



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



MITTELSTAND  
**GLOBAL**  
EXPORTINITIATIVE ENERGIE

# Sektoranalyse Mauritius

*Analyse zur Einführung der Elektromobilität auf  
Mauritius: Geschäftsszenarien für Pilotprojekte –  
eine Studie gefördert durch das Bundesministerium  
für Wirtschaft und Energie*



Durchführer



## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### Redaktion

Reiner Lemoine Institut gGmbH  
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Vorwort

### Stand

Juni 2019

### Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

### Bildnachweis

Gettyimages  
Classen Rafael/EyeEm / S. 10  
Oliver Ah Ching/EyeEm / Titel  
Westend61 / S. 12

iStockphoto  
abadonian / S. 15  
AsianDream / S. 40  
chombosan / S. 41  
Derek Brumby / S. 17  
LeoPatrizi / S. 29  
Peter-Braakmann / S. 19  
steve-goacher / S. 25, S. 36

### Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### Zentraler Bestellservice:

Telefon: 030 182722721  
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	2
Abkürzungsverzeichnis.....	3
Verzeichnis der Einheiten.....	4
Währungen.....	4
Vorwort.....	5
Zusammenfassung.....	9
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Elektromobilität und eine solarbetriebene Ladeinfrastruktur – ein Ausblick.....</b>	<b>12</b>
2.1 Derzeitiger Entwicklungsstand des internationalen Markts für Elektromobilitätslösungen.....	13
2.1.1 Personenkraftwagen, Transporter, Busse, schwere Lastkraftwagen und Roller.....	13
2.1.2 Ladeinfrastruktur.....	14
2.1.3 Herausforderungen im Hinblick auf die Marktdurchdringung.....	15
2.1.4 Geschäftsmodelle.....	17
2.1.5 Solarstrombetriebene Ladeinfrastruktur.....	20
2.2 Rahmenbedingungen für die Elektromobilität auf Mauritius.....	21
2.2.1 Politische Rahmenbedingungen für die Elektromobilität auf Mauritius.....	24
2.2.2 Bewertung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Installation, Betrieb und Wartung von solarstrombetriebenen Ladestationen.....	25
2.2.3 Aufsichtsrechtliche Rahmenbedingungen für den Stromverkauf.....	26
2.2.4 Bestandsaufnahme der Elektromobilität auf Mauritius.....	27
2.2.5 Gesamtgröße des Marktes gemessen am Fahrzeugbestand.....	27
2.2.6 Technische, wirtschaftliche und sozioökonomische Herausforderungen im Hinblick auf die Marktdurchdringung auf Mauritius.....	28
2.2.7 Position des Versorgungsunternehmens und Pläne für die Elektromobilität und die Ladeinfrastruktur.....	29
2.3 Identifizierung und Bewertung tragfähiger Teilsektoren für Pilotprojekte auf Mauritius.....	30
2.3.1 Bewertung der Teilsektoren für Pilotprojekte.....	30
2.3.2 Marktgröße der identifizierten Teilsektoren auf Mauritius.....	32
2.3.3 Mögliche Pilotprojekte für geeignete Teilsektoren.....	34
2.4 Pilotprojekte und zugehörige Geschäftsszenarien.....	37
2.4.1 Tourismus.....	37
2.4.2 Fracht und Logistik.....	38
2.4.3 Öffentlicher Nahverkehr.....	39
2.4.4 Produktion.....	40
<b>3. Fazit und Ausblick.....</b>	<b>41</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>44</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Steckertypen .....	14
Abbildung 2: Potenzial für die Solarstromerzeugung auf Mauritius .....	21
Abbildung 3: Tankstellen und Ladestationen .....	28
Abbildung 4: Stromerzeugung nach Energieträgern .....	35

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Investitionsaufwendungen und Betriebskosten eines Carports zum Aufladen von Elektrofahrzeugen mit Solarstrom .....	20
Tabelle 2: Verschiedene Rechtsvorschriften und Institutionen und deren Ziele .....	23
Tabelle 3: Verbrauchssteuersatz nach Kraftfahrzeugtypen .....	26



# Abkürzungsverzeichnis

<b>AC</b>	Alternating Current (Wechselstrom)
<b>AG</b>	Aktiengesellschaft
<b>ASB</b>	Arbeiter-Samariter-Bund
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
<b>CCS</b>	Combined Charging System (kombiniertes Ladesystem)
<b>CEB</b>	Central Electricity Board (zentrale Elektrizitätsbehörde)
<b>CEE</b>	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment (Kommission für die Regelung der Zulassung elektrischer Ausrüstungen)
<b>CHAdEMO</b>	CHArge de Move
<b>DC</b>	Direct Current (Gleichstrom)
<b>DMC</b>	Destination Management Companies (Zielgebietsagenturen)
<b>ECOWAS</b>	Economic Community of West African States (Westafrikanische Wirtschaftsgemeinschaft)
<b>ECREEE</b>	ECOWAS Centre of Renewable Energy and Energy Efficiency (Zentrum der ECOWAS für erneuerbare Energien und Energieeffizienz)
<b>EEMO</b>	Energy Efficiency Management Office (Büro für Energiesparmanagement)
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>EUREF</b>	Europäisches Energieforum
<b>e. G.</b>	eingetragene Genossenschaft
<b>FIT</b>	Feed-in-Tariff (Erzeugervergütung)
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt
<b>GIZ</b>	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>IEA</b>	International Energy Agency (Internationale Energieagentur)
<b>IPP</b>	Independent Power Producer (unabhängiger Stromerzeuger)
<b>Ltd.</b>	Limited
<b>MaaS</b>	Mobility-as-a-Service (Mobilität als Dienstleistung)
<b>MARENA</b>	Mauritius Renewable Energy Agency (mauritische Agentur für erneuerbare Energien)
<b>MIDA</b>	Maurice Ile Durable
<b>MSDG</b>	Medium Scale Distributed Generators (dezentrale Generatoren mit mittlerer Kapazität)
<b>NMT</b>	Net-Metering Systems (Net-Metering-Systeme)
<b>PEP</b>	Projektentwicklungsprogramm
<b>PHEV</b>	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeug)
<b>POI</b>	Points of Interest (Ort von Interesse)
<b>PV</b>	Photovoltaic (Photovoltaik)
<b>P+R</b>	Park and Ride
<b>RLI</b>	Reiner Lemoine Institut
<b>SADC</b>	Southern African Development Community (Südafrikanische Entwicklungsgemeinschaft)
<b>SchuKo</b>	Schutz-Kontakt
<b>KMU</b>	Kleine und mittlere Unternehmen
<b>SSDG</b>	Small Scale Distributed Generators (dezentrale Generatoren mit kleiner Kapazität)
<b>STC</b>	State Trading Cooperation (Handelsbehörde)
<b>UBP</b>	United Basalt Products
<b>URA</b>	Utility Regulatory Authority (Behörde zur Regulierung von Stromversorgern)
<b>USA</b>	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
<b>V2G</b>	Vehicle to Grid (vom Fahrzeug zum Netz)
<b>V2H</b>	Vehicle to Home (vom Fahrzeug zum Gebäude)
<b>V2X</b>	Vehicle to Everything (vom Fahrzeug zu einem anderen Ort)
<b>WBCSD</b>	World Business Council for Sustainable Development (Weltwirtschaftsrat für Nachhaltige Entwicklung)

# Verzeichnis der Einheiten

Einheit	Name	Definition
kW	Kilowatt	Leistungseinheit, entspricht eintausend Watt
MW	Megawatt	Leistungseinheit, entspricht einer Million Watt
GW	Gigawatt	Leistungseinheit, entspricht einer Milliarde Watt
kWh	Kilowattstunde	Energiemengeneinheit, entspricht eintausend Wattstunden
MWh	Megawattstunde	Energiemengeneinheit, entspricht eintausend Megawattstunden
GWh	Gigawattstunde	Energiemengeneinheit, entspricht eintausend Gigawattstunden
kVA	Kilovoltampere	Einheit der Scheinleistung in einer elektrischen Schaltung, entspricht tausend Voltampere oder tausend Watt, das Verhältnis zwischen Scheinleistung und Wirkleistung (kW) ist normalerweise 1:0,9
kWp	Kilowatt-Peak	Einheit für die Leistung eines Solarmoduls unter standardisierten Testbedingungen
GWp	Gigawatt-Peak	Einheit für die Leistung eines Solarmoduls unter standardisierten Testbedingungen
km	Kilometer	Längeneinheit, entspricht eintausend Metern
V	Volt	Einheit für das elektrische Potenzial
A	Ampere	Einheit für den elektrischen Strom
t	Tonne	Masseneinheit, entspricht eintausend Kilogramm
m <sup>2</sup>	Quadratmeter	Flächeneinheit
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer	Flächeneinheit, entspricht einer Million Quadratmetern
h	Stunde	Zeiteinheit
a	Jahr	Zeiteinheit, entspricht achttausend siebenhundertsechzig Stunden
l	Liter	Volumeneinheit

# Währungen

Abkürzungsverzeichnis	Währung	Definition
MUR	Mauritius-Rupie	Währung von Mauritius
USD	US-Dollar	Währung der USA
EUR	Euro	Währung der Europäischen Wirtschafts- und Währungsunion

Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments lag der Wechselkurs zwischen Mauritius-Rupie und US-Dollar bei 34,40 MUR : 1 USD (21.03.2019). [1]

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments lag der Wechselkurs zwischen Mauritius-Rupie und Euro bei 39,24 MUR : 1 EUR (18.03.2019). [1]

# Vorwort

Die Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) hat zusammen mit Business Mauritius eine Beratungsstudie beim Reiner Lemoine Institut (RLI) in Berlin in Auftrag gegeben, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wurde. Die Studie bietet einen umfassenden Überblick über den weltweiten Stand der Elektromobilität und stellt dar, welche Chancen und Risiken sich ergeben, wenn zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf Mauritius auf breiter Front Elektrofahrzeuge eingeführt werden. Darüber hinaus wird mit der hier vorgestellten Studie das Ziel verfolgt, die Arbeit von Business Mauritius zu verbessern und die bisherigen Bemühungen der Institution um eine Verbesserung der Energieeffizienz im Verkehrssektor des Inselstaates zu ergänzen. Die Studie ist Teil des Projektentwicklungsprogramms der deutschen Exportinitiative Energie, die kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aus der Branche der erneuerbaren Energien dabei unterstützt, in Schwellenländern Fuß zu fassen. Zu diesem Zweck werden innovative Lösungen vorgestellt, die für die Unternehmen in den betreffenden Ländern interessant sind.

Derzeit ist die Akzeptanz der Elektromobilität auf Mauritius noch relativ gering – trotz der Tatsache, dass die Entfernungen auf den Inseln im Allgemeinen so gering sind, dass die begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen kein Problem darstellt, und trotz der von der mauritischen Regierung gesetzten Anreize zur Förderung der Elektromobilität. Auch ist mit dem Nissan Leaf bereits seit 2011 ein Elektrofahrzeug-Modell auf Mauritius erhältlich. Positiv ist, dass mehrere mauritische Autohäuser die Initiative der Regierung aufgegriffen und mit der Vermarktung von Elektrofahrzeugen begonnen haben. Damit hat Mauritius gegenüber den meisten anderen Ländern der Entwicklungsgemeinschaft des südlichen Afrika (SADC) einen Vorsprung, denn in diesen Ländern werden nach wie vor keine Elektrofahrzeuge angeboten. Aufgrund der geringen Stückzahlen sind die Preise für die derzeit auf Mauritius erhältlichen Modelle jedoch noch recht hoch, was nicht allein mit den Importkosten erklärt werden kann. Im Folgenden werden einige grundsätzliche Empfehlungen ausgesprochen, um die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen im ganzen Land auf breiter Basis zu steigern.

Da die Wartung durch den jeweiligen Fahrzeughändler kein großes Problem darstellt, stellt der Direktimport von Neu- oder Gebrauchtfahrzeugen eine **günstige alternative Bezugsmöglichkeit** für Unternehmen und interessierte Privatnutzer dar. Die Elektromotoren der Fahrzeuge sind grundsätzlich wartungsfrei, da sie nur wenige bewegliche Teile umfassen, die gewartet werden müssen. Diese Arbeiten kann jede Werkstatt ausführen. Gleichzeitig weisen Elektrofahrzeuge

einen wesentlich geringeren Bremsenverschleiß auf, da das Bremsen wie bei einem Generator durch die Rückgewinnung von elektrischer Energie erfolgt. Der Stromverbrauch liegt zwischen 13 und 30 kWh/100 km. Selbst bei dem vom Central Electricity Board (zentrale Elektrizitätsbehörde) angesetzten kommerziellen Strompreis von 10 Rs/kWh belaufen sich die Stromkosten nur auf 130–300 Rs/100 km (3,25–7,50 EUR/100 km) und liegen damit deutlich unter den Kraftstoffkosten eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor. Darüber hinaus hat die Verbrauchssteuerbefreiung zu einer Minderung der höheren Anschaffungs- bzw. Investitionskosten geführt, die bei einem Elektrofahrzeug anfallen. Insgesamt liegen die Gesamtbetriebskosten eines Elektrofahrzeugs deutlich unter den Gesamtbetriebskosten eines konventionellen Fahrzeugs. Dank des emissionsfreien Betriebs fallen auch die insgesamt mit einem Elektrofahrzeug verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich geringer aus, selbst wenn das Elektrofahrzeug vollständig mit Strom aus dem aktuellen CEB-Energiemix betrieben wird.

Daneben gibt es weitere Lösungen, die dazu beitragen, Hemmnisse wie die hohen Investitionskosten und Unwägbarkeiten im Zusammenhang mit der auf Mauritius noch nicht sehr bekannten Technologie zu überwinden. Dazu zählen beispielsweise **Leasingmodelle** sowie die **Umrüstung von älteren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf Elektrobetrieb**. Diese Lösung könnte bei Fahrzeugmodellen wie Pick-ups und Allradfahrzeugen interessant sein, für die die internationalen Fahrzeughersteller noch keine Modellvarianten mit Elektroantrieb im Angebot haben, die aber auf Mauritius vor allem im gewerblichen Bereich nach wie vor sehr beliebt sind.

Um das staatliche Ziel einer Verringerung des Anteils an fossilen Energieträgern am Strommix des Landes nicht zu gefährden, hat sich die Studie insbesondere auf **solarstrombetriebene Ladelösungen** für Unternehmen konzentriert, die ihre Fahrzeugflotte künftig elektrisch betreiben wollen. Diese Lösungen eignen sich gut für sämtliche Betriebe, bei denen eine größere Anzahl an Fahrzeugen werktags und eventuell auch am Wochenende mindestens für einen bestimmten Zeitraum auf dem Firmengelände geparkt wird. In diesen Fällen können die Fahrzeuge auf dem Firmengelände geladen werden. Dabei sollten die täglich zurückgelegten Strecken jedoch überschaubar sein. Wenn die Fahrzeuge jedoch während der üblichen Geschäftszeiten, in denen die Sonneneinstrahlung in der Regel hoch ist, meistens unterwegs sind, muss über andere Lademöglichkeiten nachgedacht werden. In den derzeitigen Richtlinien des CEB ist nicht vorgesehen, dass ein Unternehmen eine

Photovoltaik-Anlage so mit seinem CEB-Netzanschluss verbindet, dass die von den Medium Scale Distributed Generators (MSDG; dezentrale Generatoren mit mittlerer Kapazität) des Unternehmens eingespeiste Strommenge überschritten wird, und zwar auch dann nicht, wenn zusätzlich ein Batteriepufferspeicher vorgehalten wird. Daher kann es für die interessierten Unternehmen notwendig sein – was technisch und wirtschaftlich auch machbar ist –, ein eigenes solarstrombetriebenes Minigrid zu errichten oder einen Teil des Strombedarfs durch eine PV-Anlage zu decken, die sich „hinter dem Stromzähler“ befindet. Dadurch lässt sich die aus dem allgemeinen Stromnetz bezogene Strommenge verringern und der Umweltvorteil der Elektrofahrzeugflotte maximieren. Bei den derzeit geltenden kommerziellen Stromtarifen des CEB sind diese Stromerzeugungslösungen in der Regel recht kostengünstig. Darüber hinaus kann ein separates firmeneigenes Minigrid nicht nur zum Aufladen von Elektrofahrzeugen genutzt werden, sondern kann auch den Strombedarf der Büros teilweise decken. Außerdem bieten bidirektionale Ladegeräte die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge als Erweiterungsbatterie zu nutzen (Vehicle-2-Grid-Technologie, V2G). Zu Zeiten, zu denen die PV-Anlage nicht genügend Strom liefert, um den Strombedarf aller an das Minigrid angebotenen Verbraucher zu decken, können die Elektrofahrzeuge mit Netzstrom geladen werden. Dazu muss lediglich der Schalter des bidirektionalen Ladegeräts umgelegt werden, sodass der Strom zum Aufladen der Elektrofahrzeuge aus dem allgemeinen Stromnetz bezogen und der in den Fahrzeugen bereits gespeicherte Strom zum Betrieb der an das Minigrid angeschlossenen Verbraucher genutzt wird. Mit der V2G-Technologie kann das Unternehmen den größtmöglichen Nutzen aus dem intelligenten Zusammenwirken seiner Elektrofahrzeuge mit seinem solarstrombetriebenen Minigrid ziehen und mit den Fahrzeugbatterien den Strombedarf seiner Büros decken (z. B. nachts oder am Wochenende). Gleichzeitig werden dabei die derzeit geltenden Beschränkungen des CEB vollständig eingehalten. Bisher stand diese Lösung nur für japanische Fahrzeuge mit dem CHAdeMO-Ladesystem zur Verfügung wie z. B. den Nissan Leaf. Bidirektionale Ladegeräte für das CCS-Ladesystem (Combined Charging System, kombiniertes Ladesystem), das vor allem in europäischen und amerikanischen Fahrzeugen verbaut wird, dürften 2019 auf den Markt kommen.

Bei **Busunternehmen und Verkehrsbetrieben** sind die jeweiligen Fahrzeuge tagsüber ständig auf der Straße, sodass nur kleine Zeitfenster zum Aufladen zur Verfügung stehen. Hinzukommt, dass die Fahrzeuge nachts an verschiedenen Orten auf der ganzen Insel geparkt werden. Dadurch ist es

für die betreffenden Unternehmen schwierig, den benötigten Strom mit eigenen PV-Anlagen zu erzeugen. Ein eigener Stromspeicher, der tagsüber aufgeladen wird und dessen Kapazität ausreicht, um die leeren Batterien eines Elektrobusse nachts wieder aufzuladen, ist sehr kostenintensiv und kommt daher wahrscheinlich nicht infrage. In diesen Fällen sind andere Lösungen erforderlich, die über ein rein privatwirtschaftliches Konzept hinausgehen, wie im Folgenden dargelegt werden wird. Kleinere Fahrzeuge von Verkehrsunternehmen, wie sie beispielsweise in der Touristikbranche eingesetzt werden, lassen sich über Nacht über eine relativ kostengünstige Wallbox laden, denn die Fahrzeuge werden nachts meistens vor der Wohnung der Fahrer geparkt. Da eine Wallbox mit einem eigenen Stromzähler versehen ist, kann das Unternehmen den Fahrern die Stromkosten unkompliziert erstatten. Bei Unternehmen, die verschiedene Verkaufsstellen beliefern müssen, oder Hotels können die Parkzeiten an dem jeweiligen Standort zum Aufladen genutzt werden, selbst wenn nur über eine normale Steckdose geladen wird. Dazu müssten entsprechende Vereinbarungen ausgehandelt werden, die nicht unter das exklusive Stromverkaufsrecht des CEB fallen. Ein weiterer Sonderfall auf Mauritius sind die Zuckerfabriken. Diese sind die wichtigsten Independent Power Producer (IPP, unabhängiger Stromerzeuger) des Landes und setzen Bagasse (inländischer erneuerbarer Energieträger) und eingeführte Kohle zur Stromerzeugung ein. Sie erhalten einen relativ geringen Erzeugertarif für den in das CEB-Netz eingespeisten Strom und erzeugen auf dem eigenen Gelände kostengünstigen Strom, den sie jedoch nur zur Deckung des Eigenbedarfs einsetzen können. Die Transport- und Logistikunternehmen, die die Zuckerfabriken anfahren, könnten ihre Transportverträge neu verhandeln. Dabei könnten sie vorschlagen, dass sie ihr neu angeschafftes Elektrofahrzeug an der Zuckerfabrik kostenlos aufladen dürfen, und dafür die Kraftstoffkosten aus den Preisen für die von der Zuckerfabrik bezogenen Leistungen herausrechnen. Dieses Vertragsmodell bietet den zusätzlichen Vorteil, dass das jeweilige Transportunternehmen seine Transportleistungen als besonders umweltfreundlich, emissionsfrei und geräuscharm bewerben könnte. Natürlich würden die stromerzeugenden Zuckerfabriken auch zu den Akteuren gehören, die von der Elektrifizierung ihrer Logistikkette am meisten profitieren, nämlich sowohl in wirtschaftlicher als auch in ökologischer Hinsicht.

Unternehmen, die ihren Mitarbeitenden Firmenwagen zur Verfügung stellen, die tagsüber auf dem Betriebsgelände geparkt sind, bietet sich eine weitere Möglichkeit, der Elektromobilität mit überschaubarem Aufwand zum



Durchbruch zu verhelfen: Sie können ältere Verbrenner nach und nach durch Elektrofahrzeuge ersetzen und geeignete Ladevorrichtungen an den Parkplätzen vorsehen. Mit einer intelligenten Ladelösung „hinter dem Stromzähler“ können diese Fahrzeuge durch eine PV-Anlage auf dem Betriebsgelände aufgeladen werden, ohne dass überschüssiger Solarstrom ins Netz eingespeist werden muss. Die dafür anfallenden Kosten liegen deutlich unter denen, die für die Anschaffung und den Betrieb von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor anfallen.

In den oben skizzierten Lösungen werden nur die **derzeit geltenden gesetzlichen Bestimmungen auf Mauritius** berücksichtigt. Es gibt jedoch gute Argumente, um die Regierung und auch das CEB davon zu überzeugen, die Regulierung des Stromsektors zu lockern, sodass sich weitere Möglichkeiten dafür ergeben, die Elektromobilität auf intelligente Weise mit der Nutzung von erneuerbaren Energien zu kombinieren. Business Mauritius sowie die aktuelle Studie der Regierung zur Strategie für die Einführung von Elektrofahrzeugen könnten diese **Forderungen** aufgreifen und die Voraussetzungen dafür schaffen, dass private Unternehmen und umweltbewusste Bürgerinnen und Bürger auf Elektromobilität setzen. Für derartige Lösungen bieten auch verschiedene deutsche KMU innovative und wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen an.

