



**Studie über technischen Lösungen für die Erhebung
einer Abgabe auf Elektrofahrzeuge ohne
Geolokalisierung der Fahrzeuge**

Zusammenfassung des Berichts von PTOLEMUS an das
Bundesamt für Strassen (ASTRA)

5. Mai 2023

Ref. 2022-12-SWI-2

(Übersetzung der englischsprachigen Originalversion)

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um die Zusammenfassung einer Studie, die von der PTOLEMUS Consulting Group im Auftrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) im Zeitraum von Januar bis März 2023 durchgeführt wurde. Ziel dieser Studie war es, technische Lösungen für die Erhebung einer Abgabe für die Nutzung des Schweizer Straßennetzes durch Elektrofahrzeuge (EVs, einschließlich Hybridfahrzeuge, wenn sie mit elektrischer Energie betrieben werden, sowie andere emissionsfreie Fahrzeuge) zu ermitteln, auszuwählen und deren Umsetzbarkeit zu bewerten, ohne dabei den Fahrzeugstandort zu registrieren. Diese Abgabe ist als Ersatz für die derzeitige Mineralölsteuer für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (ICE, Internal Combustion Engine) gedacht.

I. Einleitung

Die Einnahmen aus der Mineralölsteuer in der Schweiz werden zunehmend durch die schnelle Verbreitung von Elektrofahrzeugen (EVs) beeinträchtigt, welche keine Mineralölsteuereinnahmen generieren (oder geringere Einnahmen, im Falle von Hybrid-Elektrofahrzeugen).

Die Lage wird dadurch verschärft, dass Verbrennungsmotoren immer sparsamer werden und weniger Treibstoff für die gleiche Strecke verbrauchen, wodurch sie weniger zum Mineralölaufkommen beitragen.

Voraussichtlich wird sich diese Entwicklung aufgrund des Verkaufserfolgs bei Elektrofahrzeugen noch beschleunigen.

Mehrere Länder weltweit sehen sich mit ähnlichen Problemen konfrontiert und haben nach alternativen Möglichkeiten gesucht, um neue Einnahmequellen aus Fahrzeugen mit neuen Antriebsarten zu erschließen. Diese Untersuchungen haben zur Erprobung und Einführung von Straßennutzungsgebühren (Road Usage Charging, RUC) geführt, mit denen die Fahrer für die Nutzung der Strasseninfrastruktur besteuert/belastet werden (diese sind generell kilometerabhängig).

RUC-Systeme existieren bereits. Viele europäische Länder haben ein RUC-System für schwere Fahrzeuge eingeführt, z. B. die Schweiz, Deutschland, Belgien, Tschechien, die Slowakei, Bulgarien usw.

Auch die Niederlande prüfen die Möglichkeit, bis 2030 ein RUC-System für alle Personenkraftwagen und Kleintransporter einzuführen. In ihrer kürzlich durchgeführten Studie wurde auf die Unsicherheiten bei den Kosten für die Einführung einer solchen Maßnahme, aber auch auf die unbekanntenen Auswirkungen auf die Wohlfahrt der Bürger hingewiesen.

In den USA wurden RUC-Studien, -Pilotprojekte und -Programme in 38 Bundesstaaten durchgeführt, größtenteils in allen westlichen Bundesstaaten. In 8 Bundesstaaten wurden Lösungen ohne Geolokalisierung getestet, entweder durch manuelle Berichterstattung (d. h. direkte Ablesung des Kilometerstands auf dem Kilometerzähler) oder durch einen automatisierten Prozess, bei dem die Fahrer ein Bild des Kilometerzählers senden oder ein dediziertes Telematikgerät installieren, das den Kilometerstand misst und an ein Back-Office-System übermittelt.

