



**Energy Dialogue**  
Germany – Central Asia

*Kurzanalyse*

# Potenziale der Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor Kasachstans



## Impressum

### Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
Tel: +49 (0)30 66 777-0  
Fax: +49 (0)30 66 777-699  
E-Mail: info@dena.de  
Internet: www.dena.de

### Autor:

Dr. Yury Melnikov, unabhängiger Berater für Wasserstoffpolitik, Mitglied der UNECE-Arbeitsgruppe für Wasserstoff

### Stand:

12/2023

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

### Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2023) „Potenziale der Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor Kasachstans“.



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



Diese Publikation wurde im Rahmen des Deutsch-Kasachischen Energiedialogs im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) veröffentlicht.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Kurzanalyse des Verkehrssektors von Kasachstan.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Potentielle Nutzungssegmente für Wasserstoff im Verkehrssektor .....</b>	<b>8</b>
3.1 Hintergründe und Triebkräfte .....	8
3.2 Schwere LKW und Busse: globaler Kontext .....	9
3.3 Schwere LKW und Busse: Situation in Kasachstan .....	10
3.4 Eisenbahnverkehr .....	11
3.5 Luft- und Schifffahrt.....	11
3.6 E-fuels (E-Brennstoffe).....	12
<b>4 Möglichkeiten und Herausforderungen für den Wasserstoffverkehr in Kasachstan .....</b>	<b>14</b>
4.1 Möglichkeiten .....	14
4.2 Hindernisse.....	15
<b>5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....</b>	<b>16</b>

# Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug (Battery Electric Vehicle)
CCUS	Carbon Capture, Utilization, and Storage (Kohlenstoffabscheidung, -verwertung und -speicherung)
CTCN	UN Climate Technology Centre and Network (UN-Klimatechnologiezentrum und Netzwerk)
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug)
G7	Group of Seven
IEA	International Energy Agency (Internationale Energieagentur)
IRENA	International Renewable Energy Agency (Internationale Agentur für erneuerbare Energien)
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
PM2.5	Feinstaub 2.5 (2,5 Mikrometer große Partikel)
SAF	Sustainable Aviation Fuel (Nachhaltiger Flugkraftstoff)
KKW	Kernkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
EE	Erneuerbare Energiequellen
UNECE	Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa
ICAO	Internationale Zivilluftfahrt-Organisation
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development)
tCO <sub>2</sub> e	Tonne Kohlendioxid-Äquivalent

---

# 1 Einleitung

---

Führende internationale Forschungsorganisationen, die sich mit der Entwicklung des globalen Energiesektors befassen, sind sich einig: Wasserstoff<sup>1</sup> wird langfristig (2030-2050) zu einem zentralen Energieträger, der eine vergleichbare Rolle zum heutigen Biokraftstoff-Sektor spielen wird. Wasserstoff kann aufgrund seiner Vielseitigkeit und – abhängig von der Emissionsintensität der Herstellungsmethode und Anwendungsfeld – auch Umweltfreundlichkeit zur Dekarbonisierung von Branchen beitragen, die heute gänzlich auf fossile Brennstoffe angewiesen sind. Dabei soll das Zielbild einer „tiefen“ Dekarbonisierung handlungsleitend sein,<sup>2</sup> das mit einem möglichst hohen Nutzungsanteil von erneuerbarem Wasserstoff einhergeht. Zu den entscheidenden Anwendungsbereichen von Wasserstoff gehören die Chemieindustrie, insbesondere für die Düngemittelherstellung, die Stahlindustrie sowie der Verkehrssektor.

Um den 1,5 °C Pathway<sup>3</sup> nach IRENA (2023)<sup>4</sup> zu erreichen, müsste die globale Wasserstoff-Herstellung von 2021 bis 2050 von 0,7 (2021) auf 125 (2030) und 523 (2050) Mio. Tonnen pro Jahr steigen. Jährliche Investitionen in die Wasserstoffinfrastruktur müssten 100 Mrd. USD (2030) – 170 Mrd. USD (2050) betragen. Der Anteil von Wasserstoff und anderen wasserstoffbasierten kohlenstoffarmen Brennstoffen (Ammoniak, Methanol, synthetische Brennstoffe) soll gegen 2050 im globalen Energieverbrauch des Verkehrssektors 23 % ausmachen.

Kasachstan ist das einzige Land in Zentralasien, das sich die „tiefe Dekarbonisierung“ der nationalen Wirtschaft zum Ziel gesetzt hat (Kohlenstoffneutralität 2060). Die nationale Wasserstoffstrategie des Landes ist in Arbeit.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die mögliche Rolle von Wasserstoff im Verkehrssektor Kasachstans zu bewerten und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Erkenntnisse können in die Erarbeitung der nationalen Wasserstoffstrategie einfließen und bei der Beratung politischer/regulatorischer Vorgaben für den Verkehrssektor Berücksichtigung finden.

---

<sup>1</sup> Sofern nicht anders angegeben, bezieht sich der Begriff Wasserstoff im Folgenden auf Wasserstoff, der mit möglichst geringen Treibhausgasemissionen hergestellt wird. Das schließt eine Präferenz für erneuerbaren Wasserstoff ein.

<sup>2</sup> Tiefe Dekarbonisierung: Reduzierung der Treibhausgasemissionen auf das niedrigstmögliche Niveau.

<sup>3</sup> 1,5 °C Pathway: ein Szenario für die Veränderung der globalen Treibhausgasemissionen, das sicherstellt, dass der Anstieg der Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche auf höchstens 1,5 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau begrenzt wird und somit katastrophale Folgen des globalen Klimawandels vermieden werden.

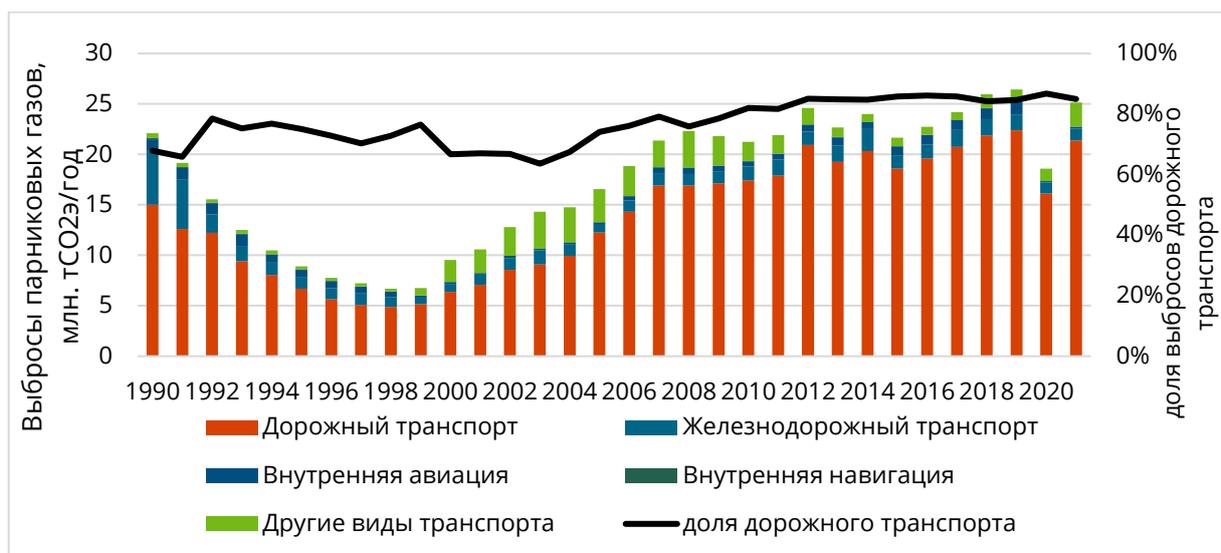
<sup>4</sup> IRENA (2023), World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

## 2 Kurzanalyse des Verkehrssektors von Kasachstan

Der Verkehrssektor Kasachstans macht einen Anteil von 6 – 8 % am BIP des Landes aus und beschäftigt rund 7 % (über 600.000 Personen), der erwerbstätigen Bevölkerung (Regierung der Republik Kasachstan, 2022<sup>5</sup>). Damit ist der Verkehrssektor ein wichtiger Teil der nationalen Wirtschaft. Im Jahr 2021 wurden mit allen Transportarten 3,7 Mrd. Tonnen Güter und 7,6 Mrd. Personen befördert (ebd.<sup>6</sup>). Das Wachstum dieses Sektors schritt im Eiltempo voran: 2015-2021 betrug das jährliche Durchschnittswachstum von Transitbeförderungen mit allen Transportarten 14,8 % (ebenda).