Die Regierung sollte die **Elektrifizierung des öffentlichen Nahverkehrs** durch die Errichtung von mit Solarstrom betriebenen Ladestationen an den wichtigsten städtischen Busbahnhöfen des Landes fördern. Dadurch könnten längere Haltezeiten dazu genutzt werden, die Busse für die nächste Fahrt wieder aufzuladen, ohne dass sie dazu ins Busdepot zurückfahren müssen. Dadurch würden die Energiekosten und die Betriebseffizienz der immer noch relativ teuren Elektrobusse sinken, sodass die Wettbewerbsfähigkeit der Fahrzeuge gegenüber herkömmlichen, mit Dieselkraftstoff betriebenen Bussen steigen würde. Letztere stoßen nicht nur CO<sub>2</sub> aus, sondern auch extrem gesundheitsschädlichen Dieselruß. Eine solche Maßnahme könnte bereits ausreichen, um die Busbetreibergesellschaften dazu zu bringen, auf Elektrobusse umzusteigen. Darüber hinaus könnten die Zentralregierung und die Kommunen bestimmte Buslinien nur für Elektrofahrzeuge ausschreiben und so das derzeitige Subventionssystem durch eine marktgerechte, umweltfreundliche Alternative ersetzen.

Das derzeitige Subventionssystem für **Taxis**, bei dem Neufahrzeuge für vier Jahre von Verbrauchssteuern befreit sind, verhindert, dass die Taxiunternehmen Elektrofahrzeuge anschaffen, da die Verbrauchssteuer für Elektrofahrzeuge bereits null Prozent beträgt. Dadurch sind Elektrofahrzeuge für Taxiunternehmen teurer als herkömmliche Fahrzeuge. Das bisherige Subventionssystem sollte durch eine andere Form der Steuerbegünstigung ersetzt werden, die nicht zu einer Benachteiligung von Elektrofahrzeugen führt.

Die Lastkurve auf Mauritius weist tagsüber bis in die frühen Abendstunden eine deutliche Lastspitze und nachts ein Minimum auf. Angesichts dieses Lastprofils könnte das CEB mit Unternehmen **Net-Metering-Vereinbarungen** treffen, die vorsehen, dass die Betriebe tagsüber Solarstrom in das Netz einspeisen und im Gegenzug ihre Elektrofahrzeuge, insbesondere Lastwagen und Busse, von 23.00 bis 06.00 Uhr mit Netzstrom laden. Um entsprechende Anreize für alle Stromkunden zu setzen, sollte das CEB verbrauchszeitabhängige Tarife einführen, bei denen der Strompreis nachts sinkt. Die Zeit außerhalb der Lastspitzen könnte dann zum Aufladen von Elektrofahrzeugen genutzt werden, ohne dadurch das Stromnetz zu belasten. Das CEB könnte ein solches Net-Metering-Modell zusammen mit privaten Unternehmen, die über Elektrofahrzeuge verfügen, bereits vor der gesetzlichen Einführung entsprechender Regelungen umsetzen, da ein solches Modell des CEB erhebliche Vorteile bietet. Insgesamt geht von Elektrofahrzeugen eine zusätzliche Stromnachfrage aus, die dem CEB neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnet, die bislang dem Sektor der fossilen Energieträger vorbehalten waren.

Sinnvoll wäre es ferner, wenn Business Mauritius mit der gleichen Argumentation an die Regierung herantreten und sie dazu auffordern würde, Einfluss auf das CEB zu nehmen. So sollte das CEB kommerziellen Unternehmen (und Einzelpersonen) die Möglichkeit einräumen, **für jedes Elektrofahrzeug, das sie betreiben, die entsprechende PV-Anlagenkapazität zu errichten und die PV-Anlage an das Stromnetz des CEB anzubinden**, auch wenn die netzgekoppelten Kapazitäten damit die jeweils erteilte CEB-Zulassung für MSDG bzw. Small Scale Distributed Generators (SSDG; dezentrale Generatoren mit kleiner Kapazität) überschreiten.

Klar ist auch, dass auf Mauritius nach wie vor **öffentliche Ladestationen** fehlen. Angesichts der geringen Größe des Inselstaates stellt dies jedoch für die Nutzer von Elektrofahrzeugen ein geringeres Problem dar als in vielen anderen Ländern, in denen häufig lange Strecken mit dem Auto zurückgelegt werden müssen. Derzeit fehlen vor allem im

Ostteil des Landes Ladestationen, und zwar insbesondere in der Nähe des Flughafens, im Zentrum sowie eventuell in der Technologiestadt Ebène, die täglich das Ziel zahlreicher Pendler aus allen Teilen der Insel ist. Insgesamt sind daher staatliche Subventionen zum Ausbau der Ladeinfrastruktur auf Mauritius weniger wichtig als in anderen Ländern. Lediglich am Flughafen wäre eine öffentliche Schnellladestation sinnvoll. Das CEB, das in der Technologiestadt Ebène seinen Hauptsitz hat, sollte darüber nachdenken, dort eine eigene öffentliche Ladestation zu errichten, um bei der Elektrifizierung des Verkehrssektors eine Führungsrolle zu übernehmen. Darüber hinaus kann damit gerechnet werden, dass von privaten Akteuren auch ohne staatliches Zutun öffentliche Ladestationen auf den Parkplätzen der großen Einkaufszentren errichtet werden. Dies dürfte allerdings nur der Fall sein, wenn eine gesetzliche Grundlage für die Abrechnung von Aufladeleistungen geschaffen wird, die bislang nicht existiert.

Die Tatsache, dass private Unternehmen nicht ohne Weiteres Strom an Dritte verkaufen dürfen, ist jedoch nur ein Punkt, der der sich abzeichnenden Dezentralisierung des Stromsektors entgegensteht. Business Mauritius sollte sich bei der Regierung dafür einsetzen, dass der Verkauf von Strom durch private Ökostromerzeuger vom CEB liberalisiert wird, und zwar insbesondere dann, wenn der Strom für das Aufladen von Elektrofahrzeugen genutzt wird. Dadurch könnte die Privatwirtschaft in den Markt für das Aufladen von Elektrofahrzeugen einsteigen und im Rahmen eines marktwirtschaftlichen Konzepts entsprechende Dienstleistungen

anbieten. In die gleiche Richtung zielen Netzdurchleitungsbestimmungen, die die Übertragung von Ökostrom von der Stromerzeugungsanlage an einen entfernten Standort des Unternehmens oder an ein Partnerunternehmen regeln. Solche Regelungen würden den ökologischen Umbau des Stromnetzes des CEB deutlich fördern, ohne die Netzstabilität zu gefährden. Natürlich müsste das CEB für die Stromübertragung über das allgemeine Stromnetz ein Entgelt erhalten, doch ließe sich die Netzdurchleitung wirtschaftlich und finanziell tragfähig gestalten.

Mit diesen grundsätzlichen Überlegungen soll gezeigt werden, welche Chancen die Elektromobilität auf und für Mauritius bietet. Die vorliegende Studie liefert Hintergrundinformationen und zeigt auf, welche Lösungen unter Berücksichtigung der landesspezifischen Gegebenheiten technisch sinnvoll sind und welche wirtschaftlichen Argumente für die einzelnen Lösungen sprechen. Insbesondere wird dabei auf den Zusammenhang zwischen der potenziellen Nachfrage und dem Lösungsportfolio der deutschen KMU eingegangen. Die Studienergebnisse beruhen auf Recherchen, detaillierten Simulationen und Optimierungen sowie Interviews mit Stakeholdern. Die GIZ und ich selbst – seit 2014 leidenschaftlicher Nutzer von Elektrofahrzeugen auf Mauritius – sind stolz darauf, einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Elektromobilität auf Mauritius leisten zu können, die ein wesentlicher Bestandteil eines wirklich nachhaltigen Mobilitätskonzepts ist.

Thomas Krimmel, GIZ Mauritius

# Zusammenfassung

Die internationalen Erfahrungen bei der Einführung von Elektrofahrzeugen haben gezeigt, dass neben den frühen Innovatoren und Enthusiasten vor allem der kommerzielle Sektor mit der Einführung der neuen Technologie begonnen hat. So wurden inzwischen neue Geschäftsmodelle entwickelt, die weit über die Herstellung und Lieferung von Elektroautos, Elektrotransportern, Elektrorollern und Elektrofahrrädern oder die Bereitstellung der notwendigen Ladeinfrastruktur hinausgehen. Zu diesen Geschäftsmodellen gehören auch Carsharing oder das Leasing von Elektrofahrzeugflotten. Auch wenn diese Konzepte für die Realisierung einer nachhaltigen Mobilität auf Mauritius relevant sind, wurden sie bisher noch nicht angenommen, obwohl der Anteil der Elektrofahrzeuge am gesamten Fahrzeugbestand auf Mauritius deutlich höher ist als in den meisten Nachbarländern.

Zwar sind die Kosten für die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs immer noch höher als bei vergleichbaren Modellen mit Verbrennungsmotor, doch hat die mauritische Regierung eine Zollbefreiung für die Einfuhr von Elektrofahrzeugen beschlossen, sodass ein Elektrofahrzeug inzwischen nur noch geringfügig teurer ist als ein herkömmliches Modell. Angesichts des sehr geringen Wartungsaufwands und der niedrigen Kosten stellt das fehlende Vertragshändlernetz ein vernachlässigbares Risiko dar. Die Betriebskosten eines Elektrofahrzeugs sind deutlich niedriger, selbst wenn es vollständig mit Netzstrom betrieben wird. Die Einschränkungen aufgrund der begrenzten Reichweite bestehen nach wie vor, sind aber einzelfallbezogen zu bewerten und stets zusammen mit den individuellen Anforderungen der Fahrzeugnutzer zu betrachten. Außerdem sind die Entfernungen auf Mauritius relativ kurz, was der Elektromobilität entgegenkommt, auch wenn bislang nur zwei öffentliche Schnellladestationen zur Verfügung stehen.

Grundsätzlich ist der Betrieb eines Elektrofahrzeugs mit Ökostrom noch günstiger als mit konventionell erzeugtem Strom, und zwar sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht. Selbst erzeugter Solarstrom ist in der Regel deutlich günstiger als Netzstrom, solange der Nutzer nicht komplett von Solarstrom abhängig ist. Allerdings bestehen gewisse Einschränkungen, weil die Anbindung von weiteren PV-Anlagen an das allgemeine Stromnetz und die Nutzung des allgemeinen Stromnetzes als Stromspeicher vom CEB restriktiv reguliert werden. Dies gilt selbst dann, wenn das PV-Minigrid mit einem Batteriespeicher ausgerüstet ist, um die Belastung des Stromnetzes zu minimieren. Dadurch wird eine Optimierung des Eigenverbrauchs des selbst erzeugten Solarstroms erschwert. Es gibt jedoch intelligente Ladelösungen, mit denen sich diese Probleme bewältigen lassen. Nachdem die großzügigen Einspeisevergütungen in Deutschland eingestellt wurden und Batteriespeicherlösungen wettbewerbsfähig geworden sind, haben sich mehrere deutsche Unternehmen auf diesen Bereich spezialisiert. Gerade Elektrofahrzeuge können dabei eine wichtige Rolle spielen, denn sie können als „mobile Batteriespeicher“ in das Energieversorgungssystem eingebunden werden, die bei Bedarf Strom in das firmeneigene Minigrid einspeisen.

Zwar hat diese Studie ergeben, dass die politischen Maßnahmen zur Förderung des Markts für Elektrofahrzeuge intensiviert werden sollten, doch bieten sich bereits jetzt vielversprechende Möglichkeiten für tragfähige Pilotprojekte, die der Elektromobilität in ausgewählten Teilsektoren zum Durchbruch verhelfen können.

# 1. Einleitung



Der Elektromobilitätssektor entwickelt sich derzeit rasant und befindet sich weltweit im Umbruch. In der vorliegenden Studie „Sektoranalyse zur Einführung der Elektromobilität auf Mauritius: Geschäftsszenarien für Pilotprojekte“ wurden öffentlich zugängliche Fakten, Zahlen und Statistiken über den weltweiten Markt für Elektromobilitätslösungen zusammengetragen und der aktuelle Stand der Marktentwicklung auf Mauritius dargestellt. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Verbindung der Elektromobilität mit solarstrombetriebenen Ladestationen.

Im Rahmen der Studie stehen drei Fragen im Vordergrund:

1. Welche Faktoren waren in anderen Ländern für die erfolgreiche Einführung der Elektromobilität entscheidend?
2. Welche Geschäftsmodelle haben sich bei der Verbindung einer solarstrombetriebenen Ladeinfrastruktur mit einem intelligenten Flottenmanagement bewährt?
3. Welcher Teilssektor eignet sich auf Mauritius besonders für die Einführung von Elektrofahrzeugen und eine solarstrombetriebene Ladeinfrastruktur?

Zunächst wird ein allgemeiner Überblick über die technischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten im Elektromobilitätssektor gegeben. Dabei wird insbesondere der Frage nachgegangen, wie deutsche KMU einen besseren Zugang zum mauritischen Markt für Elektromobilitätslösungen erhalten und sich als Akteure in den entsprechenden Lieferketten etablieren und behaupten können. Das Projektentwicklungsprogramm (PEP), zu der die vorliegende Studie gehört, wird vom Bundesministerium für Wirtschaft, und

Energie (BMWi) gefördert. Das übergeordnete Ziel besteht darin, die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen zu stärken. Im vorliegenden Fall geht es darum, die relevanten Akteure in Partnerländern wie Mauritius vor allem mit deutschen Unternehmen aus dem Bereich der Elektromobilität zu vernetzen. Zu diesem Zweck soll auf Mauritius das Bewusstsein für die mit der Elektromobilität verbundenen Chancen und Herausforderungen geschärft werden.

In der vorliegenden Studie wird der internationale Markt für Elektromobilitätslösungen in Kürze vorgestellt und gezeigt, dass Elektrofahrzeuge sich derzeit in vielen Ländern der Welt durchsetzen. Ein weiterer Fokus liegt auf der Verknüpfung von Solarstromerzeugung und Elektromobilität sowie den neuen Chancen, die sich auf Mauritius in diesem Zusammenhang bieten. Es folgt eine Diskussion über viel versprechende Geschäftsszenarien und Akteure, die bereits am Markt erfolgreich sind. Auf diese faktenorientierte Darstellung folgt eine Beschreibung der auf Mauritius bestehenden Markt- und Markteintrittschancen, die von deutschen Green-Tech-Unternehmen genutzt werden können. In den Schlussfolgerungen werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst.

Auf der Grundlage der Analysen werden im zweiten Teil der Studie einige tragfähige Geschäftsmodelle skizziert, um interessierten Akteuren einen schnelleren Eintritt in den mauritischen Markt für Mobilitätslösungen zu ermöglichen. In einem Abschluss-Workshop auf Mauritius wurden neue Geschäftsmodelle vorgestellt, die von privaten Unternehmen als viel versprechend für den Ausbau der Mobilitätsinfrastruktur und einer umweltfreundlichen Stromversorgung angesehen werden.



## 2. Elektromobilität und eine solarbetriebene Ladeinfrastruktur – ein Ausblick



In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Aussichten für die Elektromobilität und solarbetriebene Ladestationen bestehen. Zwar umfasst der Begriff Elektromobilität sowohl batterieelektrische als auch Brennstoffzellenfahrzeuge, doch beschränkt sich die vorliegende Studie auf batterieelektrische Mobilitätslösungen.

Zunächst werden der derzeitige Entwicklungsstand des internationalen Markts für Elektrofahrzeuge und Ladestationen sowie die entsprechenden Geschäftsmodelle im Überblick dargestellt. Dabei werden die Hindernisse und Herausforderungen sowie die Vorteile eines Umstiegs auf Elektrofahrzeuge analysiert. Bei Bedarf wird auf die spezifischen Gegebenheiten eingegangen, die auf Mauritius herrschen. Anschließend wird näher betrachtet, welche Voraussetzungen und Aussichten für die Elektromobilität auf Mauritius bestehen. Zunächst werden die politischen, technischen und aufsichtsrechtlichen Rahmenbedingungen dargestellt, die für Elektrofahrzeuge und Ladestationen auf Mauritius gelten. Anschließend wird auf den derzeitigen Bestand an Elektrofahrzeugen und Ladestationen sowie auf die im Zusammenhang mit der Marktdurchdringung bestehenden Chancen und Herausforderungen eingegangen. Auf der Grundlage dieser Analyse werden anschließend Teilspektoren und Unternehmen benannt, die sich besonders für die Durchführung von Pilotprojekten eignen. Dabei werden nach Möglichkeit Handlungsempfehlungen ausgesprochen.

## 2.1 Derzeitiger Entwicklungsstand des internationalen Markts für Elektromobilitätslösungen

Weltweit steigt die Nachfrage nach intelligenten, umweltfreundlichen Fahrzeugen, die in ein nachhaltiges und modernes Mobilitätssystem integriert sind. Der World Business Council for Sustainable Development (WBCSD; Weltwirtschaftsrat für Nachhaltige Entwicklung) [2] definiert nachhaltige Mobilität als „die Fähigkeit, den Bedürfnissen der Gesellschaft im Hinblick auf uneingeschränkte Mobilität, örtliche Zugänglichkeit, Kommunikation, Handel sowie den Aufbau von Beziehungen gerecht zu werden, ohne dadurch andere wesentliche menschliche oder ökologische Werte zu opfern, und zwar weder heute noch in Zukunft“. Mithilfe von intelligenten und innovativen Lösungen werden sichere, umweltfreundliche und komfortable Mobilitätsangebote möglich. Diese können dazu beitragen, die Angebotslücke zu schließen, die sich zwischen dem Bedarf einer schnell wachsenden Stadtbevölkerung und der vor-

handenen Verkehrsinfrastruktur aufgetan hat. Die Elektromobilität eignet sich am besten zur Realisierung solcher Lösungen. Der weltweit steigende Bedarf an Elektromobilitätslösungen bietet Direktlieferanten, (insbesondere deutschen) KMU aus den Bereichen Fahrzeugbau und erneuerbare Energien sowie neuen Akteuren viel versprechende Möglichkeiten für den Einstieg in die internationale Lieferkette der Elektromobilitätsbranche (siehe Kapitel 2.1.2 und 2.1.5). Die Frage ist also nicht, ob sich die Elektromobilität durchsetzen wird, sondern wie lange es dauert, bis Elektrofahrzeuge Normalität sind.

In Deutschland haben Elektrofahrzeuge bereits heute einen deutlichen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber herkömmlichen Fahrzeugen. So wurde für die im Jahr 2015 von der P3 Group mit Unterstützung von electrive.net veröffentlichte Studie mit dem Titel „Total Cost of Ownership Analysis for Electric Vehicles“ (Analyse der Gesamtbetriebskosten von Elektrofahrzeugen) ein konventionelles Fahrzeug mit Verbrennungsmotor mit zwei batterieelektrischen Fahrzeugen aus den Jahren 2014 und 2018 verglichen. Die Betriebskosten der Elektrofahrzeuge blieben im Untersuchungszeitraum konstant und lagen mit 0,13 EUR/km unter den Betriebskosten des Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor von 0,17 EUR/km. Das Elektrofahrzeug von 2018 wies einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber dem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor auf. Dieser Vorteil war vor allem auf die gezielte Kostenoptimierung bei den Fahrzeugbatterien zurückzuführen. [3]

### 2.1.1 Personenkraftwagen, Transporter, Busse, schwere Lastkraftwagen und Roller

Inzwischen haben fast alle großen Automobilhersteller Elektrofahrzeuge herausgebracht oder wenigstens angekündigt. [4] Die Modelle unterscheiden sich im Hinblick auf Batteriekapazität, Reichweite und Stromverbrauch. Fahrzeuge mit geringer Batteriekapazität und kurzer Reichweite eignen sich besonders für städtische Ballungsräume, in denen hauptsächlich kurze Strecken zurückgelegt werden und viele Ladestationen zur Verfügung stehen, oder für kleinere Inseln wie Mauritius. Darüber hinaus können diese Fahrzeuge auch im ländlichen Raum (z. B. für die Fuhrparks von mobilen Pflegediensten), für die Bedienung von gut geplanten Strecken oder bei zyklischen Fahrprofilen, bei denen sich eine Ladestation am Zielort befindet, sinnvoll eingesetzt werden. Fahrzeuge mit großer Batterie und entsprechender Reichweite sind prädestiniert für die Langstrecke bzw. für zahlreiche Fahrten, ohne zwischendurch nachzuladen.

Neben normalen Personenkraftwagen sind inzwischen auch Transporter, Busse und schwere Lastkraftwagen erhältlich.

Nach wie vor vollzieht sich die Energiewende im Verkehrssektor hin zur Elektromobilität jedoch vor allem in den Ländern, in denen sie von der Politik energisch vorangetrieben wird. So ist Norwegen mit einem Marktanteil von 39 Prozent bei Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeugen (PHEV) führend. [5] Bislang wurden fast alle Elektrofahrzeuge in China, Europa, Japan und den USA verkauft. Denn in diesen Ländern bzw. Weltregionen sorgen Rechtsvorschriften, Förderprogramme, ein Netz aus Ladestationen und ein allgemein höheres Bewusstsein der Bevölkerung für die Chancen der Elektromobilität dafür, dass der Markt für Elektrofahrzeuge wächst. Dies zeigt, wie sich die Elektromobilität voranbringen lässt. [5]

### 2.1.2 Ladeinfrastruktur

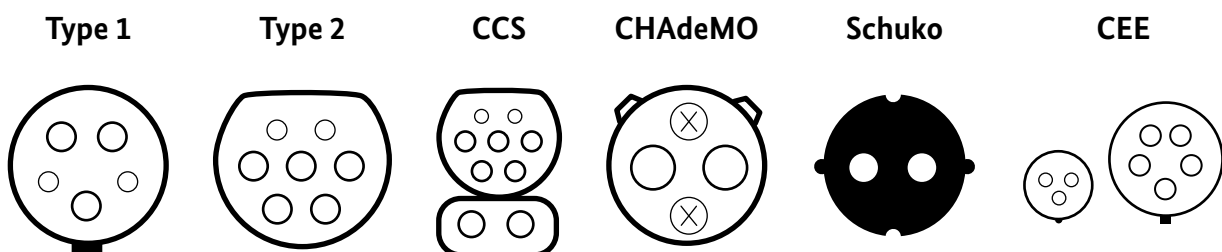
Auch wenn der weltweite Absatz von Elektrofahrzeugen 2019 auf bis zu zwei Millionen Einheiten steigen dürfte, bleiben die Herausforderungen im Zusammenhang mit Fahrzeugbatterien und Ladeinfrastruktur bestehen. Positiv ist, dass erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung von kostengünstigen, schnell aufladbaren Batterien erzielt wurden. So bieten die Elektrofahrzeughersteller seit 2017 Batterien mit einer Kapazität von mehr als 60 kWh an, wo-

durch Reichweiten von bis zu 300 Kilometern möglich sind. [6] Gleichzeitig sinken die Kosten für Lithium-Ionen-Batterien allmählich, da verstärkt in Forschung und Entwicklung investiert wird, mit dem Ziel, Festkörperbatterien zu entwickeln. Der Aufbau einer ausreichenden Ladeinfrastruktur ist jedoch noch nicht annähernd abgeschlossen. Zwar stellt die Möglichkeit, das Fahrzeug am privaten Stellplatz aufzuladen, einen großen Vorteil dar, doch werden darüber hinaus Ladestationen am Arbeitsplatz sowie öffentliche Schnellladestationen benötigt, um den Mobilitätsradius zu vergrößern und dem Autofahrer die Möglichkeit zu bieten, unterwegs Strom nachzutanken.

