a6ef10abc6e?t=1681388440416>, abgerufen am 08.08.2023
- VDMA (2023): Herstellerverzeichnis P2X | <https://www.vdma.org/documents/34570/4106139/VDMA+P2X4A+Herstellerverzeichnis+Juli+2023.pdf/18c0426c-a15b-7343-6779-e0a29db4fc61?t=1689750077010>, abgerufen am 08.08.2023
- World Bank (o. J.) | Open Data | <https://data.worldbank.org/>, abgerufen am 07.08.2023
- ZVEI (2022) | Deutscher Batteriemarkt setzt starkes Wachstum fort | [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Pressebereich/2022-041\\_Batterie\\_PK\\_2022/Faktenblatt\\_Batterien\\_Wachstum\\_End.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Pressebereich/2022-041_Batterie_PK_2022/Faktenblatt_Batterien_Wachstum_End.pdf), abgerufen am 08.08.2023