Die geografische Lage Kasachstans bietet zudem große Chancen für die Entwicklung des Verkehrssektors. Der Güter- und Personenverkehr des im Zentrum Eurasiens liegenden Binnenstaats ist vielversprechend, um die größten Volkswirtschaften Europas, Südostasiens und des Nahen Ostens auf dem Landweg miteinander zu verbinden.

Auch der Inlandsverkehr ist national für Kasachstan von entscheidender Bedeutung. Kasachstan ist das größte Land Zentralasiens mit einer der niedrigsten Bevölkerungsdichten des Kontinents - etwa sieben Personen pro km<sup>2</sup> (World Bank, 2023a)<sup>7</sup>. Die Entfernungen zwischen den fünf größten Städten des Landes (Astana, Almaty, Schymkent, Karaganda, Aktobe) liegen in der Größenordnung von 500 bis 1.500 km. Die Verstädterungsrate Kasachstans liegt mit etwa 58 % unter dem OECD-Durchschnitt von etwa 77 % (World Bank, 2023b)<sup>8</sup>. Dies erhöht die Bedeutung des regionalen Verkehrs.



Quelle: Analyse des Autors auf der Grundlage von Daten aus dem Nationalen Kataster der Treibhausgasemissionen in Kasachstan (2023)

Im Verkehrssektor Kasachstans spielen der Straßen- und der Schienenverkehr, mit fast 100 % der beförderten Güter und mehr als 75 % des Frachturnsatzes, eine besonders wichtige Rolle. Der Straßenverkehr dominiert den Personenverkehr: sein Anteil liegt bei über 99 %. Die Eisenbahn befördert den größten Teil der Transit- und Exportgüter. Eine Flotte von 80.100 Bussen, darunter 610 Busse für internationale Strecken, und etwa 1.800 Lokomotiven machen den Güterverkehr aus. Ein großes Problem sowohl für die Infrastruktur als auch für die Flotte ist ein hoher Abnutzungsgrad, so ist nur etwa die Hälfte

<sup>5</sup> Regierung der Republik Kasachstan, 2022. Über die Verabschiedung des Konzepts zur Entwicklung des Transport- und Logistikpotenzials der Republik Kasachstan bis 2030. Beschluss der Regierung der Republik Kasachstan vom 30.12.22 № 1116. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001116#z54>

<sup>6</sup> Über die Bestätigung des Konzepts zur Entwicklung des Verkehrs- und Logistikpotenzials der Republik Kasachstan bis 2030. Verordnung der Regierung der Republik Kasachstan vom 30.12.22 Nr. 1116 <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001116#z54>

<sup>7</sup> World Bank, 2023a. Population density - Kazakhstan <https://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST?locations=KZ>

<sup>8</sup> World Bank, 2023b. Urban population (% of total population) - Kazakhstan <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=KZ>

der Autostraßen der Republik (12.800 von 24.900 km) in gutem Zustand, und mehr als 70 % der Lokomotiven weisen erheblichen Verschleiß auf.

Der Luftverkehr hat eine hohe Bedeutung für den internationalen Personenverkehr (Streckennetz von 28 Ländern), während der Güterseeverkehr Exporte über das Kaspische Meer zu den Häfen von Aserbaidschan und Iran ermöglicht.

Der Energieverbrauch im kasachischen Verkehrssektor hängt vollständig an fossilen Brennstoffen, vor allem Erdölprodukten. Obwohl Kasachstan ein Nettoexporteur von Erdöl ist, muss das Land einen erheblichen Teil der Erdölprodukte importieren (z. B. ca. ein Drittel des Bedarfs an Flugpetroleum). Die gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors (s. Abbildung) beliefen sich 2021 auf etwa 25 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> (davon 20 Mio. Tonnen aus dem Straßenverkehr). Dies entsprach knapp 10 % der mit den Energieaktivitäten verbundenen Emissionen (Ministerium für Umwelt und Naturre Ressourcen der Republik Kasachstan, 2023<sup>9</sup>).

Darüber hinaus verursacht der LKW- und PKW-Verkehr vor allem in Ballungsgebieten enorme Luftverschmutzung. Allein in Astana und Almaty ist der Sektor für ca. 40 % der Stickoxid-Emissionen und für bis zu 8 % der PM 2,5-Feinstaub-Emissionen verantwortlich (World Bank, 2022<sup>10</sup>).

Zu den wesentlichen Schwerpunktaufgaben für die kasachischen Regulierungsbehörden im Verkehrssektor gehören:

- Kurzfristig: Investitionen in die Instandsetzung der maroden Infrastruktur;
- Kurz- und langfristig: Investitionen in die Dekarbonisierung des kasachischen Verkehrssektors (Personen- wie auch Güterverkehr), Entwicklung neuer Infrastruktur sowie Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die Umwelt.

---

<sup>9</sup> Ministerium für Umwelt und Naturre Ressourcen der Republik Kasachstan. Nationaler Bericht der Republik Kasachstan über den Kataster anthropogener Emissionen aus Quellen und Absorption durch Senken von Treibhausgasen, die durch das Montrealer Protokoll über den Kataster der Treibhausgase nicht geregelt werden. April 2023. <https://unfccc.int/documents/627844>

<sup>10</sup> World Bank, 2022. Clean Air and Cool Planet. Volume II. Integrated Air Quality Management and Greenhouse Gas Reduction for Almaty and Nur-Sultan. July 2022. URL: <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/37938>

## 3 Potentielle Nutzungssegmente für Wasserstoff im Verkehrssektor

### 3.1 Hintergründe und Triebkräfte

Die Anwendung von Wasserstoff im Verkehrssektor ist weltweit seit längerer Zeit Gegenstand des Interesses. In der internationalen Diskussion steht oft eine Reihe von Zielen im Blickfeld, die zum Teil auch in Kasachstan in den Mittelpunkt rücken:

1. Gewährleistung der Energiesicherheit von Ländern, die Erdölprodukte und Erdöl importieren, durch Einführung alternativer Brennstoffe (Wasserstoff), die unabhängig von Erdöllieferanten produziert werden können.
2. Verringerung der Treibhausgasemissionen dank des kohlenstoffarmen Charakters, insbesondere von erneuerbarem Wasserstoff, (vorausgesetzt, die Nachhaltigkeitskriterien für seine Herstellung werden erfüllt, siehe mehr IRENA & RMI (2023)<sup>11</sup>).
3. Verringerung der Luftverschmutzung durch das Fehlen von Beimischungen im Wasserstoff selbst (z. B. Schwefel) und die Umstellung von Verbrennungsmotoren auf Elektromotoren mit Wasserstoff-Brennstoffzellen. Der Strom aus der Brennstoffzelle dient als Antrieb, wobei aus dem Auspuff letztlich nur emissionsfreier Wasserdampf ausgestoßen wird.
4. Entwicklung der Industrie in den Bereichen Elektrochemie, Brennstoffzellen und Autobau. Mit dem Ziel, ihren Marktführern Optionen offenzuhalten, entwickeln führende Länder der Automobilindustrie (Deutschland, China, USA, Südkorea, Japan) den wasserstoffelektrischen Verkehr als Nischenanwendung.