Es gibt verschiedene Ladestandards, die sich vor allem durch den Stecker- oder Buchsentypp (Ladesäulen- oder fahrzeugseitig) sowie den Ladestrom (Ladesäule) unterscheiden. Fahrzeugseitig werden vor allem Ladebuchsen vom Typ 1 (z. B. Kia Soul) oder Typ 2 (z. B. BMW i3) eingesetzt. Alle Fahrzeuge können sowohl mit Gleich- (DC) als auch mit Wechselstrom (AC) aufgeladen werden, wobei die Ladeleistung auf der Fahrzeugseite sich je nach Modell unterscheidet. [7]

Neben Typ 1 und Typ 2 gibt es auf der Ladesäulenseite weitere Steckertypen (siehe Abbildung 1). Typ 1 hat eine Ladeleistung von 7,4 kW und wurde hauptsächlich in Asien eingesetzt; inzwischen wird er kaum noch verwendet. Typ 2 ist der derzeit gebräuchlichste Wechselstromstecker (nicht nur in Europa) und bietet Ladeleistungen von bis zu 43 kW.

Abbildung 1: Verschiedene Steckertypen





CHAdeMo ist japanischer Ladebuchsenstandard für die Gleichstromschnellladung und ermöglicht Ladeleistungen von bis zu 150 kW. Über die CHAdeMo-Ladebuchse kann Strom aus der Fahrzeugbatterie zurück ins Stromnetz bzw. ins Haus oder Büro eingespeist werden (Vehicle to Grid, V2G bzw. Vehicle to Home, V2H). Der Standard wird jedoch inzwischen nur noch von asiatischen Autoherstellern wie Nissan und Mitsubishi verwendet. Mit dem von der deutschen und amerikanischen Automobilindustrie entwickelten Combined Charging System (CCS; kombiniertes Ladesystem) kann sowohl mit Wechsel- als auch mit Gleichstrom geladen werden. Dabei sind Ladeleistungen von bis zu 500 kW möglich, wie 2017 gezeigt wurde. Bei CEE-Steckern (CEE: Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment, Internationale Kommission für die Regelung der Zulassung elektrischer Ausrüstungen) handelt es sich um gängige Drehstromstecker aus der Industrie, während der Schuko-Standard bei herkömmlichen Haushaltssteckdosen verwendet wird. Mit dem Tesla Supercharger können Ladeleistungen von bis zu 135 kW erreicht werden. [7] [8]

Bislang wurden die technischen Komponenten für den Aufbau der Ladeinfrastruktur hauptsächlich von etablierten Unternehmen wie Schneider Electric und Mennekes entwickelt und geliefert. Da diese Unternehmen weltweit einen guten Ruf genießen, können sie ihre Produkte zu einem wirtschaftlich vertretbaren Preis exportieren. Aber auch deutschen KMU bieten sich Chancen für den Export ihrer innovativen Ladetechnik, von der Länder wie Mauritius profitieren können. Im Folgenden werden einige deutsche KMU aufgeführt, deren Produkte sich in besonderer Weise für Mauritius eignen.

### 2.1.3 Herausforderungen im Hinblick auf die Marktdurchdringung

Einer Einführung von Elektrofahrzeugen auf breiter Front stehen derzeit noch verschiedene Herausforderungen und Hürden entgegen, die es zu überwinden gilt. Diese sind hauptsächlich politischer, finanzieller und technischer Natur und hängen nicht zuletzt mit der Frage zusammen, inwiefern die Kunden die Verdrängung einer vertrauten und bewährten Technik durch eine neue Technologie akzeptieren. Die wichtigsten Herausforderungen werden im Folgenden beschrieben.



### Politische und aufsichtsrechtliche Herausforderungen

Zwar sind die politischen und aufsichtsrechtlichen Herausforderungen von Land zu Land unterschiedlich, doch gibt es daneben auch einige grundsätzliche Gemeinsamkeiten. So ist es ohne günstige politische Rahmenbedingungen und staatliche Förderung schwierig, Elektrofahrzeuge auf breiter Front einzuführen. Damit Elektrofahrzeuge bequem aufgeladen werden können, wird eine öffentliche Ladeinfrastruktur benötigt. In vielen Ländern müssen dazu weitere Stromübertragungskapazitäten aufgebaut und neue Umspannwerke errichtet werden. [9] Allerdings scheint dies auf Mauritius kein Problem zu sein. Wenn sich jedoch batteriebetriebene Elektrofahrzeuge im Verkehrssektor schnell durchsetzen, kann es zu lokalen Lastspitzen im Stromnetz kommen, sobald zu viele Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden. Dies stellt insbesondere ein Problem für die ohnehin schon überlasteten Stromnetze in den Ballungsräumen vieler Entwicklungs- und Schwellenländer dar, denn in den Städten übersteigt der Strombedarf häufig die zur Verfügung stehenden Kapazitäten. [10] Vor diesem Hintergrund müssen andere Möglichkeiten gefunden werden, um Elektrofahrzeuge netzunabhängig zu laden. Außerdem müssen die Ladeinfrastruktur und der daraus resultierende zusätzliche Strombedarf in der örtlichen Stromversorgungsplanung berücksichtigt werden.

Darüber hinaus stehen kleine Inselstaaten wie Mauritius bei der Gestaltung ihrer Stromversorgung und dem Management ihrer Stromnetze vor speziellen technischen Herausforderungen [11]. Zwar kann sich die Aussicht auf eine wegen der Elektrifizierung des Verkehrssektors steigende Stromnachfrage für die Versorgungsunternehmen als vorteilhaft erweisen, doch besteht gleichzeitig die Gefahr, dass die Stromnetze durch die Elektromobilität unter Druck geraten. Pro Ladung werden zwischen 10 kWh und 100 kWh in ein Elektrofahrzeug eingespeist. Angesichts dieser Energiemenge hat das gleichzeitige Laden zahlreicher Elektrofahrzeuge Auswirkungen auf Netzauslastung und Netzstabilität. Dies gilt insbesondere für kleine Inselnetze mit einer installierten Leistung von weniger als 200 Megawatt. Die Netzbetreiber müssen die Frage beantworten, mit welchen Systemen sich ein optimales Lastmanagement erreichen lässt und welche Rolle last- und nutzungszeitabhängige Entgelte sowie eine dynamische Preisgestaltung spielen sollen.

### Finanzielle Herausforderungen

Obwohl das erste Elektroauto bereits 1884 von Thomas Parker gebaut wurde [12], haben sich Elektrofahrzeuge immer noch nicht durchgesetzt. Der Grund dafür sind die nach wie vor hohen Kosten für die Fahrzeugbatterie, die die Anschaffungskosten in die Höhe treiben, während die Betriebskosten bereits jetzt unter denen von konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor liegen (siehe Figure 3). Darüber hinaus stehen die vergleichsweise niedrigen Preise für Dieselkraftstoff und Benzin dem Kauf eines Elektrofahrzeugs entgegen. Ferner lässt sich eine umfassende Marktdurchdringung nur erreichen, wenn ein dichtes Netz an Ladestationen vorhanden ist. Während das Ertragspotenzial wegen der hohen Investitionen in die öffentliche Ladeinfrastruktur für die Energiewirtschaft früher unattraktiv war, investieren inzwischen Mineralölkonzerne wie Shell und Total schrittweise in den Aufbau einer Ladeinfrastruktur [13] [14] [15].

### Technische Herausforderungen

Um der Elektromobilität zum Durchbruch zu verhelfen, müssen außerdem noch verschiedene technische Herausforderungen bewältigt werden. So gilt es, Fahrzeugbatterien mit höheren Kapazitäten zu entwickeln, um die Reichweitenangst der Kunden zu überwinden. Experten gehen davon aus, dass die Energiedichte der Batterien langfristig zunehmen wird. Allerdings dürften dadurch auch die Anschaf-

fungskosten steigen, da die Entwicklung und Produktion der Batterien sehr kostenintensiv sind [13]. In Ländern mit niedrigen Temperaturen, in denen die Fahrzeuge mit einer Heizung ausgerüstet sind, ist die reale Reichweite niedriger. Doch auch ein hektischer Fahrstil und häufiges Bremsen und Beschleunigen lassen die potenzielle Reichweite zurückgehen [16].

Derzeit ist es noch nicht möglich, mit batterieelektrischen Fahrzeugen die Anforderungen aller Marktsegmente zu erfüllen. Zwar können batterieelektrische Fahrzeuge bereits jetzt in städtischen Ballungsräumen sinnvoll eingesetzt werden (beispielsweise von privaten Transport- und Lieferdiensten), doch eignen sie sich noch nicht so gut für Langstreckenfahrten (vgl. Kapitel 2.1.1). Auch im Straßengüterverkehr (sowie im See- und Luftverkehr), in denen eine hohe Energiedichte gefordert ist, stoßen batterieelektrische Fahrzeuge an ihre Grenzen [17].

### Akzeptanzprobleme

Seit Langem steht der motorisierte Individualverkehr für uneingeschränkte, flexible Mobilität. Diesem Anspruch werden batterieelektrische Fahrzeuge noch nicht gerecht. Reichweite, Ladezeiten und Kaufpreis sind noch nicht so attraktiv, dass die Nutzer voll und ganz auf ein Elektrofahrzeug setzen würden. Darüber hinaus stehen auch die teilweise langen Lieferzeiten einer breiteren Akzeptanz der neuen Technologie entgegen [18]. Um eine größere Akzeptanz der Elektromobilität zu erreichen und die Nutzerfreundlichkeit zu verbessern, müssen eine umfassende Ladeinfrastruktur und einfache Zahlungssysteme eingeführt werden [19]. Darüber hinaus sind Elektrofahrzeuge nach wie vor längst nicht in allen Ländern gleich gut erhältlich.

Doch auch wenn es viele Herausforderungen auf dem Weg zur Elektromobilität gibt, bietet diese zahlreiche Vorteile, wenn es darum geht, die CO<sub>2</sub>-Emissionen vor Ort und weltweit zu senken und den Verkehrssektor zu dekarbonisieren und umweltfreundlicher zu gestalten. Darüber hinaus weisen Elektrofahrzeuge geringere Betriebskosten auf als konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und können nicht nur zur Sicherung der Mobilität, sondern auch als flexible Stromspeicher und damit zur Netzstabilisierung eingesetzt werden. Vor allem für Inselstaaten, die bei der Stromerzeugung auf fossile Energieträger angewiesen sind, bieten Elektrofahrzeuge zahlreiche Vorteile. Daher überrascht es nicht, dass die Akzeptanz der Elektromobilität vor allem in Inselstaaten steigt.



### 2.1.4 Geschäftsmodelle

Zur Bewältigung der oben beschriebenen Herausforderungen haben einige innovative Unternehmen mit der Entwicklung von nachhaltigen Geschäftsmodellen begonnen [20]. Da sich herkömmliche Geschäftsmodelle, die im Wesentlichen aus dem einmaligen Verkauf eines Fahrzeugs bzw. einer Dienstleistung bestehen, für die Welt der Elektromobilität nicht eignen, werden neue Geschäftsmodelle benötigt [21]. Im Folgenden werden mögliche Geschäftsfelder skizziert und ausgewählte Geschäftsmodelle vorgestellt, die in Europa erfolgreich umgesetzt wurden und auch für Mauritius interessant sein könnten.

#### Mobilitätsangebote

##### Carsharing

Carsharing ist ein ergänzendes Angebot zur Deckung von nur gelegentlich auftretenden Mobilitätsbedarfen und sieht die bedarfsorientierte Nutzung von Autos vor. Beim Carsharing können die Kunden nach der Registrierung und Überprüfung ihres Führerscheins (was meistens bereits über eine Handykamera möglich ist) für einen zeitlich begrenzten

Zeitraum ein Auto mieten. Dabei sind Free-Floating- und stationsbasierte Carsharing-Konzepte zu unterscheiden. In beiden Fällen ist der Nutzer nicht mehr zwingend auf ein eigenes Fahrzeug angewiesen. Dadurch leistet Carsharing einen Beitrag zur Verringerung des Gesamtbestands an Fahrzeugen. So kann ein zusammen mit anderen Personen genutztes Fahrzeug bis zu sieben Privatfahrzeuge ersetzen. [22] Zwar wird Carsharing derzeit hauptsächlich in Großstädten eingesetzt, doch könnten in touristischen Ländern wie Mauritius auch an bestimmten touristischen Points of Interest (POIs; Orte von Interesse) Carsharing-Stationen mit Ladestationen eingerichtet werden.

##### Zweirad-Sharing-Modelle (Roller, E-Bikes)

Ähnlich wie beim Carsharing können bei der gemeinsamen Nutzung von Zweirädern Elektroroller oder E-Bikes angemietet werden. Die Vorteile für die Kunden sind günstige Angebote, eine geringere Stauanfälligkeit und ein geringerer Platzbedarf beim Abstellen der Fahrzeuge. Zweiräder können vor allem in städtischen Ballungsräumen ihre Vorteile ausspielen und haben hier ein Alleinstellungsmerkmal, da die Suche nach einem Parkplatz nicht so zeitaufwendig ist wie beim Carsharing. Für die Anmietung eines



Elektrorollers muss der Nutzer seinen Führerschein registrieren und überprüfen lassen. [22] Elektroroller eignen sich auf Mauritius am besten für kürzere Entfernungen in Städten wie Port Louis, Rose Hill/Beau Bassin oder Curepipe.

#### Mitfahrdienste (Ridesharing)

Mitfahrdienste können gewerblich als Shuttleservice zur Beförderung von mehreren Personen in einem Fahrzeug angeboten werden. Voraussetzung ist, dass die Fahrgäste dieselbe oder wenigstens teilweise dieselbe Strecke zurücklegen wollen. Bei einem Shuttleservice werden die Stärken des öffentlichen Nahverkehrs (nachhaltig, effizient und kostengünstig) mit dem Komfort und der Flexibilität eines privaten Autos oder Taxis verbunden und die Auslastung der Fahrzeuge verbessert. Die Nachteile beider Systeme – eine geringe Flexibilität des kostengünstigen öffentlichen Nahverkehrs und der hohe Preis eines flexiblen Taxis – werden minimiert. Bei modernen Mitfahrdiensten wird automatisch und bedarfsorientiert die günstigste Route berechnet, bei der die Fahrten von mehreren Fahrgästen gebündelt werden können, sodass der Fahrpreis für den Einzelnen sinkt. Besonders interessant werden diese Angebote dadurch, dass die Kunden ihre Route per Smartphone-App buchen und entweder direkt per Kreditkarte oder in bar bezahlen können. Der Preis wird von der App berechnet, sodass keine Preisabsprachen notwendig sind, was hilft, Kommunikationsprobleme zu vermeiden. Auch die Sicherheit und die Transparenz werden erhöht, da sich die Fahrer mit ihrem Autokennzeichen beim jeweiligen Mitfahrdienst anmelden müssen. [22]

#### Mobilitätsstationen

Das Konzept der Mobilitätsstation sieht die räumliche Vernetzung verschiedener Verkehrsmittel und Dienstleistungen vor und wurde aus der Grundidee der P+R-Parkplätze (Park and Ride) entwickelt. Inzwischen umfassen Mobilitätsstationen ein breites Spektrum an Dienstleistungen und Mobilitätsangeboten wie Carsharing, Fahrradverleihsysteme, Fahrgemeinschaften, Fahrradstellplätze, Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Taxistandplätze, Fernbusbahnhöfe, Park-and-Ride-Einrichtungen sowie Informationszentren. Durch die Bündelung verschiedener Mobilitätsangebote an einem Ort sollen ein nutzerfreundliches Mobilitätssystem aufgebaut und etwaige Widerstände ge-

gen den Wechsel zwischen verschiedenen Verkehrsmodi überwunden werden. Mobilitätsstationen wirken sich positiv auf das Nutzerverhalten aus, fördern den multimodalen und intermodalen Verkehr und mindern die Abhängigkeit von privaten Fahrzeugen. Gleichzeitig sind Mobilitätsstationen gut sichtbare Standorte für die Pilotierung von Ladeinfrastrukturen und die Einführung von Elektrofahrzeugen aller Art. [22] Das Konzept der Mobilitätsstation könnte für die neue Stadtbahn auf Mauritius von Interesse sein, die in der zweiten Jahreshälfte 2019 in Betrieb genommen werden soll.

#### Mobility-as-a-Service

Neue innovative Mobilitätsangebote (z. B. Carsharing und Ridesharing) werden unter dem Stichwort Mobility-as-a-Service (MaaS; Mobilität als Dienstleistung) zusammengefasst. Der Zugang erfolgt meistens über eine App. Bei diesem Konzept werden Fahrten mit dem eigenen Fahrzeug durch verschiedene auf den Kunden zugeschnittene Mobilitätsleistungen ersetzt. Damit wird die Mobilität zur Dienstleistung.

Neue Mobilitätsangebote lassen sich mithilfe von digitalen Lösungen leicht in die vorhandenen MaaS-Angebote integrieren, wodurch das Leistungsspektrum der Verkehrssysteme erweitert wird. Unterstützt wird die Nutzung von MaaS-Angeboten insbesondere durch die Routenplanungs- und Informationssysteme des öffentlichen Nahverkehrs. Deren umfassende verkehrsbezogene Informationen werden beim MaaS-Konzept gebündelt und verstärkt zur Entwicklung von innovativen Mobilitätslösungen genutzt.

Die neuen (auf dem Konzept der gemeinsamen Nutzung beruhenden) Mobilitätsdienste sorgen für eine Verlagerung des Verkehrsaufkommens weg vom reinen (motorisierten) Individualverkehr, hin zu einer Variante des öffentlichen Individualverkehrs. Damit bieten sich Politik und Verwaltung neue Möglichkeiten für die Steuerung der Entwicklung, beispielsweise durch gezielte Ausschreibungen von Dienstleistungen zur Förderung von Mobilitätsangeboten, die im öffentlichen Interesse sind. [22] Auf Mauritius wäre es möglich, Beförderungsmöglichkeiten (Carsharing, Ridesharing, Bike-sharing und Rollersharing, Busse sowie die künftige Eisenbahnverbindung) in einer App zusammenzufassen. Der Nutzer könnte über die App zu jeder Tageszeit die schnellste und bequemste Strecke ermitteln und seine Fahrt über die App bequem online zahlen.





Neue Geschäftsmodelle setzen zunehmend auf Elektromobilitätslösungen. So haben beispielsweise die folgenden Unternehmen damit begonnen, ihre eigenen Flotten durch batterieelektrische Fahrzeuge zu ersetzen:

- Nahverkehr auf Flughäfen (London [23] und Stuttgart [24]),
- öffentliche Busflotten (Oslo [25] und London [26]),
- Fahrzeugflotten von Pflegediensten (Caritas [27] und Arbeiter-Samariter-Bund (ASB) [22])
- sowie Müllabfuhr (London [28]).

Beispiele für Mobilitätsstationen finden sich am Berliner Bahnhof Südkreuz, wo zwei Kleinwindräder und zwei PV-Anlagen auf dem Bahnhofsgelände installiert wurden, um eine Carsharing- und eine Bikesharing-Station mit selbst generiertem Strom zu versorgen. Ein intelligentes Mikronetz steuert die Verteilung und Speicherung des aus Wind und Sonne erzeugten Stroms. [29] Ein weiteres Beispiel ist das Micro Smart Grid des European Energy Forum (EUREF; Europäisches Energieforum) in Berlin. Hier werden 36 Ladestationen von verschiedenen Energieerzeugungsanlagen und Stromspeichern mit Strom versorgt. [30]

Studien und globale Pilotprojekte haben gezeigt, dass sich kleine Inseln wegen der kurzen Entfernungen und Straßennetze, der hohen Kraftstoffkosten und des Bedarfs an Stromspeichern zur Verringerung von Netzschwankungen besonders für Elektromobilitätslösungen eignen.

So hat Barbados, ein mit Mauritius vergleichbarer kleiner Inselstaat in der Karibik, erhebliche Fortschritte bei der Schaffung eines Marktes für Elektrofahrzeuge gemacht, wobei die Marktentwicklung hier von privaten Unternehmen vorangetrieben wird. Beispielsweise hat das auf Barbados ansässige Unternehmen Megapower Ltd. mit der Einfuhr von Elektrofahrzeugen begonnen. Außerdem hat Megapower in den letzten vier Jahren 40 Ladestationen gebaut, an zwei Standorten Carports mit Aufdach-PV-Anlagen errichtet und die Umsetzung von Ökostromprojekten im ganzen Land gefördert. Als erste Kunden konnten private Unternehmen gewonnen werden, der sich in Privateigentum befindliche öffentliche Stromversorger sowie der Fuhrpark der Regierung. Die Tatsache, dass der Inselstaat einen immer größer werdenden Teil seiner Wirtschaftsleistung für die Einfuhr von Kraftstoffen aufwenden muss, stellt einen weiteren Anreiz dafür dar, die Mobilitätswende energisch voranzutreiben. Allerdings sind auch auf Barbados die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge nach wie vor hoch, auf die Einfuhr von Elektrofahrzeugen werden Zölle erhoben und der private Stromversorger der Insel zögerte lange damit, die Mobilitätswende zu unterstützen. Inzwischen investiert der Stromversorger jedoch in den Ausbau der Ladeinfrastruktur und unterstützt seine Kunden sogar bei der Installation von Heimsolaranlagen, da die Energiebranche erkannt hat, welche Vorteile die Energie- und Mobilitätswende langfristig bietet. Je mehr Menschen Elektrofahrzeuge nutzen, desto stärker wird die Nachfrage nach den Leistungen des Stromversorgers steigen, während Gas- oder Dieselmotoren an Bedeutung verlieren werden.

**Tabelle 1: Investitionsaufwendungen und Betriebskosten eines Carports zum Aufladen von Elektrofahrzeugen mit Solarstrom**

Komponenten	Investitionsaufwendungen	Betriebskosten	Quelle
PV-Anlage, 5-15 kWp	1.200–1.400 EUR/kWp	2,5% Investitionsaufwand	[33]
PV 100–1.000 kWp	800–1.000 EUR/kWp	2,5% Investitionsaufwand	[33]
PV-Anlage >2 MW	600–800 EUR/kWp	2,5% Investitionsaufwand	[33]
Batteriespeicher	560–1.220 EUR/kWh	–	[33]
Ladestation	1.000 EUR	50 EUR (nur, wenn öffentlich zugänglich)	[34]
Solarwechselrichter	110 EUR/kWp	–	[35]

Quelle: [32]

Kuba wiederum möchte den ökologischen Tourismus fördern und hat dazu an den sieben wichtigsten Hotels der Ferieninsel Cayo Largo Elektrofahrzeuge eingeführt. Mit den Fahrzeugen können die Touristen die 82 km<sup>2</sup> große Insel erkunden, über die eine einzige befestigte Straße führt. [31] Im Rahmen dieses Projekts werden auch PV-Anlagen zur Versorgung von Ladestationen, Carports mit Aufdach-PV-Anlagen und Ladestationen errichtet.