Die Schweiz gehört zu den ersten europäischen Ländern, die die Details der Einführung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe für Elektrofahrzeuge, einschließlich Personenkraftwagen, untersucht. In den Jahren 2020 bis 2022 wurde eine erste Studie zur Einführung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe durchgeführt. Inhalt der Studie war, alle Fahrzeugkategorien

(Personenkraftwagen, leichte Nutzfahrzeuge, Lastkraftwagen, Busse und Motorräder) zu besteuern und die Abgabe sowohl auf inländische als auch auf ausländische Fahrzeuge für die Nutzung der Schweizer Straßeninfrastruktur anzuwenden. Zur Erfassung der Fahrleistung identifizierte die Studie einen Ansatz, welcher die Satellitenortung (Global Navigation Satellite System oder GNSS) und Mobilfunktechnologien nutzt. Eine solcher Ansatz wäre in der Lage, die von jedem Fahrzeug in der Schweiz zurückgelegten Kilometer genau zu erfassen und diese Daten datenschutzkonform an ein Back-Office-System zu übermitteln.

Obwohl die Schweizer Regierung die Umsetzung spezifischer Datenschutzmaßnahmen vorsieht, hat sie sich dafür ausgesprochen, Erfassungsmethoden zu prüfen, welche ohne die Nutzung der Geolokalisierungsdaten auskommen, um eine Aufzeichnung des Mobilitätsverhaltens der Bürgerinnen und Bürger nach Möglichkeit zu vermeiden.

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) beauftragte die PTOLEMUS Consulting Group (im Folgenden PTOLEMUS genannt) eine Untersuchung durchzuführen, um alternative Lösungen für die Erhebung der Fahrleistung zu finden, die nicht auf der Aufzeichnung der Fahrten der Bürger anhand von Geolokalisierungsdaten beruhen.

PTOLEMUS wurde gebeten, seine umfangreichen Erfahrungen mit Mautsystemen, Straßenbenutzungsgebühren und Elektrifizierung sowie spezifische Primär- und Sekundärforschung zu nutzen, um die folgenden vier Zielvorgaben zu erfüllen:

- Identifizierung einer größtmöglichen Anzahl potenzieller alternativer Ansätze, die von der Schweizerischen Eidgenossenschaft in Betracht gezogen werden sollten,
- Vergleich der Realisierbarkeit dieser Ansätze,
- Beratung, welche Optionen am realistischsten sind,
- eine eingehende Untersuchung einer Auswahl von 2 bis 3 alternativen Lösungen.

Die Lösung sollte folgende übergeordnete Vorgaben erfüllen:

1. Erhebung der von Fahrzeugen gefahrenen Strecke ausschließlich in der Schweiz,
2. Schwerpunkt auf batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen, Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen und anderen emissionsfreien Fahrzeugen,
3. Berücksichtigung der Fahrzeugeigenschaften (Gewicht, Motorleistung usw.),
4. Berücksichtigung ausländischer Fahrzeuge, die in der Schweiz unterwegs sind,
5. Umsetzung bis spätestens 2030.

Darüber hinaus forderte das ASTRA PTOLEMUS auf, alle technisch möglichen Lösungen zu prüfen, darunter auch solche, die auf der Messung des Energieverbrauchs des Elektrofahrzeugs basieren (als Alternative zu den kilometerbasierten Methoden).

Dieser ursprünglich als Alternativlösung gedachte Ansatz könnte schließlich auch als bevorzugte Lösung beibehalten werden, wenn er gegenüber der ursprünglichen satelliten- und mobilfunkgestützten Lösung erhebliche Vorteile bieten sollte.

II. Von allen ermittelten möglichen Lösungen wurden drei für eine eingehendere Analyse ausgewählt. Zwei davon basieren auf einem externen Gerät und eine auf einer Cloud-basierten Lösung

Innerhalb von 5 Wochen untersuchte PTOLEMUS mögliche technische Lösungen, um die oben genannten Vorgaben zu erfüllen. Ausgangspunkt war die Analyse von Lösungen, die bereits in anderen Ländern der Welt eingesetzt oder getestet wurden, insbesondere bei den neuesten RUC-Systemen in den USA.

Von allen in den USA eingesetzten Lösungen scheint die Methode der Kilometerstandsmeldung, entweder über eine Smartphone-App oder ein einfaches manuelles jährliches Meldeverfahren, die einfachste zu sein. Dies erfordert jedoch die ständige Mitarbeit der Verkehrsteilnehmer.