Diese und andere wichtige Treiber werden in den einzelnen Ländern auf unterschiedliche Weise realisiert. In sämtlichen nationalen Wasserstoffstrategien der G7-Länder ist der Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor nicht nur erwähnt, sondern oft auch unter den vorrangigen Endverbrauchsbereichen genannt (s. Abbildung).

**TABLE 2.2 Stated policy priority across G7 strategic documents**

Category		Canada	European Union	France	Germany	Italy	Japan	United Kingdom	United States
<b>END-USE</b>	Shipping	●●	●●	●○	●○	●○	●●	●●	●○
	Aviation	●●	●●	●○	●●	●○	○●	●●	●○
	Trains	●●	●○	●●	●●	●●	●○	●●	○●
	Trucks	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	Buses	●●	●○	●●	●●	●○	●●	●●	●●
	Cars	●●	○●	○●	●○	○●	●●	●●	○●

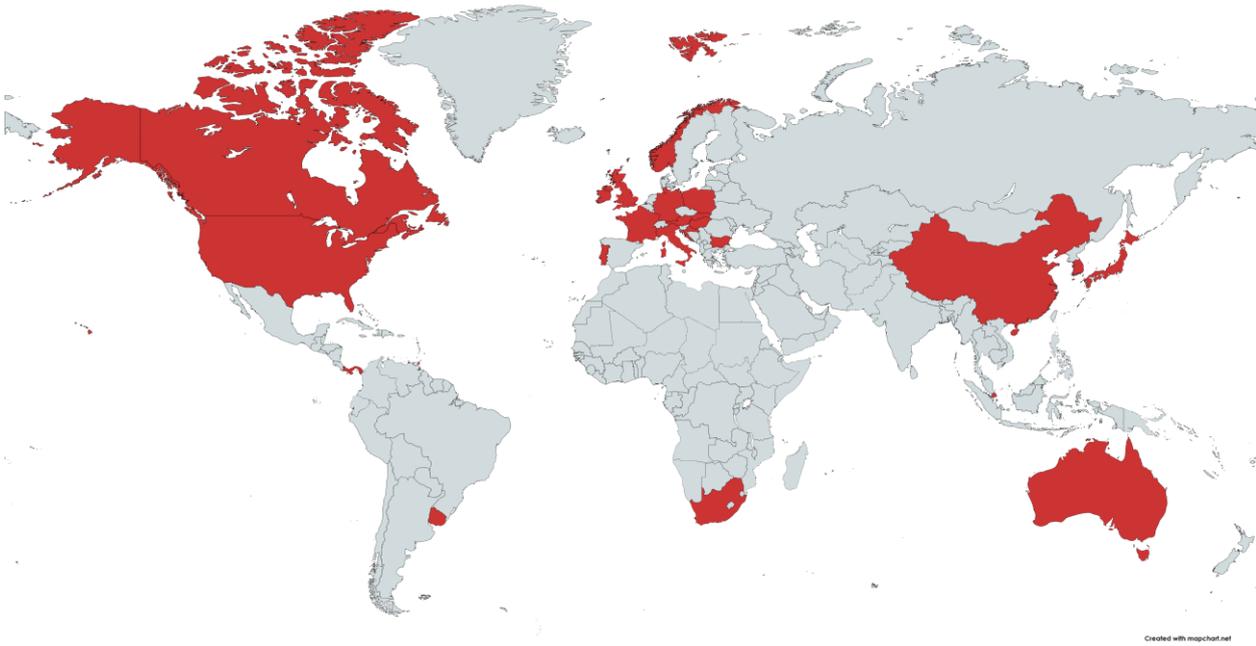
●● High priority      ●○ Priority/mentioned      ○● Low/no priority

Quelle: IRENA (2022)<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> IRENA & RMI (2023), Creating a global hydrogen market: Certification to enable trade, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi; and RMI, Colorado.

<sup>12</sup> IRENA (2022), Accelerating hydrogen deployment in the G7: Recommendations for the Hydrogen Action Pact, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

Mit Stand zum August 2023 haben mindestens 25 Länder den wasserstoffbasierten Transport in ihren nationalen Strategien erwähnt (s. Abbildung).



Quelle: Analyse des Autors anhand nationaler Wasserstoffstrategien / IRENA (2024, forthcoming).

**Die Analyse von Prioritäten der nationalen Wasserstoffstrategien zeigt, dass sich der Wasserstoffeinsatz in der Regel auf das Segment des Schwerlast- und Fernverkehrs konzentriert:**

- Schwere LKW;
- Busse (insbesondere Fernbusse);
- Eisenbahnverkehr;
- Luftfahrt und Schifffahrt.

Der Fokus von Wasserstoff auf dem Schwerlast- und Langstreckensegment ist darauf zurückzuführen, dass zumindest auf der Kurzstrecke für PKWs bereits wettbewerbsfähige batteriegestützte Lösungen entwickelt sind, die BEVs (battery electric vehicle). Auch die Kosten der Unterhaltung batteriebetriebener Elektrofahrzeuge in Europa sind bereits genauso niedrig wie die von Benzin- und Dieselfahrzeugen (DNV, 2022<sup>13</sup>). In den schwereren Verkehrssegmenten haben Batterielösungen noch keine vergleichbare Attraktivität erreicht. Verbreitet ist die Auffassung, dass wasserstoffbetriebene fuel cell electric vehicles (FCEVs) in diesem Segment im Allgemeinen mehr Vorteile als BEVs aufweisen (s. z. B. Quatron AG (2023)<sup>14</sup>). Zu den Gründen gehören das hohe Gewicht, die Größe der Batterien, die erforderlich sind, um Motoren schwerer Fahrzeuge über lange Zeiträume laufen zu lassen, lange Ladezeiten dieser Batterien und erhebliche Kosten für die Entwicklung einer geeigneten Ladeinfrastruktur. Eine Vergleichsanalyse von FCEVs und BEVs im Langstrecken-LKW-Verkehr zwischen der West- und Ostküste der USA bestätigt die Annahme, dass Wasserstoff-LKW in Bezug auf die Anzahl erforderlicher Stopps, die Gesamtbetankungszeit, den verfügbaren Laderaum, die Gesamtfahrzeit und eine einfache Einrichtung von Tankstellen den Vorzug erhalten (Clean Air Task Force, 2023)<sup>15</sup>. Kurzum: FCEVs haben im Vergleich bislang eine größere Reichweite und können die Einrichtung der Lade-/Tankinfrastruktur vereinfachen. Diese Vorteile sind für den Schwerlast- und Langstreckenverkehr von entscheidender Bedeutung.