### 2.1.5 Solarstrombetriebene Ladeinfrastruktur

Im Zusammenspiel mit der dezentralen Erzeugung von Ökostrom können Elektrofahrzeuge ihr volles Potenzial ausschöpfen. Solarstrombetriebene Ladesysteme eignen sich als dezentrale Alternative zum Netzausbau, bei der gleichzeitig Ökostrom generiert und genutzt wird. [8] Solche dezentralen Ladevorrichtungen sowie netzgekoppelte Ladestationen von privaten Anbietern leisten ebenso einen Beitrag zur Bewältigung der mit der Elektromobilität verbundenen Herausforderungen wie individuelle Lösungen für das Lastmanagement, wie sie Unternehmen mit eigenem Fuhrpark für ihre privaten Minigrids benötigen. Neben der stationären Aufladung gibt es auch Lösungen für das Aufladen während der Fahrt.

Da die verschiedenen Lieferanten etliche Produkte anbieten, werden die Kosten für wichtige Komponenten der Literatur und einschlägigen Marktstudien entnommen.

Bei der Installation einer solarstrombetriebenen Ladestation für eine bestimmte Fahrzeugflotte müssen die Batteriekapazität, die Leistung der PV-Anlage und die Anzahl der Ladestationen auf den Umfang der Fahrzeugflotte abgestimmt sein (vor allem bei fehlender Netzkopplung). In zwei Studien des Reiner Lemoine Instituts wurden die Stromgestehungskosten einer solchen dezentralen Stromerzeugungsanlage in Deutschland analysiert und dabei Anlagen mit und ohne Netzkopplung unterschieden. Beide Studien ergaben, dass die Installation einer um einen Batteriespeicher ergänzten PV-Anlage die Stromgestehungskosten um mindestens fünf Prozent pro kWh sinken lässt, nämlich von 27,75 ct/kWh auf 20,09 ct/kWh bzw. von 29,44 ct/kWh auf 24,57 ct/kWh). Dies gilt dementsprechend auch für die Betriebskosten einer Flotte aus batterieelektrischen Fahrzeugen. Zur Nutzung dieses Einsparpotenzials wurden beispielsweise für eine Flotte von neun Fahrzeugen ein Batteriespeicher mit einer Kapazität von 10 kWh und eine PV-Anlage mit 50 kWp errichtet.

Gerade Inselstaaten wie Mauritius, die sich aufgrund der geringen Entfernungen und der hohen Sonneneinstrahlung sehr gut für Elektrofahrzeuge und die Erzeugung von Solarstrom eignen, bieten den Herstellern und Lieferanten von PV-Anlagen enormes Entwicklungspotenzial. Insbesondere deutsche KMU, die bereits jetzt PV-Anlagen oder Batteriespeicher erfolgreich exportieren, können nun ihr Lösungsportfolio um maßgeschneiderte solarstrombetriebene Ladestationen erweitern.



## 2.2 Rahmenbedingungen für die Elektromobilität auf Mauritius

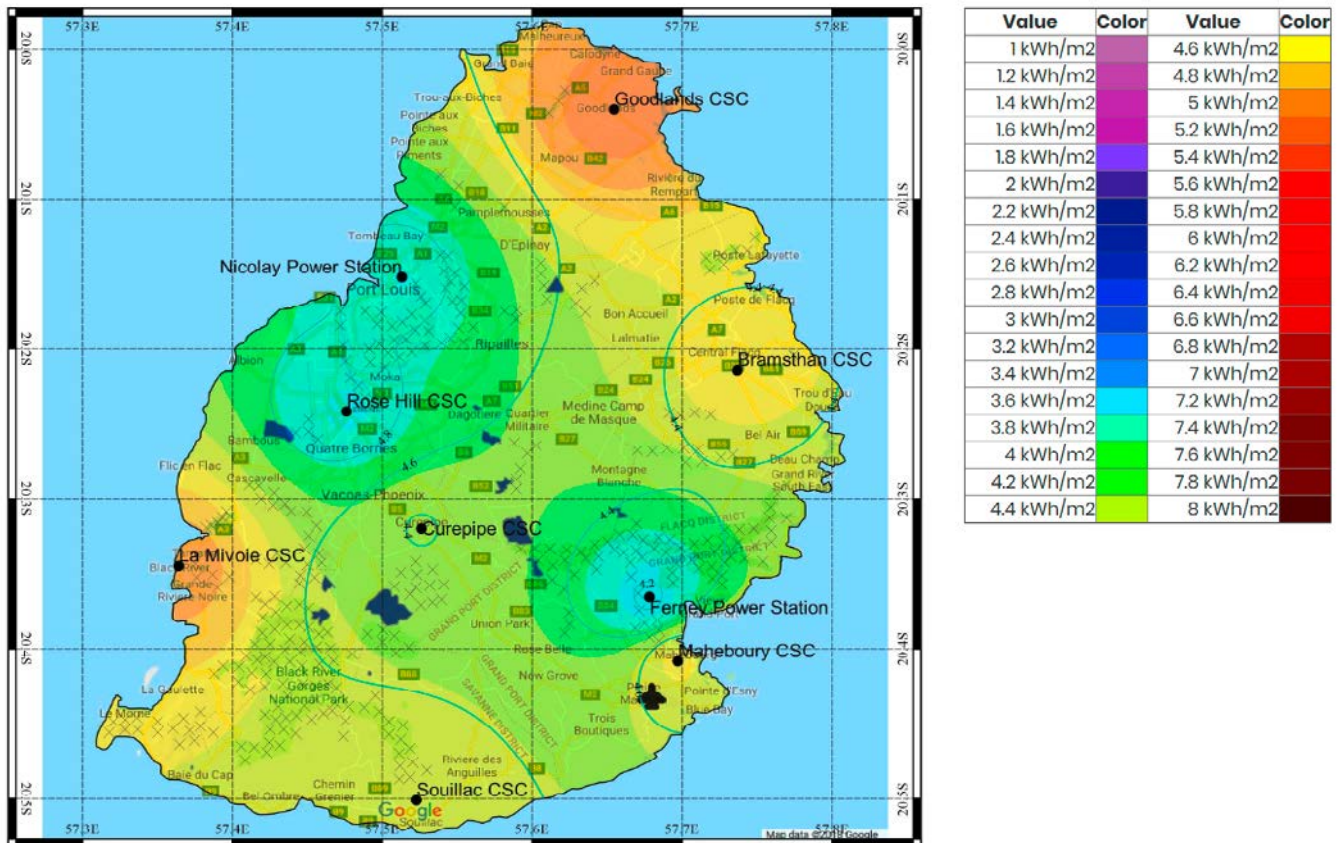
### Politische und wirtschaftliche Faktoren

Seit der Unabhängigkeit von Großbritannien im Jahr 1968 hat sich Mauritius von einem Land mit geringem Einkommen und einer agrarisch geprägten Volkswirtschaft zu einem Land mit mittlerem Einkommen im oberen Bereich und einer diversifizierten Volkswirtschaft entwickelt, deren wichtigste Standbeine Tourismus und Finanzdienstleistungen, Textilien und die Zuckerproduktion sind. [36] Diese Entwicklung wird auch als „der Erfolg Afrikas“ bezeichnet. [37] In den letzten Jahrzehnten kamen als weitere Entwicklungsschwerpunkte die Sektoren Informations- und Kommunikationstechnologie, Erzeugung von Meeresfrüchten, Hotel- und Gastgewerbe, Immobilien, Gesundheitsleistun-

gen, erneuerbare Energien sowie Bildung und Ausbildung hinzu. In diese Sektoren sind erhebliche Investitionsmittel aus dem In- und Ausland geflossen.

Im Ease of Doing Business Index 2019 der Weltbank belegt Mauritius den 20. von 190 Plätzen. [38] Im Hinblick auf die weitere Entwicklung liegen die größten Herausforderungen des Landes in der ausgeprägten Abhängigkeit von nur wenigen Branchen, der hohen Abwanderung von Fachkräften und dem Fachkräftemangel, der Überalterung der Bevölkerung sowie der geringen Leistungsfähigkeit der öffentlichen Unternehmen und halbstaatlichen Einrichtungen. Im Ranking der freiesten Volkswirtschaften der Welt belegt Mauritius den achten Platz und den ersten Platz in Sachen Investitionsfreiheit. Grundlage für diese Bewertungen sind die wirtschaftliche Offenheit des Landes, die Effizienz der Regulierung, die Rechtsstaatlichkeit sowie die Wettbewerbsfähigkeit.

Abbildung 2: Potenzial für die Solarstromerzeugung auf Mauritius



Quelle: [65]



### Potenzial für die Erzeugung von Solarstrom

Mauritius (20,2°S, 57,3°E) ist eine Gruppe kleiner vulkanischer Inseln im südwestlichen Indischen Ozean. Die Hauptinsel (1.865 km<sup>2</sup>), die im Mittelpunkt dieser Studie steht, weist eine zentrale Hochebene mit 400 bis 500 m Höhe auf, bei der es sich um eine alte Caldera handelt.

Da Mauritius in den Tropen liegt, ist die tägliche Sonneneinstrahlung hoch. Gemäß den langfristigen Daten des mauritischen Wetterdienstes beträgt die durchschnittliche tägliche Sonneneinstrahlung 5,6 kWh/m<sup>2</sup>, und je nach Standort scheint die Sonne an 2.350 bis 2.850 Stunden pro Jahr. [39] Damit hat Mauritius beste Voraussetzungen für die Erzeugung von Solarstrom mithilfe von PV-Anlagen.

### Verkehrssektor

Seit 2017 hat sich der Verkehrssektor zum größten Endverbraucher von Energie auf Mauritius entwickelt [40]; auf den Verkehrssektor entfallen mehr als die Hälfte des Primärenergieverbrauchs des Inselstaats. Daher ist es naheliegend, im Verkehrssektor anzusetzen und hier den Anteil der fossilen Energieträger am Energiemix zu verringern.

### Energiesektor

Mauritius ist in hohem Umfang von Öl- und Kohleeinfuhren abhängig; allein 84 Prozent des Primärenergiebedarfs werden durch Kohle und Erdölzeugnisse gedeckt. [40] Die übrigen 16 Prozent entfallen auf lokal verfügbare erneuerbare Energieträger, darunter Bagasse, Wasserkraft, Windkraft, Deponiegas, Photovoltaik und Brennholz. [40] Die Nutzung von fossilen Energieträgern zur Deckung des Energiebedarfs der Bevölkerung hat negative Auswirkungen auf das Klima. Deshalb hat die Regierung eine Reihe von Strategien zur Minderung des Treibhausgasausstoßes entwickelt. In ihrem Strategiepapier „Long-Term Energy Strategy“ (Langfristige Energiestrategie) [41] legt die mauritische Regierung ihr Ziel dar, den Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Energieerzeugung bis 2025 auf mindestens 35 Prozent zu steigern. Nur mit erneuerbaren Energien ist es möglich, den steigenden Energiebedarf zu decken und gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Emissionen gering zu halten. Die aktuelle Herausforderung besteht jedoch darin, eine ebenso zuverlässige wie erschwingliche Energieversorgung zu gewährleisten und diese gleichzeitig auf erneuerbare Energien umzustellen. Vor diesem Hintergrund wurden

verschiedene Initiativen auf den Weg gebracht, um die Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung auf Mauritius zu fördern. So wurden attraktive Strategien entwickelt und Anreize für Investitionen in umweltfreundliche Energietechnologien gesetzt. Eine der von der Regierung vorgeschlagenen Haushaltsmaßnahmen besteht darin, 400 Millionen Mauritius-Rupie (ca. zwölf Millionen US-Dollar) in den Ausbau der Netzkapazitäten zu investieren. Dadurch könnte mehr Ökostrom in das Stromnetz eingespeist werden und es stünden zusätzliche Speicherkapazitäten für Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung. Der Fokus liegt dabei auf Investitionen in den Solarenergiesektor. Die Regierung führt derzeit internationale Ausschreibungen für ihre Energieprojekte durch und unterstützt die Gründung von Joint Ventures zwischen in- und ausländischen Unternehmen. Das CEB ist das einzige Stromverteilunternehmen des Landes und hat mit ausgewählten Bietern Strombezugsverträge über eine installierte Leistung von insgesamt zehn Megawatt geschlossen. Den Ökostrom erzeugen die Bieter mithilfe der ausgeschriebenen PV-Anlagen, die jeweils über eine installierte Leistung von ein bis zwei Megawatt verfügen. Im Dezember 2015 nahm in Plaine-des-Roches im Osten der Insel ein Windpark mit 9,3 Megawatt den Betrieb auf. Weitere Anreize wurden durch eine verstärkte Integration von unabhängigen Stromerzeugern und Small Scale Distributed Generators (SSDGs; kleine dezentrale Generatoren) gesetzt.

Bei den Einspeisevergütungssystemen (Feed-In Tariff; FIT) erhält der Stromerzeuger eine Vergütung für überschüssigen Ökostrom, der ins Netz eingespeist wird, auch wenn der Abnahmepreis niedriger ist. Bei einem Net-Metering-System (NMT) kann der Erzeuger die überschüssig erzeugte Menge Strom im Tag/Monat in das Netz einspeisen und genau diese Menge in den folgenden Tagen/Monaten kostenlos aus dem Netz verbrauchen. Die dezentralen Erzeugungsanlagen wurden zunächst als kleine dezentrale Anlagen mit einer installierten Leistung von unter 50 Kilowatt geplant. Dabei sollten insgesamt zwei Megawatt im Rahmen des Einspeisevergütungssystems (FIT) und fünf Megawatt im Rahmen eines Net-Metering-Systems realisiert werden.

Anschließend wurde die Regelung auf größere Erzeuger mit mittelgroßen dezentralen Net-Metering-Systemen und einer installierten Leistung von 50 Kilowatt bis zwei Megawatt (bei einer Gesamtleistung von zehn Megawatt) ausgeweitet.

**Tabelle 2: Verschiedene Rechtsvorschriften und Institutionen und deren Ziele**

Rahmenbedingungen	Ziele
Rechtsvorschriften	
Electricity Act 1939 (Elektrizitätsgesetz von 1939)	Genehmigung für eine Person, ein Unternehmen oder eine Behörde zur Erzeugung von Strom auf Mauritius
CEB Act 1963 (Gesetz über das CEB von 1965)	Gründung des CEB und Gewährleistung, dass die neu gegründete Institution ihre Aufgaben ordnungsgemäß wahrnimmt
Long-Term Energy Strategy 2009 – 2025 (langfristige Energiestrategie für den Zeitraum 2009 – 2025)	Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien an der gesamten Stromproduktion auf 35 Prozent; Schwerpunkte: aufsichtsrechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen und finanzielle Anreize
Energy Efficiency Act 2011 (Energiespargesetz von 2011)	Gründung des Energy Efficiency Management Office (EEMO; Büro für Energieeffizienz und Energiemanagement) und Gewährleistung, dass die neu gegründete Institution ihre Aufgaben ordnungsgemäß wahrnimmt
Mauritius Renewable Energy Act 2015 (Gesetz über erneuerbare Energien von 2015)	Gründung der Mauritius Renewable Energy Agency (MARENA; mauritische Agentur für erneuerbare Energien) und Gewährleistung, dass die neu gegründete Institution ihre Aufgaben ordnungsgemäß wahrnimmt
Institutionen	
CEB	Erzeugung, Verteilung und Übertragung von Strom auf Mauritius
EEMO	Sensibilisierung der Energieverbraucher und Entwicklung von Richtlinien für eine effiziente Energienutzung
MARENA	Überwachung der Umsetzung von Projekten im Bereich der erneuerbaren Energien sowie Entwicklung von Strategien zur Förderung der erneuerbaren Energien auf Mauritius
CEB Green Energy Co. Ltd.	Förderung der Entwicklung der erneuerbaren Energien auf Mauritius

Quelle: [51]

### Integrated Electricity Plan 2013 – 2022 (Integrierter Stromversorgungsplan für den Zeitraum 2013 – 2022)

Mit ihrem Integrated Electricity Plan verfolgt das CEB das Ziel, die Entwicklung von Stromerzeugung, Stromübertragung und Stromverteilung über einen Zeitraum von zehn Jahren zu lenken. In diesem Zusammenhang sollen die derzeit eingesetzten Stromerzeugungssysteme bewertet und optimiert werden; insbesondere soll dabei darauf geachtet werden, wie der steigende Strombedarf effizient und kostengünstig bereitgestellt werden kann. Grundsätzlich verfolgt das CEB bisher eine sehr konservative Strategie, die nur einen allmählichen Ausbau der netzgekoppelten erneuerbaren Energien erlaubt.

Den Prosumenten auf Mauritius wurde eine Gesamtleistung von fünf Megawatt und den Prosumenten in Rodrigues eine Gesamtleistung von 200 Kilowatt zugeordnet. Die Gesamtleistung von fünf Megawatt auf Mauritius gliedert sich in zwei Verbraucherkategorien: Vier Megawatt sind für

„Inlandskunden“ reserviert und ein Megawatt für Hotelanlagen, Wohnanlagen, „Inlandskunden – Drehstrom“ und Verbraucher, die eine Last von weniger als 20 kVA angemeldet haben.

Bislang gestattet das CEB SSDG-Bewerbern die Installation einer kleinen PV-Anlage auf ihrem Gelände. Im Rahmen des SSDG-Projekts wird ein neues Green Energy SSDG-Programm für Genossenschaften aufgelegt. Dem Privatsektor wurde eine maximale Leistung von 100 Kilowatt zugewiesen, sodass ein Unternehmen eine PV-Anlage mit einer maximalen Leistung von fünf Kilowatt installieren kann. Die neue SSDG-Formel wurde speziell für die langfristige Energiestrategie der Regierung entwickelt. Ihr Hauptziel besteht darin, die Nutzung der erneuerbaren Energien zu fördern. Im Rahmen des neuen SSDG-Programms und des Nettopreissystems, das für die von der Stromerzeugungsanlage erzeugte Menge an Ökostrom angewendet wird, sind die Verbraucher für einen Zeitraum von 20 Jahren vor Tarifierhöhungen geschützt.

## 2.2.1 Politische Rahmenbedingungen für die Elektromobilität auf Mauritius

### 2.2.1.1 Politik der Regierung

Die Anpassung an den Klimawandel ist für Länder wie Mauritius von entscheidender Bedeutung. Die wesentlichen Merkmale des Landes sind seine geringe Größe und relativ abgeschiedene Lage sowie seine Ressourcenarmut und Anfälligkeit gegenüber globalen Umwelt- und Wirtschaftsherausforderungen, insbesondere gegenüber dem Klimawandel. Diese hohe Anfälligkeit für die Auswirkungen des Klimawandels – vor allem durch den Anstieg des Meeresspiegels und das vermehrte Auftreten von Wirbelstürmen – stellt eine ernsthafte Bedrohung für die Existenz der Insel und ihre langfristige Bewohnbarkeit dar. [42]

Das Verkehrsegment der Insel ist mitunter durch einen rasanten Anstieg der Anzahl von Pkw-Haltern gekennzeichnet. In Verbindung mit der extremen Verkehrsüberlastung und den hohen Kosten für fossile Kraftstoffe macht dies einen Paradigmenwechsel im Mobilitätsverständnis der mauritischen Gesellschaft notwendig. Das Straßennetz von Mauritius ist gut ausgebaut und erstreckt sich über eine Länge von 2.275 Kilometern. Davon entfallen 99 Kilometer auf Autobahnen und 1.131 Kilometer auf Hauptverkehrsstraßen. Derzeit ist der Überlandverkehr nur über die Straßen des Landes möglich, über die sowohl der Personen- als auch der Güterverkehr erfolgt. [40] Das Straßennetz wurde in den letzten zehn Jahren erheblich ausgebaut. Wie in der Rede über das Staatsbudget 2017–2018 angekündigt, wird das Land in den nächsten drei Jahren einen erheblichen Betrag (rund 4,9 Milliarden Euro) in verschiedene Projekte investieren, um das bestehende Verkehrsnetz weiter auszubauen. [40] In den laufenden staatlichen Strategien und Maßnahmen geht es bislang vor allem um Infrastrukturarbeiten und die Verbesserung des öffentlichen Verkehrswesens. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Einführung von schwefelarmen Kraftstoffen und alternativen, sauberen Kraftstoffen, der Förderung energieeffizienter Fahrzeuge, dem Ausbau des Verkehrsmanagements, der Verbesserung der Überwachungs- und Durchsetzungsmechanismen sowie der Änderung des Verbraucherverhaltens durch Bildungs- und Sensibilisierungsprogramme.

In ihrem national festgelegten Beitrag hat sich die Regierung dazu verpflichtet, den Erwerb von hybriden und elektrischen Verkehrsmitteln auf der Grundlage von Hybridtechnologien und umweltfreundlicheren Energiequellen zu fördern [43] und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen bei der Mo-

dernisierung des Netzes zu optimieren. Mit dem Langfristigen Energiestrategieplan für Mauritius für den Zeitraum 2009 bis 2025 zielt die Politik auch darauf ab, den Einsatz effizienter und emissionsarmer Fahrzeuge voranzutreiben, durch die Herstellung oder die Einfuhr von Biodiesel eine größere Zahl an alternativen Kraftstoffen zur Verfügung zu stellen, Kraftstoffe mit Beimischungen einzuführen (erst E10, in einer späteren Phase E20) sowie den Einsatz von Elektro- und Hybridfahrzeugen durch Konzessionen, steuerliche Anreize und politische Maßnahmen zu fördern. Bis 2019 wurden jedoch noch keine Fortschritte bei den Biokraftstoffen erzielt, obwohl die kaum noch wettbewerbsfähige mauritische Zuckerindustrie ihre Produktion leicht auf Ethanol hätte umstellen können. Seit Juli 2016 sind Elektroautos jedoch vollständig von der Verbrauchsteuer befreit, die in Mauritius auf Fahrzeuge erhoben wird. Dies stellt eine weitere Ermäßigung gegenüber dem bisherigen vergünstigten Verbrauchssteuersatz von 25 Prozent dar.

Da die Batterietechnologie in den nächsten zehn Jahren weiterentwickelt werden dürfte, wird der sich daraus ergebende allmähliche Übergang zu klimafreundlichen Fahrzeugen dazu führen, dass die Menge an fossilen Energieträgern, die das Land einführen muss, kontinuierlich zurückgeht. In einer ersten Phase sollte ein Paket von Begleitmaßnahmen eingesetzt werden, um die Einführung von Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen zu fördern. Die Technologiewende würde durch finanzielle Anreize zur Deckung der Kostendifferenz zwischen Elektro- und konventionellen Fahrzeugen vorangetrieben werden. Die Umweltziele machen es unerlässlich, die Strominfrastruktur zu dekarbonisieren, damit das Laden und Tanken aus sauberen Quellen erfolgen kann. Elektrofahrzeuge haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie über flexible elektrische Speicherkapazitäten verfügen, die für V2G oder V2H genutzt werden können. Dabei kann die in der Fahrzeugbatterie gespeicherte Energie beispielsweise zur Rückeinspeisung von Strom ins Netz oder zum Betrieb von Büro- oder Haushaltsgeräten verwendet werden. Flexibilität wird in zukünftigen Energiesystemen ein entscheidender Faktor sein, da die zunehmende Integration von intermittierenden erneuerbaren Energiequellen wie Windkraft und Solarenergie in das Stromnetz zusätzliche Speicherkapazitäten erfordert, um das empfindliche Gleichgewicht zwischen Energieangebot und -nachfrage aufrechtzuerhalten. Die laufenden Arbeiten zielen darauf ab, das Synergiepotenzial zwischen variabler Erzeugung und Elektrofahrzeugen vollständig zu nutzen.