Die meisten automatisierten Lösungen, die in den USA untersucht wurden, beruhen auf der Installation von Telematikgeräten in jedem Fahrzeug. Diese erfassen den Kilometerstand des Fahrzeugs und übermitteln ihn an ein Back-Office-System, enthalten aber keine Geofencing-Funktionen, welche notwendig sind, um nur die in der Schweiz gefahrenen Kilometer zu berechnen.

Interessanterweise wurde der Stromverbrauch bei den bisherigen RUC-Pilotprojekten nie gemessen. Der Staat Vermont war der Einzige, der diesen Ansatz in Betracht zog. Jedoch wandte er ihn nur für Verkehrsteilnehmer aus anderen Bundesstaaten an, wenn die Fahrzeuge an öffentlichen Ladestationen in diesem Bundesstaat aufgeladen wurden.

PTOLEMUS hat 12 Lösungen ermittelt, die in 4 verschiedene Kategorien eingeteilt werden können, wie unten dargestellt.

Liste der 12 von PTOLEMUS ermittelten technischen Lösungen

 Fahrzeugbenutzer-basiert	Benutzer	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Selbstdeklaration ▶ Smartphone basiert
 Fahrzeugbasiert	Fahrzeug	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ablesen des Kilometerzählers ▶ Bluetooth-ID Ablesung ▶ GNSS-Auszug Ablesung ▶ e-Call Nutzung ▶ Ablesung von Energiedaten
 Auf externen Geräten basierend	Gerät	<ul style="list-style-type: none"> ▶ DSRC/RFID-Tags ▶ Dedizierte Telematikgeräte
 Auf der Infrastruktur basierend	Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ALPR-Kameras ▶ Vehicle-Cloud/Datenmanagementsystem ▶ Nutzung von Strom zum Aufladen

Quelle: PTOLEMUS-Analyse

Die 12 Lösungen können in 4 verschiedene Kategorien eingeteilt werden:

- **(Fahrzeug-) Nutzer-basierte Lösungen** hängen von jedem Nutzer und seinem technischen Umfeld ab. Die einfachste Methode ist eine schlichte Selbstmeldung des Kilometerstandes für jedes Fahrzeug durch den Fahrer, wie sie in einigen RUC-Pilotprojekten in den USA erprobt wird. Smartphone-basierte Berichterstattungsoptionen bieten interessante Möglichkeiten, da sie GNSS (in der Regel von Nutzern für Anwendungen wie Google Maps, Apple Maps oder Waze aktiviert) nutzen und die Kommunikation mit einem Back-End-Server erleichtern. Allerdings stellen mehrere Probleme im Zusammenhang mit Smartphones große Herausforderungen dar. So wäre es bei einer Smartphone-basierten Lösung beispielsweise zwingend erforderlich, das Telefon bei sich zu tragen und die App während der Fahrt immer eingeschaltet zu haben. Mehrere Smartphones in einem Fahrzeug könnten dazu führen, dass eine Fahrt mehrfach gezählt wird, usw. Diese praktischen Herausforderungen in Verbindung mit dem Risiko von Fehlmanipulationen (z. B. wenn vergessen wird, die App jedes Mal während der Fahrt einzuschalten) oder Betrug schränken die Anwendbarkeit nutzerbezogener Lösungen kurzfristig ein.
- **Fahrzeugbasierte Lösungen.** Alle motorisierten Fahrzeuge zeichnen die zurückgelegte Strecke auf, da sie standardmäßig mit einem Kilometerzähler ausgestattet sind. Auf dieser Grundlage wurde eine vielversprechende Lösung ermittelt, die auf dem Einsatz einer zertifizierten Smartphone-Anwendung beruht, die es den Verkehrsteilnehmern ermöglicht, regelmäßig und bei jedem Grenzübertritt ein Foto des Kilometerzählers zu erfassen und es an das System der Steuerbehörde zu senden. Eine solche Lösung wird bereits in einer Reihe von RUC-Pilotprojekten in den USA eingesetzt, aber auch von vielen Versicherungsgesellschaften, die ihren Kunden vorschlagen, kilometerabhängige Kfz-Versicherungspolice abzuschließen. Es gibt daher eine Reihe von Anbietern spezieller Smartphone-Apps, die das aufgenommene Bild zertifizieren und die Daten mit einem Back-Office-System austauschen können.