### 3.2 Schwere LKW und Busse: globaler Kontext

Im Segment schwerer LKW ziehen mehrere Länder und wichtige Fahrzeughersteller den Einsatz von Wasserstoff in Betracht, z. B. Daimler Truck, Dongfeng, Iveco, Hyundai, Sinotruck, Toyota, Volvo Group, Kenworth. Für die ersten LKW-Modelle laufen

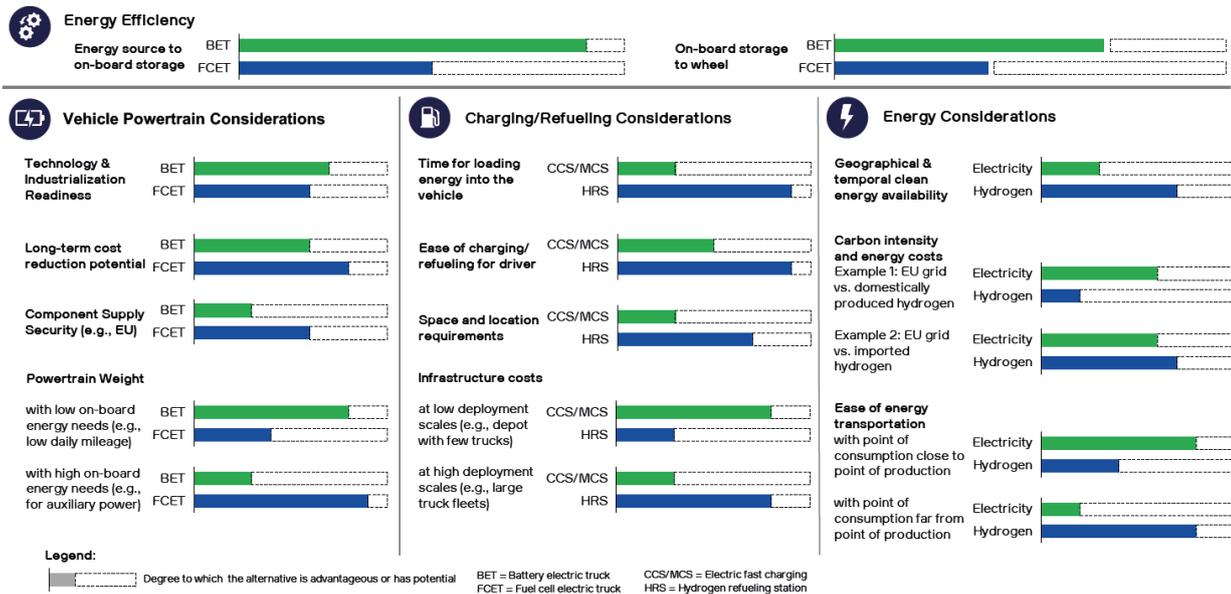
<sup>13</sup> DNV GL. Energy Transition Outlook 2023: Transport in Transition. <https://www.dnv.com/Publications/transport-in-transition-242808>

<sup>14</sup> BEV or FCEV? The complementary roles of Battery and Fuel Cell Electric Trucks / Quatron AG, 2022. [https://www.quatron.net/wp-content/uploads/2023/01/Quatron-AG\\_Whitepaper-BEV-or-FCEV.pdf](https://www.quatron.net/wp-content/uploads/2023/01/Quatron-AG_Whitepaper-BEV-or-FCEV.pdf)

<sup>15</sup> Walker, Thomas. Zero Emission Long-Haul Heavy-Duty Trucking / Clean Air Task Force, March 2023. <https://www.catf.us/resource/zero-emission-long-haul-heavy-duty-trucking/>

bereits umfangreiche Tests und Vorbereitungen zur Vermarktung. Derzeit ist die Anzahl an weltweit zugelassenen Wasserstoff-LKW und Bussen auf etwa 15.000 begrenzt, wovon die meisten in China registriert sind (IEA, 2023<sup>16</sup>).

### Multitude of factors need to be considered and there is no silver bullet solution in decarbonizing HDTs



Quelle: Quatron AG.

Der allgemeine Anteil von FCEVs und BEVs an der Flotte mittlerer und schwerer LKWs liegt weltweit fast bei Null und könnte erst Mitte der 2030er Jahre 10 % erreichen (BNEF, 2023<sup>17</sup>). Im Gegensatz dazu liegt der Anteil bei Bussen im Jahr 2022 bereits bei 25 %, hier umfasst die Flotte bereits mehr als 500.000 Fahrzeuge (überwiegende Mehrheit ist batteriebetrieben). Wasserstoffbetriebene Elektrobusse sind in Städten in China (Shanghai, Foshan, Zhangjiakou und Chengdu), Europa, Südkorea (Inchon) und den USA (kalifornische Städte) auf dem Vormarsch (Deloitte & Ballard, 2020<sup>18</sup>). Zu den führenden Unternehmen in diesem Segment gehören Foton AUV, Yutong, Toyota, Hyundai, Van Hool, Solaris, New Flyer. Im Allgemeinen sind die Vorteile von FCEVs gegenüber BEVs im Bussegment ähnlich wie im LKW-Segment, allerdings mit dem Unterschied, dass Busse in der Regel feste oder vorhersehbare Routen haben, daher ist es leichter, dafür eine optimale Ladeinfrastruktur aufzubauen (insbesondere innerhalb von Städten).

### 3.3 Schwere LKW und Busse: Situation in Kasachstan

In Kasachstan sind mehr als 500.000 LKW und 80.000 Busse zugelassen, darunter mehr als 600 Busse auf internationalen Strecken. Straßen- und Offroad-Fahrzeuge verursachen 88 % der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor Kasachstans<sup>19</sup>. Erfahrungen in den USA zeigen, dass der LKW- und Bussektor mindestens die Hälfte dieser Menge verursacht (EPA, 2023<sup>20</sup>). In der Dekarbonisierungsstrategie könnten FCEV-Lösungen Eingang finden. Auch die kasachische Wasserstoff-Strategie wird den Bau von Pilottankstellen für großstadtnahe Wasserstoffproduktionsstätten womöglich aufnehmen. Ein solches Vorhaben kommt auch entlang von Autobahnen, die für den internationalen Gütertransport genutzt werden, infrage. Je nach Land entfallen zwischen zehn und 200 FCEV auf eine Wasserstoff-Tankstelle (IEA, 2023). Das Bergbau- und Metallurgieunternehmen ERG Group prüft bereits die Möglichkeit, den Wasserstofftransport an den eigenen kasachischen Standorten als Substitut für dieselbetriebene Fahrzeuge zu entwickeln.<sup>21</sup>

<sup>16</sup> IEA Global EV Outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>

<sup>17</sup> BNEF Electric Vehicle Outlook 2023. <https://about.bnef.com/blog/electric-vehicle-fleet-set-to-hit-100-million-by-2026-but-stronger-push-needed-to-stay-on-track-for-net-zero/>

<sup>18</sup> Deloitte China & Ballard. Fueling the Future of Mobility. Hydrogen and fuel cell solutions for transportation. March 2020. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/finance/deloitte-cn-fueling-the-future-of-mobility-en-200101.pdf>

<sup>19</sup> Ministerium für Umwelt und Naturressourcen der Republik Kasachstan, 2023

<sup>20</sup> US EPA. Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions. <https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>

<sup>21</sup> Die Investitionen der ERG in die Entwicklung der Produktion in Kasachstan können sich bis 2031 / Oktober 2021 auf bis zu 6 Mrd. USD belaufen. <https://www.erg.kz/ru/news/2284>

Unter den extremen Klimabedingungen Kasachstans besteht ein weiterer Vorteil von FCEVs gegenüber BEVs darin, dass geringere Verluste bei Effizienz und Reichweite von Wasserstoff-LKWs und –Bussen entstehen, wenn die Außentemperatur sinkt. Die durchschnittliche Jahrestemperatur in Astana und Almaty (ca. 4-10 °C) und das durchschnittliche Minimum (-1...+5 °C) sind etwa 1,5-2-mal niedriger als in Shanghai, Incheon, Rotterdam oder Kalifornien. Nach Angaben von Deloitte verringert sich die Reichweite eines BEV-Personenkraftwagens bei einem Temperaturabfall von +15 °C auf -15 °C von 283 auf 207 km (Deloitte & Ballard, 2020). Eine Analyse der Betriebskennzahlen von acht wasserstoff- und batteriebasierten E-Busfuhrparks in den USA zeigt, dass bei einem Temperaturwechsel von 10-15 °C auf -5-0 °C der Reichweitenverlust von BEVs deutlicher ausfällt als der von FCEVs (37,8 % gegenüber 23,1 %). Es ist wichtig, das Ergebnis der besseren Anpassungsfähigkeit von FCEV beim Austausch von Diesel- und Benzinbussen durch emissionsarme Fahrzeuge zu berücksichtigen (Henning et al., 2019)<sup>22</sup>.