### 2.2.1.2 Steuerliche Anreize und Abgabenbefreiungen

Als Ausgangspunkt für eine nachhaltige Politik hat die mauritische Regierung 2008 das Strategiepapier Maurice Ile Durable (MID; ein nachhaltiges Mauritius) verabschiedet, das eine Steuer auf fossile Kraftstoffe vorsieht, mit der Projekte zur Förderung sauberer Energien (z. B. Solarthermie) finanziert werden. [44] Die MID-Abgabe wurde 2011 auf 0,30 MUR/kg Kohle, 0,30 MUR/l Flüssiggas (LPG) und 0,30 MUR/l für alle anderen Mineralölprodukte verdoppelt. [45] Mauritius vollzieht im Verkehrssektor allmählich die Energiewende, wobei eine deutliche Verschiebung hin zu einem niedrigeren Schwefelgehalt der Kraftstoffe zu verzeichnen ist. Darüber hinaus wurde die Verbrauchssteuer auf Benzin und Diesel im Jahr 2011 um zehn Prozent erhöht. Die effektive Steuer mit allen Abgaben beträgt nun 10,8 MUR/l Benzin und 10,25 MUR/l Diesel. Bei der mauritischen Kraftfahrzeugsteuer gab es zuletzt Änderungen zur Förderung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen (siehe Tabelle 3).

Zu den wichtigsten der bislang umgesetzten Maßnahmen zur Förderung einer saubereren Mobilität gehören unter anderem folgende:

- Die Gebühren für die Erteilung einer Kfz-Zulassung (jährlich erneuerbar) und die Zulassung selbst wurden ab dem 30. Juli 2016 für alle Hybridfahrzeuge um 50 Prozent gesenkt.

- Die Differenz zwischen konventionellen Fahrzeugen und Hybridfahrzeugen beträgt bei den Verbrauchssteuern je nach Hubraum zwischen 20 und 30 Prozent.
- Für Elektroautos muss keine Verbrauchssteuer gezahlt werden.

Das Gebühren- und Rabattsteuersystem wurde von der mauritischen Regierung im Juli 2011 eingeführt und auch das Kfz-Besteuerungssystem wurde überarbeitet, um dem Verursacherprinzip Rechnung zu tragen. Das Verbrauchssteuergesetz von 1994 wurde entsprechend geändert, um die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Kraftfahrzeuge zu berücksichtigen. [46] Die State Trading Cooperation (STC; Staatliche Handelsbehörde) ist für den Import aller in Mauritius gehandelten Erdölprodukte zuständig. Ein Großteil des Kraftstoffpreises entfällt auf verschiedene Steuern und Abgaben.

### 2.2.2 Bewertung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Installation, Betrieb und Wartung von solarstrombetriebenen Ladestationen

Während die Energieziele des Landes in Richtung Nachhaltigkeit tendieren, gibt es bei den gesetzlichen Rahmenbedingungen für PV-Anlagen, wie sie vom CEB angewendet werden, noch Nachholbedarf. Das CEB macht sehr strenge Vorgaben für die Anbindung von zusätzlichen PV-Anlagen gewerblicher Kunden an das Stromnetz, da diese den Höchsttarif von 10 MUR/kWh (ca. 0,25 Euro) zahlen. Den Nutzern

**Tabelle 3: Verbrauchssteuersatz nach Kraftfahrzeugtypen**

Art des Kraftfahrzeugs und Hubraum (cm <sup>3</sup> )	Verbrauchssteuersatz (Import) ab 30. Juli 2016	Verbrauchssteuersatz (Import) ab 10. Juni 2019
<b>Konventionelle Kfz:</b>		
Bis zu 550 cm <sup>3</sup>	0 %	0 %
551 – 1.000 cm <sup>3</sup>	45 %	45 %
1.001 – 1.600 cm <sup>3</sup>	50 %	50 %
1.601 – 2.000 cm <sup>3</sup>	75 %	75 %
Über 2.000 cm <sup>3</sup>	100 %	100 %
<b>Hybrid-Kfz</b>		
Bis zu 550 cm <sup>3</sup>	0 %	0 %
551 – 1.000 cm <sup>3</sup>	25 %	10 %
1.001 – 1.600 cm <sup>3</sup>	25 %	15 %
1.601 – 2.000 cm <sup>3</sup>	45 %	30 %
2.001 – 3.000 cm <sup>3</sup>	70 %	55 %
Über 3.000 cm <sup>3</sup>	70 %	65 %
<b>Elektro-Kfz</b>		
Bis zu 180 kW	0 %	0 %
Über 180 kW	25 %	15 %

Quelle: [32] [61] [58]

ist es auch nicht gestattet, eine batteriegepufferte separate PV-Anlage zur gelegentlichen Aufladung an das Stromnetz anzuschließen, was der staatlichen Strategie, die Erzeugung erneuerbarer Energien zu steigern, zuwiderläuft. Dadurch hinkt das Land in Bezug auf die Solarbranche hinterher. Zudem gibt nur sehr wenige Integratoren/Installateure. Vor Kurzem hat die Regierung die Mauritius Renewable Energy Agency (MARENA; mauritische Agentur für erneuerbare Energien) damit beauftragt, einen ersten Bericht über die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Utility Regulatory Authority vorzulegen (URA; Behörde zur Regulierung von Stromversorgern). Die URA ist eine unabhängige Stelle, die durch die Verbreitung fairer Praktiken die Nachhaltigkeit im Energiesektor fördern möchte. Derzeit fehlen Vorschriften für netzgebundene PV-Anlagen sowie Richtlinien oder Standards für die Beaufsichtigung, Überwachung, den Betrieb und die Wartung dieser Anlagen. Im Rahmen des derzeitigen energiepolitischen Plans der Regierung sollen solche Richtlinien und Standards nun geschaffen werden. Weitere Herausforderungen sind das Fehlen von Einspeisevergütungen für Anlagen mit Kapazitäten über 50 Kilowatt, geringe finanzielle Anreize sowie das Fehlen von Instrumenten zur Risikominderung und Strombezugsverträgen.

### 2.2.3 Aufsichtsrechtliche Rahmenbedingungen für den Stromverkauf

Mit der Langfristigen Energiestrategie für 2009–2025 [47] werden die folgenden Hauptziele verfolgt:

- Erhöhung des Anteils von erneuerbaren Energieträgern am Strommix (von derzeit 14,2 Prozent auf 35 Prozent im Jahr 2025),
- Verbesserung der Energieeffizienz und -einsparung in allen Sektoren durch Maßnahmen zur gezielten Steuerung der Nachfrage und
- Schaffung eines autarken Stromsektors in einem transparenten regulatorischen Umfeld.

Mit Gründung der URA wurden 2008 neue Gesetze zur Regulierung des Stromsektors eingeführt. Mit dem Energy Efficiency Act von 2011 wurden ferner großzügige Feed-in-Tariffs (FIT; Einspeisevergütungen) für Haushalte und Unternehmen sowie Steuervergünstigungen als Anreize für die Erzeugung von Ökostrom eingeführt. Das FIT-System



sieht attraktive Vergütungen für Strom aus Anlagen (Wind, Wasser, Sonne) mit einer Kapazität von weniger als 50 Kilowatt vor. Dabei gilt allerdings eine sehr restriktive Obergrenze für die Anzahl der Anlagen. Auf Photovoltaikmodule wird zur weiteren Förderung der erneuerbaren Energien keine Umsatzsteuer erhoben. Zudem unterliegen ungenutzte landwirtschaftliche Flächen, die zur Erzeugung von Ökostrom verwendet werden, nicht der Bodenumwandlungssteuer. Nach der Umsetzung dieser Maßnahmen plant die Regierung derzeit in einem nächsten Schritt EE-Projekte mit einer Leistung von 60 Megawatt und stellt für die nächsten 20 Jahre jährlich 235 Millionen Mauritius-Rupie dafür zur Verfügung.

## 2.2.4 Bestandsaufnahme der Elektromobilität auf Mauritius

### 2.2.4.1 Elektrofahrzeugbestand, Modelle und Marken

Ende Februar 2019 wurden landesweit 99 Elektroautos gezählt. Die Akzeptanz der Verbraucher gegenüber Elektrofahrzeugen nimmt bislang schrittweise zu. Die ersten beiden Fahrzeuge wurden 2011 erworben. [40] In den ersten vier Jahren bis 2015 hatten Elektrofahrzeuge vor allem Neuigkeitswert. In diesem Zeitraum kamen elf neue Käufer hinzu. Die höchste Verkaufszahl war 2018 mit landesweit 31 Elektrofahrzeugen zu verzeichnen. Zwischen 2010 und 2017 stieg die Zahl der Hybridfahrzeuge von 118 auf 6.406, ein Anstieg um das mehr als 50-fache (siehe Figure 11). Mehrere wichtige Akteure des öffentlichen und privaten Sektors, etwa das CEB und die MARENA, haben mit dem Ausbau ihrer Elektrofahrzeugflotte begonnen.

Der im Vergleich zu anderen Ländern geringe Anteil an Elektrofahrzeugen ist auf die deutlich höheren Fahrzeugkosten in Mauritius zurückzuführen.

### 2.2.4.2 Lademöglichkeiten

Auf Mauritius gibt es derzeit zwei öffentliche Schnellladestationen. Eine befindet sich im Norden der Insel in Mapou und die andere in Cap Tamarin. Die beiden von dem Konzern Total betriebenen Ladestationen sind gut ausgestattet, werden über PV-Anlagen versorgt und sind mit CHaDeMO-, CCS-Combo- und Mennekes Typ-2-Ladesteckern und -buchsen ausgestattet. Nach dem „Kauf“ einer Tasse Kaffee für 150 Mauritius-Rupie können Kunden ihr Fahrzeug für

20 Minuten aufladen. Die Carconnexion-Ladestation verfügt nur über Mennekes Typ-2-Stecker und war bei einer Überprüfung im März 2019 nicht betriebsfähig. An der Engen-Tankstelle in Flughafennähe können Elektrofahrzeuge im Notfall mit eigenem Ladekabel über eine normale Haushaltssteckdose (2,5 A) aufgeladen werden. Die Kosten belaufen sich auf 250 Mauritius-Rupie pro Ladung. Die Filialleitung erwägt, ihre Ladestation zu erweitern. Darüber hinaus plant das Autohaus Leal & Co. Ltd. die Einrichtung von fünf weiteren Ladestationen, an denen Kunden, die ihr Elektrofahrzeug bei Leal & Co. Ltd. gekauft haben, ihr Fahrzeug kostenlos aufladen können.

### 2.2.4.3 Händler und Filialen

Auf Mauritius sind vier Hersteller von batterieelektrischen Fahrzeugen vertreten:

- Nissan – <http://nissan.mu/contact-us>
- BMW – <https://www.bmw.mu/en/all-models/bmw-i/i3/2017/at-a-glance.html>
- Hyundai – [www.hyundai.mu](http://www.hyundai.mu)
- Renault – [www.renault.mu](http://www.renault.mu)

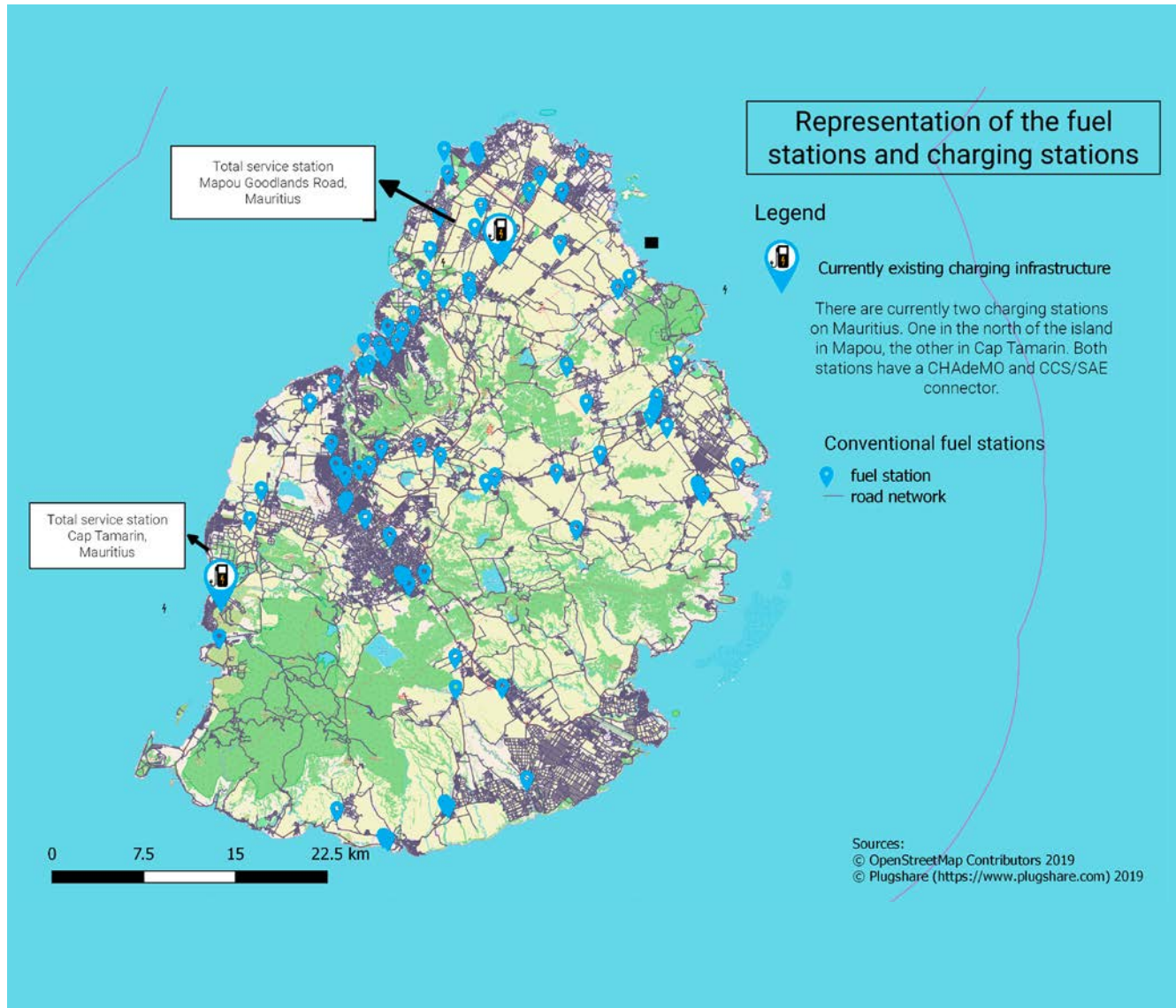
Ferner gibt es drei Autohäuser, die auch Elektrofahrzeuge anderer Marken verkaufen:

- The Car Connexion – <https://thecarconnexion.com/en>
- EV-Cars – <http://ev-cars.org>
- Leal & Co. Ltd. – <http://www.leal.mu>

## 2.2.5 Gesamtgröße des Marktes gemessen am Fahrzeugbestand

Der Gesamtbestand an zugelassenen Fahrzeugen auf Mauritius belief sich im Juni 2018 auf 543.623 Einheiten. [48] Zwischen Januar und Juni 2018 kamen rund 14.552 Fahrzeuge hinzu. Im selben Zeitraum wurden 2.726 Fahrzeuge außer Betrieb gesetzt. Es gibt 208.785 (38,4 Prozent) motorisierte Zweiräder. Die Flotte besteht zu elf Prozent aus Lieferwagen, Bussen und Lastkraftwagen, die Anzahl der Busse beträgt 3.097 Einheiten, davon sind 2.035 bzw. 65,7 Prozent

Abbildung 3: Tankstellen und Ladestationen



Quelle: [63], [32], [64]

öffentliche Busse. Betrachtet man das Wachstum von 2006 bis 2016, so ist der Gesamtbestand von 319.440 auf 507.676 Fahrzeuge gestiegen (59 Prozent Wachstum), wobei die Zahl der Pkw um 120 Prozent, die Zahl der Busse um 19 Prozent und die Zahl der Zweiräder um 44 Prozent zugenommen hat.

### 2.2.6 Technische, wirtschaftliche und sozioökonomische Herausforderungen im Hinblick auf die Marktdurchdringung auf Mauritius

Im mauritischen Automobilssektor ist eine zunehmende Nutzung von konventionellen Fahrzeugen zu beobachten. Fahrzeuge mit modernster Emissionsminderungstechnik sind nur eingeschränkt erhältlich; gleichzeitig sorgt der geringe Schwefelgehalt des Kraftstoffs dafür, dass die negativen Umweltauswirkungen von effizienten konventionellen Fahrzeugen begrenzt werden.



Offensichtlich besteht auch verbraucherseitig eine Präferenz für konventionelle Fahrzeuge. Die Verbraucher vertrauen auf bestehende (kohlenstoffintensive) Technologien, da das Bewusstsein für umweltfreundliche Alternativen fehlt und die Kapazität für den Betrieb von alternativen umweltfreundlichen Fahrzeugen als unzureichend wahrgenommen wird. Trotz der Verbrauchssteuerbefreiung reichen die Anreize zum Kauf von Elektro- oder Hybridfahrzeugen möglicherweise nicht aus. Das „Duty Free Car Scheme“ für Taxis, Beamte und aus dem Ausland zurückkehrende Auswanderer ermöglicht den zollfreien Kauf von Fahrzeugen. Die Regelung bevorzugt konventionelle Fahrzeuge, da deren relativer Wert sowie ihr Wiederverkaufswert wesentlich höher sind als die von Elektrofahrzeugen, die bereits vom Zoll befreit sind.

Bei einer Umfrage zur Akzeptanz von Elektrofahrzeugen wurde festgestellt, dass den Befragten durchaus klar ist, dass es Hybrid- und Elektrofahrzeuge gibt, doch wissen sie nur wenig über deren Eigenschaften. Ferner wurde festgestellt,

dass die Befragten Kenntnis von den angebotenen steuerlichen Anreizen haben, sich deren Bedeutung aber nicht unbedingt bewusst sind. Obwohl die Teilnehmer der Umfrage die Bereitschaft zeigten, kraftstoffeffiziente Fahrzeuge zu kaufen, herrscht eine gewisse Unsicherheit in Bezug auf Elektrofahrzeuge.

### 2.2.7 Position des Versorgungsunternehmens und Pläne für die Elektromobilität und die Ladeinfrastruktur

Das staatliche Stromnetz wurde inzwischen für die Einspeisung von privat erzeugtem Ökostrom teilweise geöffnet. Dabei handelt es sich vor allem um Strom aus Sonnenenergie und Windkraft. So wurde ein PV-Modell mit Drehstrom bei 400 Volt (AC) eingeführt. [49] Das CEB arbeitet auch an der Optimierung der Schutz- und Frequenz-/Spannungsregelungseinstellungen der Stromleitungen und Generatoren zur Steigerung der Integration von erneuerbaren Energien sowie an der Anschaffung eines großen Batteriespeicher-



systems zur Netzstabilisierung. Die Langfristige Energiestrategie für 2009 – 2025 zielt zudem darauf ab, Hindernisse für Investitionen der Privatwirtschaft in netzgekoppelte PV-Anlagen zu beseitigen und Anlagen dieses Typs mit einer Leistung von drei Megawatt zu bauen. Das CEB bestätigte, dass die Kosten für die Errichtung einer PV-Anlage mit zwei Megawatt Leistung im Rahmen des Programms wie in der ersten Programmphase vollständig von der Ertragssteuer abgesetzt werden können. Im Rahmen der Regelung speisen Kunden, die selbst Strom erzeugen, überschüssige Energie in Form von kWh-Gutschriften ins Netz ein. Die Gutschriften werden verwendet, wenn der von der Anlage des Kunden erzeugte Strom zur Deckung der Nachfrage nicht ausreicht. Das mauritische Netz umfasst nun fünf Megawatt, die aufgeteilt und auf Kunden der Kategorie „Inlandskunden“ (vier Megawatt), „Inlandskunden – Drehstrom“ (ein Megawatt) und weitere Kunden mit einer Last von weniger als 20 Kilowatt verteilt werden. Nach der Ankündigung der Regierung in der kürzlich gehaltenen Rede über das Staatsbudget arbeitet das CEB an der Einführung einer „Bruttozählerregelung“. Dieser Mechanismus sieht vor, dass ein Prosument den gesamten von ihm erzeugten Strom ins Netz einspeisen und den von ihm verbrauchten Strom gänzlich vom Versorgungsunternehmen zurückkaufen muss. Selbstverständlich erfolgt dies zu unterschiedlichen, bislang jedoch noch nicht veröffentlichten Tarifen. [60]

### 2.3 Identifizierung und Bewertung tragfähiger Teilsektoren für Pilotprojekte auf Mauritius

Da sich die Marktdurchdringung der Elektromobilität auf Mauritius noch in einem frühen Stadium befindet, werden kommerzielle Fahrzeugflotten als ein optimales Segment für die Frühphase der Markteinführung angesehen. Im Vergleich zu Privatfahrzeugen zeichnet sich das Nutzfahrzeugsegment durch größere Fahrleistungen und einen höheren Anteil am Fahrzeugabsatz aus. In der vorliegenden Studie werden anhand der täglich gefahrenen Strecken einige der für einen Wechsel zur Elektromobilität am besten geeigneten Sektoren ermittelt.

Erhebliches Potenzial für die Einführung der Elektromobilität im Nutzfahrzeugbereich bieten vor allem die Sektoren, in denen das Land bereits über Wettbewerbsvorteile verfügt, etwa wegen der vorhandenen natürlichen Ressourcen, dem technischen Know-how und der bestehenden Infrastruktur. Darüber hinaus steht die Entwicklung dieser Sektoren im Einklang mit den langfristigen Zielen der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes.

Auf der Grundlage der in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten Forschungsergebnisse sowie der in Interviews mit Unternehmen und Experten gewonnenen Erkenntnisse wurden die nachfolgend aufgeführten Teilsektoren als besonders geeignet für die Elektromobilität erkannt. Aufgrund ihres hohen Anteils am Verkehrsaufkommen dürften diese Teilsektoren eine signifikante Wirkung haben:

- Tourismus
- Produktion
- öffentlicher Nahverkehr
- Fracht und Logistik
- Baugewerbe

#### 2.3.1 Bewertung der Teilsektoren für Pilotprojekte

Die in diesem Kapitel vorgestellten Informationen beruhen auf den im Rahmen früherer Studien des Reiner Lemoine Instituts gesammelten Erfahrungen sowie auf Interviews mit Unternehmen und Experten auf Mauritius.