### 3.4 Eisenbahnverkehr

Wasserstoffzüge, die Elektroantriebe und Wasserstoff-Brennstoffzellen nutzen, sind Teil der Wasserstoffstrategien aller G7-Länder mit Ausnahme der USA. Wie beim Straßenverkehr liegt auch bei den Wasserstoffzügen der Schwerpunkt auf dem schweren Fernverkehr auf nicht elektrifizierten Strecken (d. h. auf Strecken ohne elektrische Oberleitung).

Unter europäischen Bedingungen können durch die Wasserstofftriebzüge bis zu 30 % der bestehenden Dieselizege ersetzt werden (Roland Berger, 2019<sup>23</sup>). Das größte Potential liegt auf nicht elektrifizierten Strecken, die länger als 100 km sind, und auf den Strecken mit geringer Auslastung (unter zehn Zügen pro Tag, bei zunehmender Auslastung kann die Investition in die Elektrifizierung der Strecke rentabel werden).

Zu den Vorteilen gehört die Möglichkeit, die Tankzeit auf 20 Minuten zu begrenzen und eine Energiereserve von 18 Stunden mit einer einzigen Betankung – das entspricht einer Zeitersparnis von zwei vollen Tagen.

Unter australischen Bedingungen (wo die Dichte des Eisenbahnnetzes mit der in Kasachstan vergleichbar ist) können die Wasserstoffzüge beim schweren Güterverkehr effizienter sein als reine batteriebasierte Züge, wenn die Energiereserve mehr als 17 MWh beträgt (der Schwellenwert wird durch die derzeitigen Massenmerkmale von Diesellokomotiven und ihren Anhängern bestimmt, die durch kohlenstoffarme Analoga ersetzt werden müssen). (Knibbe et al., 2022)<sup>24</sup>.

Die China Railway Rolling Stock Corporation schätzt, dass Wasserstoffzüge bis zu 90 % der 7.800 Diesellokomotiven in China ersetzen könnten, und entwickelt bereits neue wasserstoffbetriebene Modelle mit einer Fahrtweite von bis zu 180 Stunden<sup>25</sup>.

Kasachstan verfügt über mehr als 16.000 km Gleise und mehr als 1.800 Lokomotiven. Elektrifizierte Abschnitte machen etwa 40 % des gesamten Eisenbahnnetzes aus und sind vor allem im Norden und Süden des Landes konzentriert. Durch den Schienenverkehr werden ca. 4 % direkter Treibhausgasemissionen im kasachischen Verkehrssektor verursacht, ebenso wie indirekte Emissionen im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch (Strom wird in Kasachstan immer noch hauptsächlich in kohlebefeuerten Wärmekraftwerken erzeugt). Unter der Voraussetzung, dass die Stromerzeugung aus Kernenergie im Land ausgebaut wird, sieht das Konzept der kohlenstoffarmen Entwicklung des staatlichen Unternehmens „Kazakhstan Temir Zholy“ bis 2060 vor, Eisenbahngleise weiter zu elektrifizieren und Lokomotiven mit Batterien und Flüssigerdgas einzusetzen<sup>26</sup>. Die Entwicklung von Wasserstoffzügen sollte Teil dieses Konzepts sein, wobei die internationalen Erfahrungen in Ländern mit ähnlicher geografischer und klimatischer Beschaffenheit sowie die Besonderheiten Kasachstans zu berücksichtigen sind.

### 3.5 Luft- und Schifffahrt

Eine „tiefe Dekarbonisierung“ des internationalen Flugverkehrs ist nur durch Verzicht auf das aus fossilen Brennstoffen gewonnenen Flugpetroleum möglich. Langfristig ermöglichen kann dies die Umstellung auf nachhaltigen Flugkraftstoff (SAF, sustainable aviation fuel), der hauptsächlich aus Biomasse hergestellt wird, und auch aus Wasserstoff. Nach Angaben der

<sup>22</sup> Henning et al. "An Analysis of the Association between Changes in Ambient Temperature, Fuel Economy, and Vehicle Range for Battery Electric and Fuel Cell Electric Buses" (2019). All Maxine Goodman Levin School of Urban Affairs Publications. 0 1 2 3 1630. [https://engagedscholarship.csuohio.edu/urban\\_facpub/1630](https://engagedscholarship.csuohio.edu/urban_facpub/1630)

<sup>23</sup> Study on the use of fuel cells and hydrogen in the railway environment / Roland Berger, 2019. <https://rail-research.europa.eu/publications/study-on-the-use-of-fuel-cells-and-hydrogen-in-the-railway-environment>

<sup>24</sup> Knibbe et al. Application and limitations of batteries and hydrogen in heavy haul rail using Australian case studies. October 2022. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105813>

<sup>25</sup> <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3224372/china-powers-hydrogen-rail-plans-locomotive-conversion>

<sup>26</sup> Integrierter Jahresbericht der Aktiengesellschaft "National Company "Kazakhstan Temir Zholy" für das Jahr 2022

ICAO müssen SAFs der wichtigste Schwerpunkt des dekarbonisierten Luftverkehrs sein (ICAO, 2022)<sup>27</sup>. Die Fluggesellschaften Emirates (2023)<sup>28</sup>, Qatar Airways (2023)<sup>29</sup> und Lufthansa (2023)<sup>30</sup>, die auch Flughäfen in Kasachstan anfliegen, arbeiten bereits an der SAF-Entwicklung, die Lufthansa ist einer der weltweit größten Käufer von SAF.

Die Unternehmen Airbus (2023)<sup>31</sup> und Embraer (2023)<sup>32</sup>, deren Flugzeuge die Basis der Flotte der nationalen kasachischen Fluggesellschaft AirAstana bilden, betrachten den Bau von Wasserstoffflugzeugen als wichtigen Teil ihrer Strategie und entwickeln diese aktiv weiter. Airbus hält Wasserstoff für „eine der vielversprechendsten Technologien zur Dekarbonisierung der Luftfahrt“ und plant, bis 2035 das erste kommerzielle Wasserstoffflugzeug auf den Markt zu bringen.

In Kasachstan spielt die Luftfahrt eine wichtige Rolle im internationalen Verkehr, und das Verkehrsentwicklungskonzept der Regierung (Regierung der Republik Kasachstan, 2022) legt den Schwerpunkt auf die Entwicklung von Drehkreuzen mit einem Wachstum der Betreuung des internationalen Luftverkehrs und technischer Landungen. Mit voranschreitender Dekarbonisierung des internationalen Luftverkehrs werden Flughäfen, deren Infrastruktur zur Versorgung mit SAF und Wasserstoff fähig ist, wettbewerbsfähiger sein. Es ist wichtig, diesen Trend bei der geplanten Entwicklung von Flughäfen, vor allem in Almaty und Astana, zu berücksichtigen. 2022 lag der Verbrauch von Flugpetroleum in Kasachstan bei ca. 1 Million Tonnen, einschließlich der Importe von ca. 300.000 Tonnen.

Der internationale Flughafen Edmonton in Kanada (Provinz Alberta) hat ein vergleichbares Passagieraufkommen wie der Flughafen Almaty (etwa 6 Mio. Menschen pro Jahr) und liegt ebenso in einem kälteren Klima. Die Flughafenleitung rechnet damit<sup>33</sup>, dass Wasserstoff-Flugzeuge schon früher, ab 2025, eingesetzt werden, und bereitet die Infrastruktur entsprechend auf den bodengebundenen Wasserstoffverkehr vor Ort vor. Edmonton ist eine von mehreren Wasserstoff-Drehscheiben im Rahmen der kanadischen Wasserstoffstrategie.

Die „tiefe Dekarbonisierung“ der Seeschifffahrt auf globaler Ebene wird in der Regel mit Ammoniak, Methanol und anderen kohlenstoffarmen Schiffskraftstoffen in Verbindung gebracht (Ammoniak und Methanol sollten dabei vorzugsweise aus erneuerbarem Wasserstoff oder solchem mit minimalen Treibhausgasemissionen hergestellt werden). Die Dekarbonisierung des Flussverkehrs ist durch den Einsatz eines elektrischen Antriebs mit Wasserstoff-Brennstoffzellen möglich. Im März 2023 wurde in China das erste einheimische Schiff dieser Art vom Strande abgearbeitet, das Three Gorges Hydrogen Boat Nr. 1, ca. 50 Meter lang, bis zu 28 km/h schnell und mit 500-kW-Wasserstoff-Brennstoffzellen an Bord<sup>34</sup>.

Der Anteil des Luftverkehrs an den THG-Emissionen des kasachischen Verkehrssektors beträgt weniger als 4 %, während der Anteil der Schifffahrt unter 1 % liegt. Daher sollte der schwere Straßen- und Schienenverkehr beim Wasserstoff-Einsatz zunächst Priorität erhalten.

### 3.6 E-fuels (E-Brennstoffe)

Wasserstoff kann im Verkehrssektor nicht nur direkt genutzt werden, und zwar mit Elektroantrieb und Brennstoffzellen, deren Anwendungsbeispiele oben beschrieben wurden, sondern auch durch Umwandlung in sogenannte E-Fuels, Powerfuels, „E-Kraftstoffe“.

Dies ist die Bezeichnung für Diesel, Benzin, Petroleum und andere zukunftssträchtige Kraftstoffe (Methanol, Ammoniak), die unter Verwendung von Wasserstoff, CO/CO<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub> bei der Fischer-Tropsch-Synthese bzw. bei der Methanol- oder Ammoniaksynthese hergestellt werden. Wenn alle in diesen Prozessen verwendeten Komponenten und die Energie kohlenstoffneutral sind (z. B. wenn CO oder CO<sub>2</sub> biologischen Ursprungs sind und der Strom aus erneuerbaren Energien

<sup>27</sup> ICAO - Internationale Zivilluftfahrtorganisation. Bericht über die Umsetzbarkeit des langfristigen Wunschziels (LTAG) zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im internationalen Luftverkehr. März 2022.

<https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Pages/LTAGreport.aspx>

<sup>28</sup> <https://www.emirates.com/media-centre/emirates-operates-milestone-demonstration-flight-powered-with-100-sustainable-aviation-fuel/>

<sup>29</sup> <https://www.qatarairways.com/press-releases/en-WW/226578-qatar-airways-signs-deal-with-shell-for-sustainable-aviation-fuel-supply-at-amsterdam-schiphol-airport>

<sup>30</sup> <https://www.lufthansagroup.com/en/responsibility/climate-environment/sustainable-aviation-fuel.html>

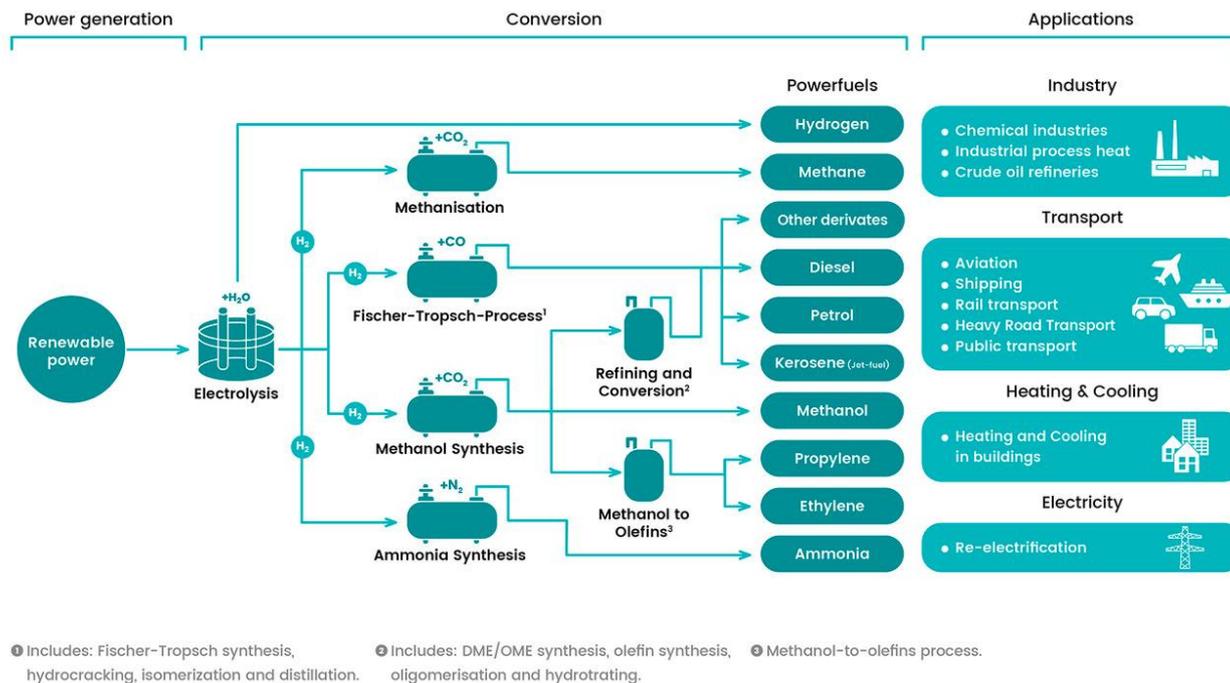
<sup>31</sup> <https://www.airbus.com/en/innovation/low-carbon-aviation/hydrogen>

<sup>32</sup> <https://embraer.com/global/en/news/?slug=1206950-embraer-presents-the-energia-family-four-new-aircraft-concepts-using-renewable-energy-propulsion-technologies>

<sup>33</sup> <https://www.freightwaves.com/news/canadian-airport-betting-big-on-hydrogen>

<sup>34</sup> <https://www.ccs.org.cn/ccswzen/articleDetail?id=202303280227441152>

stammt), dann sind auch die E-Kraftstoffe kohlenstoffneutral (im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftstoffen, die durch Öl- und Gasraffination hergestellt werden)<sup>35</sup>.



Quelle: International PtX Alliance, dena.

Die Vorteile von E-Fuels für den Verkehrssektor sind auf die Möglichkeit zurückzuführen, dass sie in der gesamten bestehenden Betankungsinfrastruktur und Fahrzeugflotte nutzbar sind. In diesem Szenario muss nicht auf Elektroantrieb umgestellt werden, die Autos können weiterhin mit Verbrennungsmotor und Flugzeuge mit Flugpetroleum-Düsentriebwerk betrieben werden. Der Nachteil sind die hohen Kosten der Raffinerieprozesse, die zu einem Benzinpreis von etwa 50 € pro Liter führen könnten, was 100-mal teurer wäre als herkömmliches Benzin. Auch Umwandlungsverluste bei erwähnten Herstellungsverfahren sind möglichst gering zu halten. Man erwartet, dass der Preis stark sinken wird, wenn die Produktion von E-Kraftstoffen den industriellen Maßstab erreicht, und zwar auf zwei oder einen Euro pro Liter (PIK, 2023)<sup>36</sup>.

Bei der Erkundung des Weges zu E-Kraftstoffen kann Kasachstan auf die Erfahrungen der Ölraffination zurückgreifen, die Leistung der drei größten Raffinerien des Landes beträgt über 16 Mio. Tonnen pro Jahr.