##### Tourismus

Der Teilsektor Freizeitmobilität und Tourismus hat in den meisten Ländern einen hohen Anteil am Verkehrsaufkommen und bietet große Chancen für Geschäftsmodelle, die im Zusammenhang mit der Elektromobilität stehen. 2018 übertraf die Zahl der Touristen, die die Insel besucht haben, die Einwohnerzahl der Insel [40]. Die Tourismusbranche selbst umfasst unter anderem Unterkünfte, Beförderungsleistungen, Verpflegung, Reisebüros, Reiseveranstalter und Unterhaltungseinrichtungen. Der Verkehr ist daher wesentlicher Bestandteil des touristischen Erlebnisses und kann somit einen großen Beitrag zur Bereicherung des Aufenthalts spielen. Mit dem zunehmenden Wachstum der Tourismusbranche [40] bietet sich jetzt eine günstige Gelegenheit, um die potenziellen Vorteile zu nutzen, die Mauritius für die Elektromobilität bietet: geringe Entfernungen und ein digital gut ausgearbeitetes geografisches Informationssystem. Rund 83 Prozent der Touristen bewegen sich auf der Insel mit Privatfahrzeugen fort. Dieser Bedarf kann als Grundlage für den Aufbau der Ladeinfrastruktur dienen. Die umfangreiche für Touristen bereitgestellte Mietwagenflotte bietet gute Möglichkeiten, um Elektrofahrzeuge im Rahmen

von Pilotprojekten einzuführen. Reiseveranstalter können höhere Preise verlangen, wenn sie für ihre Kunden Elektrofahrzeuge nutzen und ihnen solche Fahrzeuge anbieten.

Einer der psychologischen Aspekte des Tourismus besteht darin, dass der Besucher seinen Aufenthalt auf Mauritius als Gelegenheit nutzen kann, sein „ideales Selbst“ durch eine Testfahrt mit einem emissionsfreien Fahrzeug auszuprobieren, was den Sektor noch geeigneter für die Belange der Elektromobilität macht. Da das „Selbst(verständnis)“ der Reisenden dynamischer und offener für das Aus- und Anprobieren neuer Identitäten ist, erhöht sich die Chance, eine Veränderung des Verkehrsverhaltens und des Mobilitätskonsums voranzutreiben. [50]

### Produktion

Auch das verarbeitende Gewerbe ist für die Elektromobilität viel versprechend. Nach dem Verkehrssektor, auf den 54 Prozent des Energieverbrauchs entfallen, ist das verarbeitende Gewerbe mit 21 Prozent der zweitgrößte Endverbraucher von Energie. Dabei entfallen 85 ktoe auf Strom, 36 ktoe auf Heizöl, 36 ktoe auf Diesel, 22 ktoe auf Bagasse und 21 ktoe auf Kohle. Fertigungsunternehmen wie United Basalt Products (UBP) und Archemics verfügen über eine große Lkw-Flotte und verbrauchen daher große Mengen an Dieselmotorkraftstoff, der durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen eingespart werden kann. Vor allem Zuckerfabriken haben einen hohen Transportbedarf und sind gleichzeitig die wichtigsten unabhängigen Stromerzeuger. Sie verfügen oft über große Fahrzeugflotten, mit denen sie Zuckerrohr, raffinierten Zucker und andere Rohstoffe transportieren. Der Fuhrpark dieser Unternehmen bietet vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz von Elektrofahrzeugen.

In diesem Zusammenhang sind jedoch die Stromtarife zu berücksichtigen, die die Unternehmen bezahlen. Die mauritische Industrie profitiert von vergünstigten Stromtarifen. Dadurch wird es möglicherweise schwieriger, Investitionen in eine eigene PV-Anlage zu rechtfertigen. Die Situation kann sich allerdings anders darstellen, wenn die Elektromobilität getrennt von der Eigenstromerzeugung betrachtet wird. Für die meisten Zuckerfabriken kann der Einsatz von Elektrofahrzeugen sogar vorteilhafter sein, da sie Strom erzeugen (teils aus Bagasse, aber meist noch aus Kohle), den sie zu sehr niedrigen Tarifen in das Stromnetz des CEB einspeisen. Wenn sie dagegen ihre Elektrofahrzeugflotte mit selbst erzeugtem Strom laden würden, könnten sie auf einen Teil des kostenintensiven Kraftstoffs verzichten.

### Öffentlicher Nahverkehr

Eine aktuelle Umfrage von Vencataya et al. [51] zeigt, dass die Verkehrsüberlastung das dringendste Verkehrsproblem für die mauritische Bevölkerung darstellt. Jeden Morgen pendeln mehr als 150.000 Menschen nach Port Louis; neben der U-Bahn gibt es einen neuen Trend hin zur Förderung des öffentlichen Nahverkehrs und von Fahrgemeinschaften. Täglich sind etwa 3.000 Busse im Einsatz. Die Zahl der Pkw-Halter hat zwar zugenommen [40], die Umfrage zeigt jedoch, dass 48 Prozent der Befragten nach wie vor Busse als ihr tägliches Verkehrsmittel angeben. Dies beruht zum Teil darauf, dass Schüler, Studenten und Personen über 60 Jahre die Busse kostenlos nutzen können. Rund 49 Prozent der Nutzer bewerteten den öffentlichen Nahverkehr als „durchschnittlich“, 20 Prozent als „schlecht“, 27 Prozent als „gut“ und vier Prozent sogar als „ausgezeichnet“. Faktoren, die zu dieser eher negativen Resonanz beitragen, können undurchsichtige und unzuverlässige Fahrpläne, begrenzte Betriebszeiten, ein geringer Fahrgastkomfort sowie die hohe Abgasbelastung sein. Diese Faktoren machen die Branche zu einem wichtigen Markt für die Elektrifizierung.

Die neue U-Bahn-Linie wird den Stadtkorridor von Curepipe mit Port Louis verbinden. Andere öffentliche Verkehrsunternehmen könnten sich daher auf verschiedene Last-Mile-Geschäftsmodelle konzentrieren, die Pendler von zu Hause bis zur U-Bahn-Station bringen. Gleichzeitig richtet sich die U-Bahn an die Mitarbeiter des öffentlichen Dienstes und die Pendler, die zwischen den wichtigsten Ballungszentren verkehren, sodass sich die Verbesserung der Busflotte auch für andere Märkte als vorteilhaft erweisen könnte, darunter nicht zuletzt der Tourismus.

### Verkehrsunternehmen als Mobilitätsdienstleister

Emissionen entstehen vor Ort nicht nur durch den motorisierten Individualverkehr, sondern auch durch den öffentlichen Nahverkehr mit konventionellen Bussen sowie durch Schüler- und Shuttledienste. Aufgrund der häufigen Fahrten und ihrer Terminierung eignen sie sich besonders für die Elektrifizierung. Die so entstehende, vorhersehbare Nachfrage kann als Grundlage für den Aufbau der Ladeinfrastruktur dienen. Darüber hinaus kann der öffentliche Nahverkehr in Zukunft flexibler, individueller und attraktiver gestaltet werden, indem er nicht mehr nach einem festen Fahrplan betrieben wird, sondern zunehmend die Kundenbedürfnisse berücksichtigt und bedient. Hier können langfristig autonom und elektrisch betriebene Shuttledienste



mithilfe von On-demand-Lösungen die bedarfsgerechte Beförderung der Fahrgäste sicherstellen. [52]

### Fracht und Logistik

In den letzten Jahrzehnten hat sich Mauritius darauf konzentriert, sich als eine der wichtigsten Drehscheiben für den Handel in Ost- und Südafrika zu positionieren und hat in Lager-, Logistik- und Versandabwicklungseinrichtungen für Partner investiert, um den Handel mit Afrika, Europa und Asien zu erleichtern. Dadurch wurden große Reedereien, Expresskurierdienste und Speditionen auf Mauritius als Logistikplattform aufmerksam. Da Logistikunternehmen und Lieferdienste über umfangreiche Fuhrparks verfügen, stellen sie einen wichtigen Teilsektor für die Elektromobilität und mögliche Pilotprojekte dar. Vorgegebene Fahrtrouten und eine hohe Fahrtfrequenz sind für die in diesem Teilsektor eingesetzten Fahrzeuge typisch. Dies schafft eine vorhersehbare Nachfrage nach Ladeinfrastrukturen.

### Nutzfahrzeugflotten und Fuhrparks des öffentlichen Diensts

Nutzfahrzeugflotten und Fuhrparks von Behörden sind kalkulierbare Stromverbraucher, denn die Fahrzeuge müssen regelmäßig aufgeladen werden. Durch die Verringerung der Fahrzeugzahl und den Austausch der verbleibenden Fahrzeuge gegen Elektrofahrzeuge können die Emissionen reduziert und der innovative Charakter des Gewerbes oder der Behörde gestärkt werden. [22] Öffentlich Bedienstete auf Mauritius können die Duty-Free-Car-Scheme-Regelung nutzen. Über ein Darlehen zu vergünstigten Konditionen kann so ein zu 100 Prozent vom Zoll befreites Auto gekauft werden. Die Regelung gilt seit ihrer Einführung im Jahr 1987 und wurde seither verbessert. Sie enthält aber keine Bestimmungen für Elektrofahrzeuge, die bereits für alle Verbraucher zollfrei sind. Da die meisten öffentlich Bediensteten in Port Louis und Ebene arbeiten, besteht die Möglichkeit, auf vielen Parkplätzen solarstrombetriebene Ladestationen einzurichten, wenn die Regierung Maßnahmen einführt, die den Erwerb von Elektrofahrzeugen anstelle von konventionellen Fahrzeugen fördert.

### Baugewerbe

Angesichts des anhaltenden Baubooms und der erwarteten Intensivierung der Elektromobilität ist es unerlässlich, Überlegungen zur Integration von Elektromobilitätslösungen in Wohnanlagen oder „Smart Cities“ anzustellen. So gilt es, Netzanschlüsse frühzeitig zu planen und intelligente Lösungen für das gleichzeitige Laden von mehreren Elektrofahrzeugen zu entwickeln. Darüber hinaus sind Wohnungen und Büros die wichtigsten Ausgangs- und Endpunkte des Verkehrs, weshalb das Baugewerbe im Zuge der Mobilitätswende für die Etablierung zukunftsweisender und innovativer Mobilitätslösungen einschließlich der Elektromobilität von wesentlicher Bedeutung ist. Die meisten Ladevorgänge von batterieelektrischen Fahrzeugen finden an denselben Ladestationen statt – zu Hause und am Arbeitsplatz. Im Zuge der Energiewende der letzten Jahre haben immer mehr Wohnungsunternehmen in die energetische Sanierung von Immobilien und in den Bau von PV-Anlagen und Blockheizkraftwerken investiert. Mit diesen Anlagen können Elektrofahrzeuge mit lokal erzeugtem Ökostrom geladen werden. [22]

### 2.3.2 Marktgröße der identifizierten Teilsektoren auf Mauritius

#### Tourismus

Im Jahr 2018 reisten rund 1,34 Millionen Touristen nach Mauritius (mehr als der Inselstaat Einwohner hat), für 2019 wird mit 1.450.000 Besuchern gerechnet. [40] Es gibt auf der Insel 114 lizenzierte Hotels mit 56 Resorts. Der Gesamtanteil des Tourismus am BIP betrug 26,3 Prozent. [40] Der Tourismus hat auf Mauritius in den letzten Jahren stetig zugenommen. Nach den Bemühungen der Regierung zur Entwicklung des lokalen Tourismussektors ist es sehr wahrscheinlich, dass der Sektor in den kommenden Jahren weiter wachsen wird. Die gut ausgebaute Infrastruktur, der Zugang zu kostengünstigen und gut ausgebildeten Arbeitskräften, attraktive Investitionsanreize und bestehende Verbindungen zu Branchenvertretern in der Europäischen Union sowie im östlichen und südlichen Afrika bieten ausgezeichnete Wachstumschancen.

## Produktion

Die Fertigungsindustrie spielt seit mehr als 40 Jahren eine wichtige Rolle bei der wirtschaftlichen Entwicklung von Mauritius. Der Sektor ist nach wie vor eine wichtige Säule der mauritischen Volkswirtschaft und umfasst ein breites Spektrum an Betrieben, die von Lebensmitteln und Textilien über hochwertigen Schmuck bis hin zu Medizinprodukten unterschiedlichste Erzeugnisse fertigen. 2017 hatte das verarbeitende Gewerbe einen Anteil von 11,8 Prozent am BIP und beschäftigte rund 98.700 Menschen in über 700 Unternehmen. [40] Zur traditionellen verarbeitenden Industrie gehören vor allem die Branchen Textil und Bekleidung sowie Landwirtschaft und Fischerei. Mauritius ist ein Nettoimporteur von Lebensmitteln mit einem Selbstversorgungsgrad von insgesamt weniger als 30 Prozent. Aufgrund seiner geringen Größe, fehlenden Größenvorteilen und des historisch komparativen Kostenvorteils des Zuckerrohanbaus importiert Mauritius viele seiner Grundnahrungsmittel. Mauritius hat sich als Brücke zwischen Afrika und Asien positioniert und bemüht sich darum, die Abhängigkeit von Zucker, Textilien und Tourismus zu überwinden und die Volkswirtschaft zu diversifizieren. Vor diesem Hintergrund hat das Land die Branchen Offshore-Banking, Business Outsourcing und Luxusimmobilien sowie den medizinischen Tourismus entwickelt. [40]

## Öffentlicher Nahverkehr

Der öffentliche Nahverkehr verzeichnet einen Umsatz von 6,906 Millionen Euro und macht 3,3 Prozent des BIP aus. Nach Untersuchungen des Ministeriums für öffentliche Infrastruktur und Überlandverkehr entspricht das Verkehrssystem auf Mauritius nicht den Erwartungen der Beteiligten, einschließlich der 750.000 Fahrgäste, die täglich mit dem Bus fahren. [53] Verschärft wird dies durch die täglichen Staus während der Hauptverkehrszeiten. Die Gesamtkosten dieser Verkehrsstörungen für die Wirtschaft werden auf etwa 1,3 Prozent des BIP geschätzt. [54] Angesichts des Platzmangels dürften Elektrobusse zu einem wichtigen Element eines nachhaltigen Verkehrssystems werden, das neben der neuen Stadtbahn, die ebenfalls zur Verbesserung der Situation beitragen wird, auch ausreichende Fußgängerwege und öffentliche Räume vorsieht.

Die öffentlichen Verkehrsnetze nutzen das bestehende, begrenzte Autobahnnetz, wodurch in den Gebieten auf mittlerer Höhenlage nur wenige Verbindungsstraßen existieren. Dabei handelt es sich in der Regel aus parallelen Strecken,

die vom dicht besiedelten Zentralplateau bis zur Hauptstadt und zum Küstenstreifen führen. Überland- und Stadtbusse haben keine eigenen Busspuren, sodass ihre Leistungsfähigkeit nicht zuletzt von den allgemeinen Verkehrsbedingungen beeinflusst wird. Unter diesen Bedingungen unterliegt die Leistungsfähigkeit des Bussystems derzeit ausgeprägten Schwankungen. Schließlich sind die Nutzer des öffentlichen Nahverkehrs hauptsächlich auf ebendiese Verkehrsmittel angewiesene Fahrgäste, denen keine anderen Verkehrsmittel zur Verfügung stehen, denn der öffentliche Nahverkehr wird nicht als attraktive Alternative zum Privatfahrzeug angesehen.

## Fracht und Logistik

Das Hotel- und Restaurationsgewerbe macht einen wesentlichen Teil des touristischen Angebots aus, obwohl auch inländische und Geschäftskunden bedient werden. Der Sektor erwirtschaftet 5,983 Millionen Euro; dies entspricht vier Prozent des BIP.

## Baugewerbe

Die Hälfte der Bürgerinnen und Bürger von Mauritius ist Eigenheimbesitzer, bei der Millennial-Generation liegt die Zahl noch höher (67 Prozent). [50] Im Jahr 2017 wurde ein Heimsolarprojekt für die Installation von 10.000 Aufdach-PV-Modulen auf den Häusern von einkommensschwachen Familien gestartet. Gleichzeitig wurde ein Ökostrom-Programm für die Installation von 2.000 PV-Anlagen mit einer Leistung von vier Megawatt ins Leben gerufen. Das CEB hat auch ein PV-Rabattsystem eingeführt. [56] Im Rahmen dieser Regelung können Investitionen für den Kauf und die Installation der PV-Anlage von der Einkommensteuer abgesetzt werden und die Prosumenten haben einen Anspruch auf zinsgünstige Kredite für PV-Anlagen.

In ihrem Staatshaushalt für 2015 hat die Regierung von Mauritius „dreizehn Megaprojekte“ vorgesehen. Im Rahmen dieser Projekte soll das „Smart Cities“-Konzept in acht Regionen des Landes eingeführt werden. Städte gelten als „Smart Cities“ wenn durch Investitionen in Human- und Sozialkapital sowie Infrastrukturen für Informations- und Kommunikationstechnologien eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung und eine hohe Lebensqualität gefördert werden. Der Einsatz der verfügbaren Ressourcen beruht dabei auf wohlinformierten Entscheidungen und einer umfassenden Bürgerbeteiligung. [57] Einer der wichtigsten

Aspekte von Smart Cities sind intelligente Verkehrssysteme, die eine bessere Nutzung und Bewirtschaftung der verfügbaren Routen, Daten und Dienste ermöglichen. Die mauritischen Smart Cities sollen vor allem hochmoderne Mobilitätslösungen zur Bewältigung der großen Stau-Probleme bieten. Durch die große Bedeutung, die umweltfreundlichen Energiepfaden im Smart Cities-Konzept zukommt, gibt es in diesem aufstrebenden Sektor viel Potenzial für Elektromobilität. Folgende Regionen wurden für die Projekte ausgewählt: die Omnicane Airport City im Südosten, das St. Félix Village im Süden, der Médine Integrated Park im Westen, Roches Noires im Nordosten, das Azuri-Phase-2-Projekt im Osten, das Terra-Projekt im Norden, die Highlands City im Zentrum sowie das Richeterre-Projekt in der Nähe von Port Louis.

### 2.3.3 Mögliche Pilotprojekte für geeignete Teilsektoren

In diesem Kapitel werden Handlungsempfehlungen und Möglichkeiten für innovative, potenziell wirtschaftlich tragfähige Pilotprojekte in geeigneten Teilsektoren vorgestellt. Die Elektromobilität hat sich noch nicht durchgesetzt und die aktuellen Geschäftsmodelle befinden sich noch im Wandel. Letztere hängen von den spezifischen Rahmenbedingungen des jeweiligen Landes ab. Daher ist es noch nicht möglich, eine fundierte Aussage darüber zu treffen, inwiefern die Geschäftsszenarien, die den beschriebenen Pilotprojekten auf Mauritius zugrunde liegen, erfolgreich sein werden. Insbesondere ist festzustellen, dass auf Mauritius noch immer die folgenden Einschränkungen bestehen, die die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Pilotprojekte beeinträchtigen (Zum Zeitpunkt der Drucklegung wurde der neue Staatshaushalt gerade beschlossen, wodurch sich die vorliegenden Einschätzungen ändern können.) [58]

- Nur das CEB darf Strom verkaufen.
- Das CEB nimmt keine Anträge für kleine Stromerzeugungsanlagen mehr an.
- Keine Einspeisevergütung bei einer installierten Leistung von über 50 Kilowatt.
- Unzureichende finanzielle Anreize und Instrumente zur Risikominderung.

- Keine finanzielle Unterstützung in Form von Einspeisevergütungen für den Stromgroßhandel zur Förderung der Marktentwicklung.

Das Ziel dieser Studie besteht darin, die aktuellen Rahmenbedingungen zu verbessern, die für Unternehmen in Bezug auf das Stromnetz und die monatlich von den Prosumen zu leistenden Zahlungen bestehen.

Damit der Wechsel von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu Elektrofahrzeugen wirklich umweltfreundlich ist, sollte der gesamte oder zumindest der Großteil des verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Energien stammen und nicht dem Netz entnommen werden, da der Strom auf Mauritius nach wie vor hauptsächlich aus fossilen Energieträgern erzeugt wird (siehe Abbildung 4). Daher sollte für jedes der Pilotprojekte geprüft werden, ob nicht eine PV-Anlage und – unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkungen – ein zusätzlicher Batteriespeicher gebaut werden sollten.

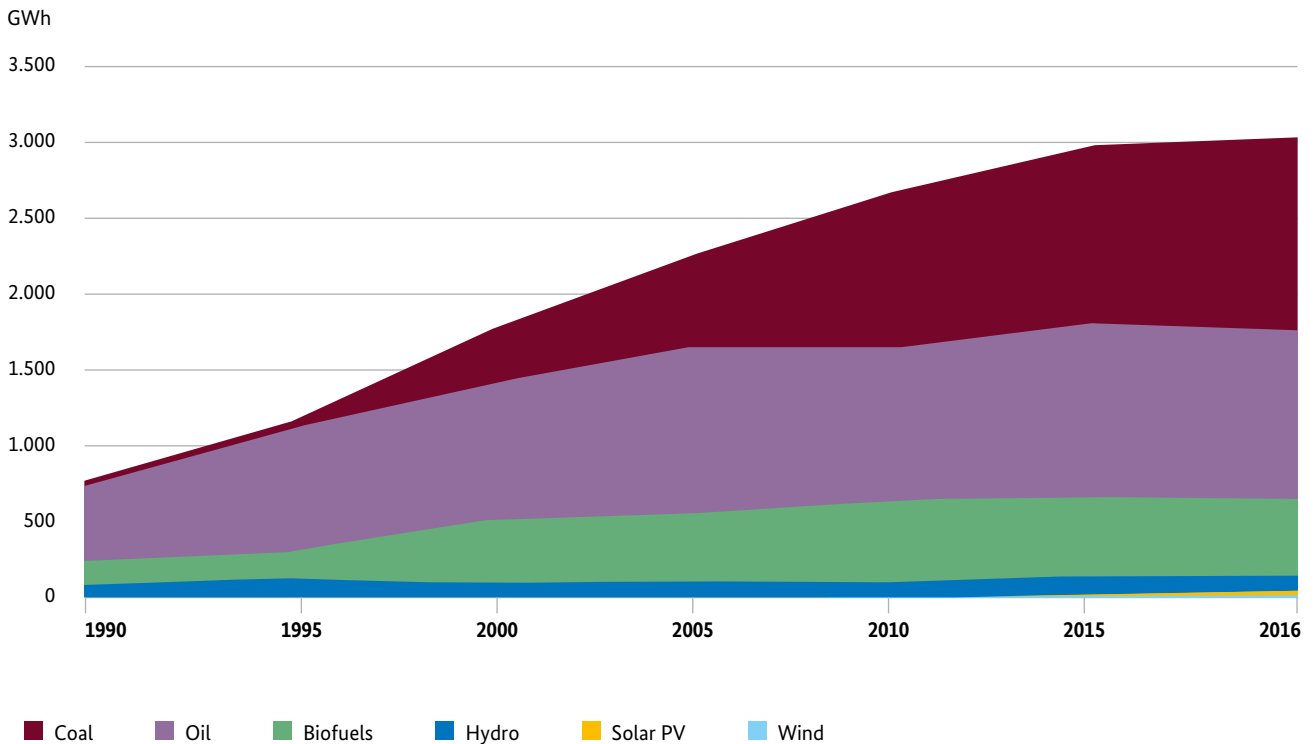
Soll der für das Laden der Elektrofahrzeuge benötigte Strom vollständig aus einer solarstrombetriebenen Ladestation mit Batteriespeicher bezogen werden, ist es wichtig, dass die Flotte auch tagsüber geladen werden kann. Ist dies nicht der Fall, d. h., werden die Fahrzeuge der gesamten Flotte tagsüber genutzt, müsste die Batterie so groß dimensioniert werden, dass der in der Batterie gespeicherte PV-Strom abends den Fahrzeugen zur Verfügung steht. Dies würde den Batteriespeicher schlichtweg zu teuer und unrentabel machen.