<sup>35</sup> PIK, 2023. E-Fuels wahrscheinlich noch lange knapp: PIK Analyse-Papier. <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/e-fuels-wahrscheinlich-noch-lange-knapp-pik-analyse-papier>

<sup>36</sup> PIK, 2023. E-Fuels wahrscheinlich noch lange knapp: PIK Analyse-Papier. <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/e-fuels-wahrscheinlich-noch-lange-knapp-pik-analyse-papier>

## 4 Möglichkeiten und Herausforderungen für den Wasserstoffverkehr in Kasachstan

Die kasachische Dekarbonisierungsstrategie 2060 geht davon aus, dass der Verkehrssektor des Landes von derzeit vorherrschenden Erdölprodukten (2022) auf ein System aus Strom, Wasserstoff und Biokraftstoffen (2060) umgestellt wird (Präsident der Republik Kasachstan, 2023)<sup>37</sup>. Die Frage ist also nicht mehr, ob Wasserstoff im Verkehrssektor des Landes eingesetzt werden soll, sondern in welchem Zeitrahmen eine wirtschaftliche Markteinführung möglich ist. Einschlägige Entwicklungstrends bei zentralen Technologien und die Besonderheiten Kasachstans sind dabei zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck ist es sinnvoll, sowohl Möglichkeiten als auch Hindernisse zusammenfassend zu bewerten.

### 4.1 Möglichkeiten

Die erste Möglichkeit ist durch die geografischen Besonderheiten des Landes bestimmt. Kasachstan wird den Verkehrssektor ausbauen, um sowohl die Verbindungen zwischen den wichtigsten Wirtschaftszentren zu verbessern (unter Berücksichtigung des Bevölkerungswachstums) als auch den internationalen Fracht- und Personentransit zu entwickeln. Unabhängig vom Verkehrsegment (Straße, Schiene, Luftfahrt, Wasser) kann langfristig nur die Dekarbonisierung die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft gewährleisten. Die Wasserstoff-Roadmap der paraguayischen Regierung geht zum Beispiel davon aus, dass dieses Binnenland mit seiner abgenutzten Verkehrsinfrastruktur von der Entwicklung des Wasserstoffverkehrs profitieren könnte<sup>38</sup>. Chinas ehrgeizige Initiative „Belt and Road“-Initiative betrifft das Territorium und die Wirtschaft Kasachstans<sup>39</sup>, sie wird langfristig die Einführung kohlenstoffarmer Lösungen an allen Knotenpunkten und Verkehrswegen erfordern. China wird grüne Logistik- und Transportlösungen sowie die Zusammenarbeit bei neuen Energiequellen (einschließlich Wasserstoff) im gesamten Projekt „Belt and Road“ fördern (English.gov.cn., 2022<sup>40</sup>). Neben der Dekarbonisierung wird die Entwicklung des Wasserstoffverkehrs auch die Luftqualität in den Städten und entlang der Autobahnen positiv beeinflussen.

Europas neue Global-Gateway-Strategie zielt auf die Entwicklung intelligenter, sauberer und sicherer Konnektivität in den Bereichen Digitalisierung, Energie und Verkehr ab. Bis 2027 sollen bis zu 300 Mrd. EUR an Investitionen mobilisiert werden, die in vorrangige Projekte in Afrika, Asien-Pazifik, Lateinamerika, der Karibik und Zentralasien fließen sollen. Laut der Studie (EBWE, 2023) können in Kasachstan 14 vorrangige Bereiche für Verkehrsinfrastrukturinvestitionen identifiziert werden, darunter die Straße Shalkar-Beyneu, die Umgehung des Bahnhofs von Almaty, die neue Darbaza-Maktaaral-Eisenbahn und der Ausbau der Bahnhöfe Saryagash und Altynkol.

Die zweite Möglichkeit hängt mit der erheblichen Abnutzung der kasachischen Verkehrsinfrastruktur zusammen. Die Zeitspanne für Investitionsentscheidungen, die auf Instandsetzung und Modernisierung zielen, kann mehr als 30 Jahre betragen und sich dem Jahr 2060 nähern, in dem Kasachstan die Kohlenstoffneutralität erreichen möchte. Dies bedeutet, dass die derzeitigen Regulierungs- und Investitionsentscheidungen sowohl für Fahrzeuge als auch für die Infrastruktur besser mit Blick auf diese langfristige Perspektive getroffen werden sollten, und dass Wasserstofftechnologien in bestimmten Segmenten optimal sein können.

Die dritte Möglichkeit liegt in den Vorteilen von Wasserstoff gegenüber alternativen Energieträgern, die den Verkehrssektor in Kasachstan dekarbonisieren können. Komprimiertes Erdgas als Kraftstoff kann die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu Benzin um nur 20 % reduzieren (CTCN, 2023<sup>41</sup>). Darüber hinaus wird Erdgas auch in anderen Wirtschaftssektoren benötigt, z. B. zur Dekarbonisierung von Kohlekraftwerken oder Kesselhäusern. Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge werden ihre Emissionen auf Null reduzieren (wenn der Strom für ihren Betrieb aus erneuerbaren Energien oder Kernkraftwerken stammt), sind aber in kalten Klimazonen weniger effizient als Wasserstofffahrzeuge. Außerdem wird in den

<sup>37</sup> Über die Bestätigung der Strategie zur Erreichung der Kohlenstoffneutralität der Republik Kasachstan bis 2060 /

Dekret des Präsidenten der Republik Kasachstan vom 2. Februar 2023 (Nr. 121), <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>

<sup>38</sup> Towards the Green Hydrogen Roadmap in Paraguay. Conceptual Framework / Vice Ministry of Mines and Energy, June 2021.

[https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2064&Itemid=552](https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=2064&Itemid=552)

<sup>39</sup> [https://www.kt.kz/rus/ekonomika/initsiativa\\_odin\\_poyas\\_-\\_odin\\_put\\_uvelichit\\_vvp\\_1377949323.html](https://www.kt.kz/rus/ekonomika/initsiativa_odin_poyas_-_odin_put_uvelichit_vvp_1377949323.html)

<sup>40</sup> [http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202203/28/content\\_WS6241bbb2c6d02e5335328607.html](http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202203/28/content_WS6241bbb2c6d02e5335328607.html)

<sup>41</sup> <https://www.ctc-n.org/technology-library/vehicle-and-fuel-technologies/compressed-natural-gas-cng-fuel>

für Kasachstan wichtigen Segmenten des Schwer- und Langstreckentransports wie dargelegt häufig der Wasserstofftransport bevorzugt.

Schließlich kann die Entwicklung des Wasserstofftransports neue Möglichkeiten für internationale Zusammenarbeit und innovative Entwicklung bieten. China, Japan, Südkorea, Deutschland, die Europäische Union und andere Partner Kasachstans entwickeln diesen Sektor intensiv und verfügen über die weltweit besten Technologien, teils schon bewährte Geschäftsmodelle und Regulierungslösungen. Mit Hilfe dieser internationalen Verbindungen kann Kasachstan mit seiner Integration in globale Lieferketten für Wasserstofftransporttechnologien anfangen, und zwar vom Abbau kritischer Mineralien (Platin, Iridium und Lithium) bis hin zur wissensintensiven und Herstellung neuer Hochtechnologie-Fahrzeuge, Wasserstoffbrennstoffzellen und deren Komponenten.

## 4.2 Hindernisse

Das größte Hindernis sind die hohen Kosten von Wasserstoff und wasserstoffbasierten Fahrzeugen. Wasserstoffbetriebene Elektrofahrzeuge werden erst dann in den Betriebskosten mit konventionellen Fahrzeugen vergleichbar sein, wenn die Produktionsmengen von Wasserstoff und Brennstoffzellen die Skaleneffekte realisieren können. Bis dahin ist die Entwicklung des Wasserstoffverkehrs in allen Ländern der Welt mit Subventionen, Vergünstigungen und anderen Anreizen verbunden. Durch die Konzentration auf die für Kasachstan wichtigsten Sektoren und Akquirierung internationaler Finanzmittel können diese Kosten optimiert werden.

Das zweite Hindernis hängt mit den hohen Energiekosten zusammen. Der Verkehrssektor Kasachstans verbrauchte 2020 mehr als 311.000 TJ Energie, was mit der jährlichen Stromerzeugung aller Kraftwerke des Landes (etwa 110 TWh) vergleichbar ist (IEA, 2023<sup>42</sup>). Die Umstellung eines mehr oder weniger bedeutenden Teils des Verkehrssektors auf Wasserstoff erfordert entsprechende Investitionen in Wasserstoffproduktionskapazitäten sowie in Energiequellen und Ausgangsstoffe - erneuerbare Energien oder Kernkraft, Erdgas und CCUS, Wasser. Aufgrund der Energieverluste bei der Wasserstoffproduktion und dem Transport zu den Tankstellen muss viel mehr Energie produziert werden, als der Verkehrssektor benötigt.

Das dritte Hindernis wird durch die Tatsache bestimmt, dass sich der Wasserstofftransport erheblich vom konventionellen Verkehr unterscheidet - sowohl die Fahrzeuge, die Betankungsinfrastruktur als auch deren Betrieb und Wartung erfordern neue Ansätze und neue Kompetenzen des an diesen Prozessen beteiligten Personals. Dieses Hindernis wird in der Regel durch die Angleichung des Regelungsbereichs (technische Normen, einschließlich Industriesicherheit) an internationale Normen sowie durch die Durchführung von Bildungsprogrammen auf verschiedenen Ebenen überwunden.

Schließlich ist es wie bei allem Neuen wichtig, dass der Wasserstoffverkehr in der Öffentlichkeit anerkannt wird. Die Umsetzung von Pilot-Demonstrationsprojekten im öffentlichen Verkehr und von Bildungsprojekten kann dazu beitragen, Mythen über diesen Sektor zu relativieren und Menschen tatsächliche Möglichkeiten und Hindernisse zu zeigen.

---

<sup>42</sup> <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=KAZAKHSTAN>

## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Analyse hat gezeigt, dass der Verkehrssektor eine bedeutende Quelle von Treibhausgasemissionen in Kasachstan ist (etwa 10 %). Die Branche wird weiterhin wachsen, was durch das Territorium und die geografische Lage Kasachstans in der Mitte des Kontinents sowie durch das Ziel der Regierung, internationale Transitlogistikrouten zu entwickeln, bedingt ist. Gleichzeitig bezieht dieser Sektor fast 100 % seiner Energie aus (teilweise importierten) Erdölprodukten (ohne den elektrifizierten Schienenverkehr). Um die Kohlenstoffneutralität der kasachischen Wirtschaft bis 2060 zu erreichen, muss der Verkehrssektor dekarbonisiert werden, und Wasserstofftechnologien können dabei eine wichtige Rolle spielen.

Der Wasserstofftransport ist in den nationalen Wasserstoffstrategien von mehr als 25 Ländern auf der ganzen Welt enthalten, darunter auch von solchen, die Kasachstan in Bezug auf die geografische Lage, das Territorium und das Niveau der wirtschaftlichen Entwicklung ähnlich sind. China, das eine mehr als 1.700 Kilometer lange gemeinsame Grenze mit Kasachstan hat, gehört zu den weltweit führenden Ländern im Bereich des Wasserstofftransports und wird dessen Nutzung durch internationale Initiativen wie die „Belt and Road“ weiterhin vorantreiben. Ähnliches gilt für die Global Gateway der EU. Beide Vorhaben betreffen Kasachstan direkt.

Die internationalen Strategien und Pilotprojekte für den Wasserstofftransport konzentrieren sich in der Regel auf die Segmente des Schwer- und Langstreckentransports - schwere Lastkraftwagen (einschließlich Roadoff-Wagen wie Muldenkipper), Fernbusse, Züge, Flugzeuge und schwere Fluss- und Seeschiffe. Denn für den Personenwagen-Nahverkehr werden bereits wettbewerbsfähige Lösungen auf der Basis von Elektroantrieben und Batterien entwickelt. Der Straßenverkehr erzeugt fast 90 % der Treibhausgasemissionen im kasachischen Verkehrssektor und trägt erheblich zur Verschlechterung der Luftqualität in den Städten und entlang der Autobahnen bei. Nach weltweiten Erfahrungen ist etwa die Hälfte dieser Emissionen auf Lastkraftwagen und Busse zurückzuführen. Seit 2021 sind in Kasachstan 500.000 LKWs und 80.000 Busse zugelassen, und bei der Erneuerung und Dekarbonisierung dieser beeindruckenden Flotte können Wasserstofftechnologien durchaus ihre Nische finden. Es gibt ein gewisses Potential für Wasserstoff im Schienen-, Luft- und Wassertransport in Kasachstan, aber die Größe dieser Segmente ist begrenzt.

Die Entwicklung wasserstoffbasierter Transportlösungen in Kasachstan wird ermöglichen, das Potential des Landes als logistische Drehscheibe im Kontext der globalen Dekarbonisierung besser auszuschöpfen. Die Verschlechterung der Verkehrsinfrastruktur des Landes wird neue Investitionsentscheidungen erforderlich machen, bei denen es ratsam wäre, diese langfristige Perspektive zu berücksichtigen. Wasserstoff hat eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Bereichen der Dekarbonisierung des Verkehrs, insbesondere größere Möglichkeiten für den Betrieb von Wasserstofffahrzeugen in kalten Klimazonen im Vergleich zum batterieelektrischen Verkehr. Die Partnerschaften Kasachstans mit führenden Ländern bei der Entwicklung des Wasserstofftransports öffnet den Weg für die internationale Zusammenarbeit und die Integration des Landes in globale Lieferketten im Bereich der Wasserstofftechnologien.

Schlüsselempfehlungen für den Gesetzgeber:

1. Einbeziehung des Verkehrssektors in die zu entwickelnde nationale Wasserstoffstrategie, Festlegung von Prioritäten, Schlüsselphasen und Meilensteinen für den Einsatz von möglichst großen Mengen an erneuerbarem Wasserstoff im Verkehr, Festlegung von Zielen.
2. Synchronisierung der kasachischen Verkehrs-, Wasserstoff- und Energiestrategie mit der Dekarbonisierungsstrategie auf dem Weg zur Kohlenstoffneutralität bis 2060;
3. Analyse der internationalen Erfahrungen im Bereich der Fördermaßnahmen und der Regulierung des Wasserstofftransports in den für Kasachstan vorrangigen Segmenten, die sowohl kostengünstig sind als auch erhebliche staatliche Subventionen erfordern.
4. Synchronisierung der Entwicklungsziele für den Wasserstofftransport mit den Zielen für die Entwicklung der Wasserstoffproduktionskette in Kasachstan.
5. Initiierung einer Koordinierung, offene Diskussion über das Thema Wasserstofftransport und Abstimmung von Schlüsselpositionen zwischen wichtigsten Stakeholdern - Regierung, Akimaten, Verkehrs- und Industrieunternehmen.
6. Beginn der Arbeit zur Anpassung des kasachischen Regelwerks an internationale technische Normen im Bereich Wasserstofftransport.
7. Initiierung und Vertiefung der internationalen Zusammenarbeit im Bereich Wasserstofftransport, einschließlich Regulierung und optimale Unterstützung dieses Sektors bei Demonstrations-, Bildungs- und Sensibilisierungsprojekten.