Wird mehr Strom erzeugt, als für den Ladebedarf der Fahrzeuge benötigt wird, muss die erzeugte Energie gespeichert (sofern sie nicht ins Netz eingespeist werden kann) oder für andere Zwecke, beispielsweise den sonstigen Eigenverbrauch, verwendet werden; alternativ kann die PV-Anlage auch abgeschaltet werden.

### Tourismus

Im Teilsektor Tourismus und Individualverkehr gibt es auf Mauritius eine Vielzahl von Möglichkeiten für Pilotprojekte, darunter insbesondere folgende:

- Fahrgemeinschaften
- Carsharing

**Abbildung 4: Stromerzeugung nach Energieträgern**

Quelle: auf Grundlage von [62]

- Vermietung von Elektrofahrzeugen an Touristen
- Vermietung von elektrischen Zweirädern (Roller, E-Bikes)
- Vermietung von Elektrobooten

Die einzelnen Pilotprojekte können in einer Mobilitätsstation gebündelt werden, die mit einer PV-Anlage eigenen Strom erzeugt und diesen in Zeiten, in denen keine Ladekapazität benötigt wird, in einem Batteriesystem speichert.

### Produktion

Bisher gibt es noch keine echten batterieelektrischen Alternativen für die Schwerlastfahrzeuge, die auf Mauritius häufig im verarbeitenden Gewerbe und in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Daher ist es derzeit noch nicht möglich, ein sinnvolles wirtschaftliches Pilotprojekt für diese Fahrzeuge zu entwerfen. In diesen Sektoren könnten jedoch Kleintransporte und der Personenverkehr durch die System-

komponente elektrifiziert werden, etwa im Fracht- und Logistiksektor (siehe unten).

### Öffentlicher Nahverkehr

Die derzeit weltweit noch relativ niedrigen Preise für Dieselmotoren erschweren den wirtschaftlichen Betrieb von Elektrobussen auf Mauritius. Dennoch können Elektrobusse auch ohne zusätzliche staatliche Anreize (die jedoch wegen der Verbesserung der Luftqualität, insbesondere in den städtischen Gebieten, für die öffentliche Gesundheit gerechtfertigt sein könnten) bis 2020 wirtschaftlich tragfähig werden. [59] Daher könnte es sinnvoll sein, mit der Elektrifizierung der Busflotte zu beginnen. So könnte etwa ein Premium-Busdienst eingeführt werden, für den Kunden bereit sind, mehr zu zahlen. Ein praktikableres Pilotprojekt könnte der MaaS-Ansatz in Verbindung mit multimodalen Elektrofahrzeugen sein. Dieser wäre auch für Touristen interessant, auf die ein hoher Anteil des Verkehrsaufkommens entfällt.

### Fracht und Logistik

Um den Lieferwagenverkehr in den Städten von Mauritius zu verringern, besteht die Möglichkeit, Packstationen außerhalb der größeren Städte einzurichten. Von den Stationen aus können die Pakete dann mit Elektrorollern oder -fahrrädern an die Kunden ausgeliefert werden. Eine solche Maßnahme würde nicht nur die Emissionsbelastung in den Städten verringern, sondern auch Kosten für Dieselmotorkraftstoff einsparen.

Angesichts der Streusiedlungsstruktur auf Mauritius können Logistik- und Handelsunternehmen, insbesondere solche mit höheren Reichweiten, stark vom Geschäftsmodell der Firma Megapower Ltd. aus Barbados profitieren. Neben dem Verkauf und der Wartung von Elektrofahrzeugen plant und realisiert das Unternehmen auch Solar-Carports, an denen Kunden ihre Fahrzeuge aufladen können. Durch die Einrichtung von mehr als 40 über die ganze Insel ver-

teilten Ladestationen bietet Megapower seinen Kunden je nach Ladebedarf verschiedene Mitgliedschaftsoptionen. Im Rahmen dieses Projekts wurden Elektrofahrzeuge erfolgreich von hochrangigen Beamten getestet, was dazu beigetragen hat, Elektrofahrzeuge für die Bevölkerung im Allgemeinen attraktiver und besser zugänglich zu machen (siehe Kapitel 2.1.4).

### Baugewerbe

Ein Pilotprojekt, bei dem eine Mobilitätsstation mit PV-Anlage und Batteriespeicher sowie mehrere Ladestationen für die Bewohner vorgesehen sind, steigert nicht nur den Wert einer Immobilie, sondern erleichtert auch die Entscheidung für den Kauf eines Elektrofahrzeugs. Dasselbe gilt für Smart Cities, die derzeit geplant oder im Bau sind und die den politischen Prioritäten der jetzigen Regierung entsprechen.





## 2.4 Pilotprojekte und zugehörige Geschäftsszenarien

Im Rahmen der Studie wurden die Fahrzeugflotten von vier ausgewählten Unternehmen aus verschiedenen Teilssektoren, die sich besonders für die Umsetzung von Pilotprojekten auf Mauritius eignen, genau untersucht. Die detaillierten Analysen wurden den Unternehmen vorgestellt und in separaten Unternehmensberichten beschrieben und fanden schließlich Eingang in einen abschließenden Workshop-Bericht. An dieser Stelle werden die wichtigsten Schlussfolgerungen zusammengefasst, die für die verschiedenen Teilssektoren relevant sind.

Soweit möglich, wurden aus den bereitgestellten Daten die Fahrprofile von Teilen des jeweiligen Firmenfuhrparks analysiert. Ein Fahrprofil umfasst alle Fahrten eines Fahrzeugs innerhalb des vorgegebenen Betrachtungszeitraums. Anschließend wurde ein gleichwertiges Elektrofahrzeug zur Substitution ausgewählt und der stündliche Strombedarf über ein Jahr ermittelt. Auf dieser Grundlage wurde berechnet, wie ein dezentrales Energiesystem, bestehend aus einer PV-Anlage und einem Batteriespeicher dimensioniert sein müsste. Dabei wurden die erforderliche Kapazität des Batteriespeichersystems und die Leistung der PV-Anlage für eine vollkommen autonome, netzferne Stromerzeugungsanlage berechnet. Schließlich wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der Analysen und Simulationen sowie von Stakeholder-Interviews Empfehlungen für denkbare Geschäftsszenarien gegeben.

Anhand der Fahrtenbücher wurde der aktuelle Zustand des Fuhrparks genauer betrachtet. Dazu wurden die folgenden Werte ermittelt:

- Die Fahrleistung (Kilometerstand) eines Fahrzeugs gibt alle im betrachteten Zeitraum gefahrenen Kilometer an. Zur Ermittlung der jährlichen Fahrleistung wurde die Fahrleistung im Betrachtungszeitraum ermittelt und auf ein Jahr hochgerechnet.
- Die Betriebszeit entspricht der in den Fahrtenbüchern angegebenen Fahrzeit. Um die Zeitauslastung vergleichbar darzustellen, werden die Betriebszeiten auf einen Referenzzeitraum bezogen. In der Analyse wird zwischen zwei verschiedenen Zeitauslastungen unterschieden: der durchschnittlichen Anzahl der unter der Woche eingesetzten Fahrzeuge und der durchschnittlichen Anzahl der am Wochenende eingesetzten Fahrzeuge.

Aus den zurückgelegten Strecken lassen sich weitere aufschlussreiche Zusammenhänge ableiten: Wie häufig kommt es vor, dass ein Elektrofahrzeug während des Betriebs zwischendurch geladen werden muss? Welcher Anteil der Fahrleistung könnte bereits rein elektrisch durchgeführt werden?

Als Grenzwert für die Elektrifizierung wurde eine Reichweite von 200 Kilometern angenommen.

### 2.4.1 Tourismus

Bei dem ausgewählten Unternehmen handelt es sich um einen integrierten Tourismusdienstleister und eine der größten und angesehensten Destination Management Companies (DMC; Zielgebietsagenturen) auf Mauritius. Das Unternehmen beschäftigt mehr als 300 Mitarbeiter und verfügt über Expertise in den Bereichen kundenspezifische Programme, Hochzeiten, Sonderveranstaltungen, Flughafentransfer, Freizeitaktivitäten und Logistik. Die Fahrten betreffen hauptsächlich Passagiertransfers zwischen dem Flughafen und dem Hotel. Angesichts der Art des Geschäftsmodells des Unternehmens sind Transportdienstleistungen für den Betrieb unerlässlich. Die Fahrzeuge werden für drei Arten von Dienstleistungen eingesetzt: Transport, Ausflüge und Reisegruppen, wobei der Gruppenservice ebenfalls Ausflüge und Transport umfasst.

Um festzustellen, welcher Teil des Fuhrparks des Unternehmens am besten für die Elektrifizierung geeignet ist, wurden im Rahmen der Studie Fahrzeuge aus allen drei Servicekategorien untersucht. Grundlage der Analyse bildeten die detaillierten Fahrtenbücher der jeweiligen Fahrzeuge. Da der Kilometerstand jedoch von den Fahrern manuell eingegeben wurde und manchmal mehrere Fahrten hintereinander als eine Fahrt dargestellt wurden, entsprechen die Daten nur teilweise der Wirklichkeit.

Für diese alternativen Fahrzeuge wurde der erforderliche Mehrbedarf an Strom unter der Annahme ermittelt, dass die Fahrzeuge vollständig über eine eigene PV-Anlage samt Stromspeicher geladen werden, die als eigenständiges Firmen-Minigrd realisiert wurde. Die Simulation ergab, dass ein Austausch von fünf Transportfahrzeugen, drei Fahrzeugen für Reisegruppen und zwei Fahrzeugen für Ausflüge zwar zu Stromgestehungskosten von 28 bis 44 MUR/kWh (gegenüber den derzeitigen Tarifen von 6 bis 10 MUR/kWh) führen, gleichzeitig aber 100 t an CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr einsparen würde.

Um genügend Energie für die Deckung des Bedarfs des elektrifizierten Fuhrparks zu speichern, ist eine sehr hohe Speicherkapazität erforderlich. Aufgrund der derzeit noch hohen Batteriekosten sind die Stromgestehungskosten deutlich höher als die aktuellen Netzstrompreise auf Mauritius. Ein kleineres separates Minigrid wäre jedoch wirtschaftlich sinnvoll, insbesondere wenn andere Verbraucher tagsüber daraus versorgt würden. So könnte in dieser Zeit die Nachfrage erhöht werden, wodurch die Stromgestehungskosten entsprechend sinken würden. Eine weitere realistische Möglichkeit besteht darin, den Energiebedarf der Elektrofahrzeuge nur an sonnigen Tagen vollständig aus dem Minigrid zu decken und sie ansonsten mit Strom aus dem GEB-Netz zu betreiben.

Da im Rahmen der vorliegenden Analyse jedoch nur die insgesamt benötigte PV-Leistung und Batteriekapazität berechnet werden konnte, sollten weitere Detailanalysen durchgeführt werden. Dabei sollten der beste Standort für die PV-Anlage, die Zahl und Größe der benötigten Batterien sowie die Standorte der Ladestationen berücksichtigt werden, wobei letztere u. a. von den Strecken abhängen, die mit den Fahrzeugen bedient werden. Generell wäre es wünschenswert, wenn am Flughafen und bei verschiedenen Hotels Ladesäulen von verschiedenen Dienstleistern oder Kunden eingerichtet würden, und zwar nicht nur vom jeweiligen Touristikunternehmen selbst.

Der wahrscheinlich beste Weg, um mit dem Austausch von Elektrofahrzeugen eines Firmenfuhrparks zu beginnen, ist angesichts der begrenzten Anzahl von Ladestationen in Mauritius der Austausch der Fahrzeuge der Mitarbeiter, die hauptsächlich in der Firmenzentrale arbeiten. Hier kann das Unternehmen in Verbindung mit einer PV-Anlage eigene Ladestationen errichten. Wenn die Fahrzeuge tagsüber nicht bewegt werden, wird kein großer stationärer Batteriespeicher benötigt. Durch eine intelligente Ladelösung können die Fahrzeuge mehr oder weniger direkt mit dem erzeugten Strom geladen werden. Wenn jedoch mit dem Flughafen, verschiedenen Hotels und Firmenmitarbeitern (wenn die Elektrofahrzeuge über Nacht am Wohnsitz der Mitarbeiter geladen werden) Ladevereinbarungen getroffen werden, können auch Tourenfahrzeuge elektrifiziert werden, wodurch die Betriebskosten deutlich sinken dürften.

Zudem werden die Touristen immer umweltbewusster und sind bereit, mehr für den Ökotourismus auszugeben. Daher ist dessen Förderung nicht nur gut für den Ruf der Unternehmen, sondern steigert auch ihren Umsatz. Die Elektromobilität bietet eine Möglichkeit, diese Entwicklung

voranzutreiben. Durch seine Elektroautos kann ein Unternehmen anderen touristischen Verkehrsunternehmen als Vorbild dienen.

### 2.4.2 Fracht und Logistik

Ein führendes Speditionsunternehmen mit einer Flotte von mehr als 200 Fahrzeugen für verschiedene Tätigkeitsbereiche wurde ebenfalls in die Detailanalyse einbezogen. Aufgrund seiner vielfältigen Tätigkeit verfügt das Unternehmen über eine Vielzahl von Schwerlastfahrzeugen. Dadurch weist die Firma hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen und eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz auf. Die Schwerlastfahrzeuge sind oft nachts auf der Straße unterwegs und tragen so vor Ort erheblich zur Luftverschmutzung und Lärmbelastung bei. Einige ihrer Routen führen durch den urbanen Korridor von Port Louis, wodurch die Gesundheit der Anwohner beeinträchtigt wird. Das Unternehmen verfügt auch über Wartungsfahrzeuge für den Fall, dass Pannen bei Schwerlastfahrzeugen auftreten. Die Nutzung der Wartungsfahrzeuge wird von der vorliegenden Studie getrennt nach Hochsaison und Nebensaison betrachtet.

Auch in diesem Fall ist eine hohe Stromspeicherkapazität erforderlich, um genügend Energie zur Deckung des Strombedarfs der elektrifizierten Flotte zu speichern, wobei die Stromgestehungskosten höher sind als der Netzstrompreis. Der erzeugte PV-Strom kann aber auch zur Deckung des Strombedarfs der Gebäude verwendet werden, wodurch der Tagesbedarf an Strom und der Eigenverbrauch erhöht werden, was durch Skaleneffekte zu niedrigeren Stromgestehungskosten führt. Ferner können Fahrzeuge, die in der Nebensaison nicht eingesetzt werden, entweder von Mitarbeitern oder als flexible Speicher für den erzeugten PV-Strom genutzt werden. So lassen sich Spitzenbelastungen des Unternehmens abdecken und Kosten sparen.

Die Flotte umfasst als weiteren Fahrzeugtyp ein schweres Nutzfahrzeug, das hauptsächlich Ersatzteile von A nach B transportiert. Der Austausch dieses Fahrzeugs bietet eine günstige Gelegenheit, um Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen zu sammeln. Durch die Einrichtung einer Ladestation mit einer PV-Anlage am Hauptsitz des Unternehmens ließe sich der Strombedarf des Fahrzeugs decken.

Der einfachste Weg zur Einführung der Elektromobilität im Unternehmen besteht darin, das schwere Nutzfahrzeug zu ersetzen. So kann der Betriebskostenvorteil von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen am

besten genutzt werden. Ein weiteres interessantes Thema ist der Austausch von schweren Lastkraftwagen, die durch die Stadt fahren und sowohl Lärm verursachen als auch CO<sub>2</sub> ausstoßen. Da diese Fahrzeuge hauptsächlich nachts auf der Straße unterwegs sind, können sie tagsüber geladen und sogar als flexible Stromspeicher genutzt werden. Außerdem bedienen diese Fahrzeuge Zuckerfabriken, die gleichzeitig unabhängige Stromerzeuger sind. Hier bietet sich die innovative Möglichkeit, die Kosten für das direkte Laden der Schwerlastwagen an den Stromerzeugungsanlagen der Zuckerfabriken mit den Transportkosten zu verrechnen. Dies kann sowohl für das Logistikunternehmen als auch für den unabhängigen Stromerzeuger wirtschaftlich von Vorteil sein.

### 2.4.3 Öffentlicher Nahverkehr

Einer der führenden öffentlichen Verkehrsbetriebe auf Mauritius wurde ebenfalls in die Studie einbezogen. Die meisten Busse des Unternehmens erfüllen bereits die Euro-4-Norm. Wegen des hohen Schwefelgehalts im Kraftstoff können die Emissionen jedoch nicht weiter verringert werden. Aufgrund der hohen Anzahl dieser Dieselsebusse und der entstehenden Abgase ist die Luftqualität in einigen dicht besiedelten Gebieten sehr schlecht. Das Hauptziel des Unternehmens besteht darin, die Flottenauslastung zu verbessern und gleichzeitig den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern.

Für diese Studie wurde der Teil der Busflotte betrachtet, bei dem Elektrofahrzeuge als Zubringer für die geplante U-Bahn-Linie eingesetzt werden sollen. Die Entwickler müssen sicherstellen, dass die U-Bahn für eine Verkehrsentlastung sorgt, sodass die Rentabilität gewährleistet ist. Mit dem Zubringerdienst will das Unternehmen näherungsweise eine „Tür-zu-Tür-Verbindung“ anbieten, bei der Pendler nicht mehr als 100 Meter zur nächsten Bushaltestelle zu Fuß zurücklegen müssen. Mit den Elektrobussen können die Probleme der Verkehrsüberlastung, der schlechten Luftqualität und der hohen Lärmbelastung angegangen werden. Da die U-Bahn-Linie noch nicht fertiggestellt wurde, ist noch nicht klar, zu welchen Zeiten die U-Bahnen verkehren werden. Deshalb steht auch der Fahrplan des Zubringerdienstes noch nicht fest.

Wenn der gesamte Strombedarf durch die firmeneigene PV-Anlage und den Batteriespeicher gedeckt werden soll, wäre laut einer ersten Schätzung eine PV-Leistung von fast 1 MWp und eine Batteriekapazität von mehr als 1,6 MWh erforderlich. Dies liegt daran, dass der Busfahrplan voraus-

sichtlich so dicht getaktet sein wird, dass tagsüber kaum Zeit für Ladevorgänge bleibt und daher der gesamte erzeugte Strom gespeichert werden muss, bevor die Busse am späten Abend wieder aufgeladen werden können.

Es bestehen folgende Möglichkeiten, um die erforderliche Batteriekapazität und die Leistung der PV-Anlage zu verringern:

- flexiblerer Fahrplan
- Einführung einer Lademöglichkeit an den Endstationen anstelle der Über-Nacht-Aufladung auf dem Firmengelände
- längere Wartezeiten an den Haltestellen
- Schnellladung an Bushaltestellen mit einer Leistung von 600 bis 1000 Kilowatt (über Stromabnehmer)

Da der öffentliche Nahverkehr ein fester Bestandteil des Stadtbilds ist und von vielen Menschen, darunter auch Touristen, genutzt wird, kann eine Steigerung der Nachhaltigkeit in diesem Bereich große Auswirkungen haben. Da auf Mauritius verschiedene Busunternehmen dieselben Strecken bedienen, kann ein nachhaltiges Nahverkehrskonzept das Image eines Busunternehmens, das über Elektrobusse verfügt, verbessern. Elektrobusse selbst stoßen keine Abgase aus und sind zudem auch sehr leise. Eine weitere Möglichkeit, das Unternehmensprofil zu stärken, ist die Einführung einer App, mit der sich die Nutzer über den genauen Fahrplan informieren und den Zeitpunkt ihrer Ankunft am gewünschten Zielort planen können. Derzeit fahren die Busse nicht nach einem festen Zeitplan, was die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass Menschen, die einen wichtigen Termin einhalten müssen, eher ihr eigenes Auto oder ein Taxi benutzen.

Um die Gesamtzahl der Busse zu reduzieren, sollte die Regierung klar festlegen, welches Busunternehmen welche Strecke betreibt, und schlicht den Markt bestimmen lassen, welche Firma umweltfreundliche Dienstleistungen mit Elektrofahrzeugen zu welchen Kosten erbringen kann. Wenn Schnellladestationen an Bushaltestellen oder Busbahnhöfen, einschließlich PV-Anlagen, die möglicherweise durch einen Batteriespeicher gepuffert werden, von der Zentral- oder Kommunalverwaltung installiert würden, könnte dies die Elektrobusse für die öffentlichen Verkehrsbetriebe wirtschaftlich attraktiver und die Umstellung auf Elektrobusse erschwinglicher machen. Im Interesse der öffentlichen



Gesundheit sollte ein emissionsfreier öffentliche Nahverkehr gefördert und mit öffentlichen Geldern unterstützt werden.

Das untersuchte Unternehmen ist mit der Anschaffung von einem oder zwei Elektrobussen mit gutem Beispiel vorangegangen. Dies stellt einen ersten Schritt auf dem Weg zu einer vollständigen Elektrifizierung der Fahrzeugflotte dar. Auf der Pilotstrecke können genaue Verbrauchs- und Fahrzeiten ermittelt und mögliche Optimierungen im Busfahrplan durchgeführt werden, um den Weg für eine weitere Elektrifizierung zu ebnet.

#### 2.4.4 Produktion

Das ausgewählte Unternehmen war in erheblichem Umfang an großen Infrastruktur- und Bauprojekten des Landes beteiligt. Um festzustellen, welcher Teil des Fuhrparks des Unternehmens am besten für die Elektrifizierung geeignet ist, wurden im Rahmen der Studie Fahrzeuge aus allen Dienstleistungsarten anhand ihrer detaillierten Fahrtbücher untersucht.

Auch in diesem Fall wäre eine sehr hohe Batteriespeicherkapazität erforderlich, um genügend Energie für die Deckung des Strombedarfs des elektrifizierten Fuhrparks zu speichern. Eine vollständige Elektrifizierung auf Basis einer eigenen PV-Anlage mit Stromspeicher ist daher unrealis-

tisch, da dies schlichtweg zu teuer wäre. Die viel versprechendste Vorgehensweise könnte ein Austausch der Flotte in mehreren Schritten sein, der durch ein modulares Firmen-Minigridd mit PV-Anlage und Batterie sowie eine separate Möglichkeit, die Fahrzeuge aus dem CEB-Netz zu laden, realisiert wird. Bei dem Austausch der Fahrzeuge können auch die Verfügbarkeit und die Investitionskosten von Elektrofahrzeugen in den verschiedenen Segmenten berücksichtigt werden. Die große Beliebtheit von Pick-ups auf Mauritius ist ohnehin eine Anomalie, die nur auf einer Sonderregelung des Steuersystems beruht. Pick-ups werden oft als kostengünstiger Ersatz für prestigeträchtige SUVs genutzt, da auf Letztere mitunter eine sehr hohe Verbrauchssteuer erhoben wird.

Das Engagement des Unternehmens für die Elektrifizierung seiner Flotte ist Teil seines Nachhaltigkeitsplans und beinhaltet auch Maßnahmen zur Förderung von umweltfreundlichen Verhaltensweisen bei Mitarbeitern und in der Gesellschaft im Allgemeinen. Im Rahmen dieser Studie wird die Einführung eines Elektromobilitätsplans empfohlen, der mit den Firmenfahrzeugen beginnt, die den Mitarbeitern zur Verfügung gestellt werden. Eine solche Initiative könnte auch die Errichtung einer neuen Car-sharing-Anlage für Elektrofahrzeuge am Hauptsitz des Unternehmens umfassen, sodass die Mitarbeiter in städtischen Gebieten emissionsfrei und nachhaltig unterwegs sein könnten.



### 3. Fazit und Ausblick



Die hier vorgestellte Marktanalyse beruht nicht nur auf der Notwendigkeit, umweltschonende Maßnahmen zu ermitteln, sondern auch auf dem wirtschaftlichen Potenzial, das die Dekarbonisierung des Verkehrssektors für Mauritius mit sich bringen kann. Internationale – insbesondere deutsche – Unternehmen mit Fachkenntnissen in diesem Bereich sind in der Lage, Technologien zu entwickeln und sich an die spezifischen Geschäftsmodelle des Landes anzupassen. Dies kann bei Fahrzeugen wie Elektroautos oder E-Transportern, E-Rollern und E-Bikes beginnen und reicht über die Infrastruktur wie beispielsweise dezentrale solarbetriebene Ladestationen bis hin zu Geschäftsmodellen wie Carsharing oder dem Leasing von E-Flotten. Auch Planungsleistungen für intermodale Verkehrskonzepte und öffentliche Nahverkehrskonzepte sind für mauritische Kunden interessant.

Die relativ hohen Anschaffungskosten und die noch immer begrenzte Fahrzeugpalette stellen auf Mauritius kein Problem dar. Mit Elektrofahrzeugen können niedrigere Betriebs- und Wartungskosten erreicht werden. Zudem wird erwartet, dass die Batteriekosten innerhalb des nächsten Jahrzehnts deutlich sinken werden. In Zukunft können sich durch die Integration von Elektrofahrzeugen in intelligente Stromnetze weitere finanzielle Vorteile ergeben, wenn deren Batterien Regenergie für den Strommarkt bereitstellen oder Angebots- und Nachfragespitzen als Schwarmpeicher ausgleichen. Darüber hinaus sind Batteriewechselkonzepte etwa für Taxis und Zustelldienste zukunftsweisend. Auch für den Betrieb einer Nutzfahrzeugflotte ist es von Vorteil, nicht nur den Einsatz von Elektrofahrzeugen unter den üblichen Bedingungen der Fahrzeugplanung zu optimieren, sondern auch Ladezeiten, -mengen und -standorte einzubeziehen. Die hier vorgestellte Sektoranalyse zur Einführung der Elektromobilität auf Mauritius ist eine Vorstudie, die Lösungsansätze zur Optimierung der entsprechenden Mobilitätsprozesse skizziert und die Vorteile der dezentralen Erzeugung von umweltfreundlicher und bezahlbarer Energie berücksichtigt.

Elektromobilität bedeutet nicht nur, Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren zu ersetzen. Vielmehr eröffnet sie die Möglichkeit, Mobilitätskonzepte von Grund auf zu überdenken bzw. neu zu entwickeln. Im gewerblichen Bereich gilt dies für Pkw und leichte Lieferfahrzeuge ebenso wie für Busse, Taxis, mittelschwere Lkw, Sattelaufleger und Landmaschinen. Eines der Pilotunternehmen testet ein neues Konzept für den innerstädtischen Personenverkehr. Ein anderes prüft die Einführung von Elektrofahrzeugen sowie weitere nachhaltige Möglichkeiten, mit denen Tou-

risten das Land umweltfreundlich erkunden können. Gleichzeitig sind weitere technische Entwicklungsarbeiten notwendig, um auch schwere Lastkraftwagen und Allrad-Pick-ups zu ersetzen; dies ist derzeit jedoch schwierig, weil es für diese Fahrzeugtypen nur wenige elektrisch betriebene Alternativen gibt.

Unternehmen bieten sich derzeit gute Gelegenheiten, um entscheidend an der Einführung der Elektromobilität auf Mauritius mitzuwirken. Die hohe Kaufkraft der Flottenbetreiber und Flottenmanagementgesellschaften stellt einen bedeutenden Vorteil für die Förderung der Entwicklung des Marktes für Elektrofahrzeuge auf Mauritius dar. Darüber hinaus verfügen gewerbliche Fuhrparks in der Regel über eine Handvoll wichtiger Merkmale, die dazu führen, dass die Unternehmen im Unterschied zu Privatkunden in Erwartung künftiger finanzieller Vorteile eher bereit sind, die potenziellen Risiken zu tragen, die die Umstellung auf Elektrofahrzeuge mit sich bringt. Außerdem haben Unternehmen im Gegensatz zu einzelnen Privatkunden mehr Möglichkeiten, sauberen Solarstrom in ihr Geschäftsmodell zu integrieren, wodurch sie ihre Abhängigkeit vom öffentlichen Versorgungsunternehmen verringern und gleichzeitig ihre Kosten für den Fahrzeugbetrieb weiter senken können.

Zusammenfassend können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- **Gesamtbetriebskostenansatz für den Erwerb:** Die untersuchten Unternehmen werden langfristig einen erheblichen finanziellen Vorteil haben, wenn sie ihren Fuhrpark schrittweise gegen Elektrofahrzeuge austauschen.
- **Vorhersagbarkeit der Fahrten:** Die kostenintensivste Komponente der derzeitigen Fahrzeuge mit Elektroantrieb ist die Batterie. Wenn die Fahrzeuge eines Fuhrparks sehr vorhersehbare Routen mit geringen täglichen Abweichungen befahren, können die Batterien so dimensioniert werden, dass Überkapazitäten minimiert und so zusätzliche Vorabinvestitionen in die Speicherung von überschüssigem Strom verringert werden.
- **Hohe Fahrzeugauslastung:** Die Fahrzeuge eines Fuhrparks haben in der Regel eine höhere Auslastung als die Fahrzeuge von privaten Verbrauchern. Dadurch können Flottenbetreiber die potenziell höheren Vorlaufkosten von Fahrzeugen mit Elektroantrieb schneller amortisieren.

- Nutzung von zentralen Parkeinrichtungen: Fahrzeugflotten, die zentrale Parkhäuser nutzen, sind möglicherweise weniger von der öffentlichen Ladeinfrastruktur abhängig und profitieren ggf. von den Größenvorteilen, die sich daraus ergeben, dass in einzelnen Anlagen mehrere Ladestationen errichtet werden.
- Betriebs- und Wartungskosten: Die Energiekosten pro gefahrenem Kilometer sind einer der wichtigsten wirtschaftlichen Faktoren, die Elektrofahrzeuge von anderen Technologien unterscheiden. Insbesondere bei Flotten, deren Fahrzeuge über einen längeren Zeitraum oder in hohen Laufleistungsbereichen betrieben werden, führen die niedrigen Wartungskosten von Elektrofahrzeugen zu erheblichen Kosteneinsparungen.
- Strompreise und Nutzung erneuerbarer Energien: Auf Mauritius sind die Stromtarife für gewerbliche Kunden höher als für private Verbraucher und nochmal deutlich höher als für Industrieunternehmen. Daher profitieren die gewerblichen Tarifkunden des CEB am meisten, wenn sie so viel selbst erzeugten Strom wie möglich nutzen. Die jüngsten Haushaltsmaßnahmen bieten Möglichkeiten für das „intelligente Laden“ von Elektrofahrzeugen durch PV-Anlagen.
- Alternative Geschäftsmodelle: Da Flottenbetreiber einen besseren Zugang zu Kapital und eine größere Marktmacht haben, können sie eher auf alternative Geschäftsmodelle setzen, die die Einführung von Elektrofahrzeugen ggf. erleichtern.
- Nachhaltigkeit der Unternehmen: Im Rahmen von Nachhaltigkeitsinitiativen können Elektrofahrzeuge dazu beitragen, die Ziele zur Verringerung der Emissionen und des Erdölverbrauchs zu erreichen.
- Steuerliche und nichtsteuerliche Maßnahmen: Zinsgünstige Kredite für den Kauf von Elektrofahrzeugen sind in Kombination mit Lösungen zur Erzeugung von Ökostrom ein erster Schritt, um den Marktanteil von Elektrofahrzeugen schrittweise zu erhöhen. Dabei wäre es sinnvoll, Anreize für Busunternehmen zu setzen, damit sie Hybrid- und Elektrobusse sowie die Ladeinfrastruktur für Busbahnhöfe anschaffen, denn dies würde zu einer sehr sichtbaren Entlastung der Umwelt führen. Die Regierung kann mit gutem Beispiel vorangehen, indem sie Elektrofahrzeuge für die staatlichen Fuhrparks anschafft. Um die Nutzung von Elektrofahrzeugen zu fördern, könnten Städte Parkplätze ausweisen, die ausschließlich Elektrofahrzeugen vorbehalten sind.

Insgesamt hat die Studie gezeigt, dass ein Bündel aus aufeinander abgestimmten zentralstaatlichen und lokalen, finanziellen und nichtfinanziellen Maßnahmen wünschenswert wäre, um den Markt für Elektrofahrzeuge auf Mauritius im Allgemeinen in Gang zu bringen. Allerdings sind solche Maßnahmen nicht unbedingt erforderlich, um zu belegen, dass einige Pilotprojekte in ausgewählten Teilspektoren tragfähig sind und funktionieren.

# Literatur

- [1] **finanzen.net**, „Währungsrechner: Mauritius-Rupie – Euro (MUR in EUR)“, 2019. [Online]. Available: [https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/mauritius-rupie\\_euro](https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/mauritius-rupie_euro). [Zugriff am 12.8.2019].
- [2] **World Business Council for Sustainable Development**, „mobility 2001“, WBCSD, Switzerland, 2001.
- [3] **P3 Group**, „Total Cost of Ownership. Analyse für Elektrofahrzeuge“, P3 Group, electrive.net, 09 03 2015. [Online]. Available: <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2015/03/P3-TCO-Analyse-Elektrofahrzeuge-2018.pdf>. [Zugriff am 30.4.2019].
- [4] **McKinsey**, „Evolution: Electric vehicles in Europe:gearing up for a new phase?“, [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Netherlands/Our%20Insights/Electric%20vehicles%20in%20Europe%20Gearing%20up%20for%20a%20new%20phase/Electric%20vehicles%20in%20Europe%20Gearing%20up%20for%20a%20new%20phase.a>. [Zugriff am 23.3.2019].
- [5] **the icct**, „Electric vehicle capitals: Accelerating the global transition to electric drive“, Berlin, 2018.
- [6] **F. a. Sullivan**, „Global Electric Vehicle Market“, 2018.
- [7] **GoingElectric**, „Ladung und Ladestecker“, [Online]. Available: [https://www.goingelectric.de/wiki/Ladung\\_und\\_Ladestecker](https://www.goingelectric.de/wiki/Ladung_und_Ladestecker). [Zugriff am 22.3.2019].
- [8] **mobilityhouse**, „The Mobility House“, [Online]. Available: [https://www.mobilityhouse.com/int\\_en/](https://www.mobilityhouse.com/int_en/). [Zugriff am 22.3.2019].
- [9] **EP Elektromobilität des AK Verteilernetze**, „Abschlussbericht des EP Elektromobilität“, österreichs energie, 2018.
- [10] **K. Aidoo und R. Briggs**, „Underpowered: Rolling blackouts in Africa disproportionately hurt the poor“, African Studies Review, 2018.
- [11] **H. Maschede, M. Child und C. Breyer**, „Assessment of sustainable energy system configuration for a small Canary island in 2030“, Energy Conversion and Management 165, pp. 363–372, June 2018.
- [12] **J. V. Mierlo**, „The World Electric Vehicle Journal, The Open Access“, World Electric Vehicle Journal, 16.5.2018.
- [13] **Fraunhofer IAO und PriceWaterHouseCoopers**, „Elektromobilität. Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand“, Automobilindustrie, Energiewirtschaft & öffentliche Verwaltung, Frankfurt am Main, 2010.
- [14] **mein-elektroauto**, „Tankstellenbetreiber Total installiert Ladestationen für Elektroautos“, 27.9.2017. [Online]. Available: <https://www.mein-elektroauto.com/2017/09/tankstellenbetreiber-total-installiert-ladestationen-fuer-elektroautos/22731/>. [Zugriff am 1.5.2019].
- [15] **Handelsblatt**, „Shell investiert in Stromtankstellen“, 12.10.2017. [Online]. Available: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/elektromobilitaet-shell-investiert-in-stromtankstellen/20448592.html>. [Zugriff am 1.5.2019].
- [16] **T. Y. a. J. J. Michalek**, „Effects of Regional Temperature on Electric Vehicle Efficiency, Range and Emissions in the United States“, Environmental Science & Technology, 2015.
- [17] **Fraunhofer ISI**, „Sektorkopplung – Definition, Chancen und Herausforderungen“, 2018.



- [18] **schaufenster elektromobilität**, „*Treiber und Hemmnisse bei der Anschaffung von Elektroautos – Ergebnisse der Nutzerbefragung von elektromobilitätsinteressierten Personen im Rahmen der Begleit- und Wirkungsforschung*“, 2015.
- [19] **Nationale Plattform Elektromobilität**, „*Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase*“, 2018.
- [20] **K. L. e. al.**, „*Business Models for Electric Mobility*“, Elsevier, 2016.
- [21] **M. W. a. C. Stålstad**, „*Four Business Models for a Fast*“, Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
- [22] **Reiner Lemoine Institut, inno2grid GmbH, Fachhochschule Potsdam**, „*Mobilitätsplattform BER-Region*“, not yet published, Berlin, 2019.
- [23] **ferrovial**, „*New 100% electric, zero emissions fleet at Heathrow Airport*“, [Online]. Available: <https://newsroom.ferrovial.com/en/news/new-100-electric-zero-emissions-fleet-at-heathrow-airport/>. [Zugriff am 25.3.2019].
- [24] **electrive**, „*Elektrische Busflotte am Flughafen Stuttgart ist komplett*“, 5.11.2018. [Online]. Available: <https://www.electrive.net>. [Zugriff am 25.3.2019].
- [25] **electrive**, „*BYD liefert 42 E-Gelenkbusse nach Oslo*“, 09.7.2018. [Online]. Available: <https://www.electrive.net/2018/07/09/byd-liefert-42-e-gelenkbusse-nach-oslo/>. [Zugriff am 25.3.2019].
- [26] **electrive**, „*London: BYD & ADL übergeben 36 E-Busse an RATP Dev*“, 18.11.2018. [Online]. Available: <https://www.electrive.net>. [Zugriff am 25.3.2019].
- [27] **Reiner Lemoine Institut gGmbH**, „*Strategie zum Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur und die gezielte Aktivierung von Akteuren für die Umsetzung von Elektromobilitätsvorhaben in Brandenburg*“, Berlin, 2018.
- [28] **resource**, „*All-electric waste collection vehicle tours UK*“, [Online]. Available: <https://resource.co/>. [Zugriff am 25.4.2019].
- [29] **Reiner Lemoine Institut, innoZ, HaCon, Alcatel Lucent, Schneider Electric**, „*B2 – Intelligente Mobilitätsstation Bahnhof Südkreuz*“, 2016. [Online]. Available: <https://reiner-lemoine-institut.de/b2-intelligente-mobilitaetsstation-bahnhof-suedkreuz/>. [Zugriff am 25.3.2019].
- [30] **Reiner Lemoine Instiut, Netzgesellschaft Berlin Brandenburg, Schneider Electric, DAI-Labor TU Berlin, SENSE, TU Campus EUREF, Stromnetz Berlin**, „*D3 – Micro Smart Grid EUREF (Twinlab)*“, 2016. [Online]. Available: <https://reiner-lemoine-institut.de/d3-micro-smart-grid-euref-twinlab/>. [Zugriff am 23.4.2019].
- [31] **R. H. Cuba**, „*Electric Cars Bound for Cuba from Cayman Islands*“, 2015.
- [32] **Reiner Lemoine Institut gGmbH**, Berlin, 2019.
- [33] **Fraunhofer ISE**, „*Stromgestehungskosten Erneuerbarer Energien*“, 2018.
- [34] **inno2grid GmbH**, Berlin, 2018.
- [35] **Fraunhofer ISE**, „*Current and Future Cost of Photovoltaics, Long-term Scenarios for Market Development System Prices and LCOE of Utility-Scale PV Systems*“, Study on behalf of Agora Energiewende, Berlin, 2015.
- [36] **World Bank**, „*Economy Rankings*“, World Bank, 2011.

- [37] **I. W. Paper**, „*Mauritius: The Drivers of Growth – Can the Past be Extended?*“, IMF, 2014.
- [38] **World Bank Group**, „*Doing Business 2019*“, World Bank Group, 2019.
- [39] **Mauritius Meteorological Services**, „*Meteorological observations and climatological summaries*“, Vacoas, Mauritius, 2015.
- [40] **Statistics Mauritius**, „*Statistics Mauritius*“, [Online]. Available: <http://statsmauritius.govmu.org/English/Pages/default.aspx>. [Zugriff am 26.3.2019].
- [41] **Ministry of Renewable Energy and Public Utilities**, „*Long-Term Energy Strategy*“, Mauritius, 2009.
- [42] **UN-Habitat**, „*Urbanization and Climate Change in Small Island Developing States*“, 2015.
- [43] **Mauritius**, „*INDC Database*“, 2015. [Online]. Available: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Mauritius%20First/Final%20INDC%20for%20Mauritius%2028%20Sept%202015.pdf>. [Zugriff am 16.3.2019].
- [44] **Ministry of Environment and Sustainable Development**, May 2013 „*Maurice Ile Durable (MID)* [Online]. Available: <https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/MAURITIUS%29%20Maurice%20Ile%20Durable.pdf>. [Zugriff am 15.3.2019].
- [45] **I. W. Parry**, „*Reforming the Tax System to Promote Environmental Objectives: An Application to Mauritius*“, p. 11/124, 2011.
- [46] **R. M. Ally**, „*Implementation of the Feebate Tax System: Case of Mauritius*“, Kenya, 2016.
- [47] **Government of Mauritius**, „*Long-Term Energy Strategy*“, Ministry of Renewable Energy and Public Utilities, 2009.
- [48] **Mauritius Transport Authority**, „*Statistics on Electric Vehicle*“, 2018.
- [49] **CEB**, „*Central Electricity Board*“, 2019. [Online]. Available: <http://ceb.intnet.mu>. [Zugriff am 22.4.2019].
- [50] **B. Verplanken, H. Aarts, A. v. Knippenberg und C. v. Knippenberg**, „*Attitude versus general habit: Antecedents of travel mode choice*“, Applied Social Psychology, Bd. 24, pp. 285–300, 1994.
- [51] **V. Lomendra, P. Sharmila, D. Ganess und N. Vandisha**, „*Assessing the Causes and Impacts of Traffic Congestion on the Society, Economy and Individual*“, Studies in Business and Economics, Bd. 13(3), 2018.
- [52] **Reiner Lemoine Institut, inno2grid GmbH, Fachhochschule Potsdam**, „*Mobilitätsplattform BER-Region*“, Berlin, 2019.
- [53] **Government of Mauritius**, „*Ministry of Public Transport and Infrastructure Press Release*“, Mauritius, 2015.
- [54] **Statistics Mauritius**, „*Environmental Statistics – Economic and Social Indicators*“, 2013.
- [55] **MCB**, „*Mauritius Commerical Bank*“, 2018. [Online]. Available: [https://www.mcb.mu/en/mediacontent/The-Housing-Research\\_Report1\\_tcm9-13694\\_tcm55-16744.pdf](https://www.mcb.mu/en/mediacontent/The-Housing-Research_Report1_tcm9-13694_tcm55-16744.pdf). [Zugriff am 15.4.2019].
- [56] **Central Electricity Board**, „*SOLAR PHOTOVOLTAIC REBATE SCHEME*“, 2019. [Online]. Available: <http://ceb.intnet.mu>. [Zugriff am 15.04.2019].
- [57] **A. Caragliu, C. D. Bo und P. Nijkamp**, „*Smart cities in Europe*“, in: In Proceedings of the 3rd Central European Conference in Regional Science, Košice, Slovak Republic, 2009.

- [58] **Republic of Mauritius**, „*Budget Speech 2019–2020 Embracing a brighter future together as a nation*“, [Online]. Available: [http://budget.mof.govmu.org/budget2019-20/2019\\_20budgetspeech.pdf](http://budget.mof.govmu.org/budget2019-20/2019_20budgetspeech.pdf). [Zugriff am 11.6.2019].
- [59] **Öko-Institut e.V.**, „*Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen*“, 18.2.2015. [Online]. Available: <https://www.oeko.de/oekodoc/2232/2015-016-de.pdf>. [Zugriff am 3.5.2019].
- [60] **Beebom**, „*List of Electric Cars Available in India (Regularly Updated List)*“, [Online]. Available: <https://beebom.com/electric-cars-available-india/>. [Zugriff am 24.3.2019].
- [61] **G. o. Mauritius**, „*Mauritius Revenue Authority*“, 2019. [Online]. Available: [https://www.mra.mu/index.php/customs1/motor-vehicles?highlight=Wy\]lbGVjdHJpYyIsInZlaGljbGUiXQ==](https://www.mra.mu/index.php/customs1/motor-vehicles?highlight=Wy]lbGVjdHJpYyIsInZlaGljbGUiXQ==). [Zugriff am 20.3.2019].
- [62] **International Energy Agency**, [Online]. Available: <https://www.iea.org/>. [Zugriff am 3.5.2019].
- [63] **OpenStreetMap**, 2019. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org/copyright>. [Zugriff am 17.4.2019].
- [64] **PlugShare**, 2019. [Online]. Available: <https://www.plugshare.com/>. [Zugriff am 14.5.2019].
- [65] **Global Solar Atlas**, „*Solar resource data obtained from the Global Solar Atlas*“, owned by the World Bank Group and provided by Solargis, [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/?c=-8.687572,27.082485,3>. [Zugriff am 30.5.2019].

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

[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