Andere ermittelte fahrzeugbasierte technische Lösungen würden den Einsatz neuer Telematikgeräte zur Erfassung und/oder Übermittlung von Kilometerstand- oder Energiedaten an ein Back-End-System erfordern (siehe nächster Abschnitt). Sie könnten auch erfordern, dass jeder OEM (Original Equipment Manufacturer, d. h. der Fahrzeughersteller) entsprechende Entwicklungen vornimmt, um diese Aufgaben zu erfüllen. Beispielsweise könnten Fahrzeugsoftware-Updates entwickelt werden, die die von der Schweizer Behörde angeforderten Daten direkt erfassen, aufzeichnen und an ein Back-End-System übermitteln. Diese Systeme würden eine spezielle Softwareentwicklung durch jeden OEM erfordern, um auf die relevanten Daten zuzugreifen, sie zu interpretieren und zu lesen.

PTOLEMUS ermittelte auch eine Lösung, bei der das Mobilfunkmodul des Fahrzeugs die Erkennung eines Wechsels zu einem ausländischen Mobilfunknetz nutzt, um ein Grenzübertrittsereignis zu erkennen, wodurch die Nutzung von satellitengestützten Ortungsdiensten vollständig vermieden wird. Die Genauigkeit einer solchen Lösung und die spezifischen Grenzregionen, in denen mehrere ausländische Mobilfunknetze neben den schweizerischen Netzen bestehen (z. B. im Raum Genf), müssten in Zusammenarbeit mit den Mobilfunkbetreibern der Schweiz und ihrer Nachbarländer noch genauer untersucht werden.

Ein solches System könnte auch durch den Einsatz von Kameras zur automatischen Fahrzeug-Nummernschilderfassung (ALPR, Automated License Plate Reading) an den Grenzübergängen ersetzt oder mit diesen kombiniert werden. Das Nummernschild jedes relevanten Fahrzeugs, das die Grenze passiert und von der Kamera erfasst wird, könnte nämlich eine Kommunikation mit dem eingebetteten Gerät auslösen, um einen Grenzübertritt zu erkennen und somit den ausserhalb der Schweiz zurückgelegten Kilometer zu entfernen.

Schließlich wurde bei der Untersuchung auch eine Option ermittelt, die auf eCall basiert. Jedes neue Leichtfahrzeugmodell, das seit April 2018 in der Europäischen Union (EU) typgenehmigt wurde, ist mit einem eCall-Modul ausgestattet, das ein Mobilfunkmodem enthält, um die Rettungsdienste über einen Unfall zu informieren, aber auch Fahrzeugdaten wie den Standort und das Ausmaß des Ereignisses zu übertragen. Das derzeit geplante und von der Europäischen Kommission geprüfte eCall-Testverfahren könnte so erweitert werden, indem neben dem Systemstatus auch Daten zum Kilometerstand übermittelt werden. Diese Option ist besonders wichtig, da die erfolgreiche Einführung von eCall für Personenkraftwagen in den kommenden Jahren von der EU wahrscheinlich auf schwere Nutzfahrzeuge und Motorräder ausgeweitet werden wird.

- **Auf externen Geräten basierende Lösungen.** Die erste Variante, bei der externe Geräte zum Einsatz kommen, würde DSRC (Dedicated Short Range Communications) nutzen, eine in vielen europäischen Ländern (Österreich, Frankreich, Italien usw.) bereits existierende elektronische Mauttechnologie, die auf einem kleinen Gerät (Tag oder Transponder) basiert, das sich in der Regel an der Windschutzscheibe des Fahrzeugs befindet. Diese Lösung würde jedoch den Aufbau einer kostspieligen Straßenrandinfrastruktur auf dem gesamten Schweizer Straßennetz erfordern, um vorbeifahrende Fahrzeuge zu "erkennen". Dies würde bei der Bevölkerung wahrscheinlich den Eindruck erwecken, dass jede Bewegung der Bürger verfolgt wird, und hätte auch negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild, da große Stahlbrücken in regelmäßigen Abständen über den Straßen des Landes aufgestellt werden müssten.

Die zweite Möglichkeit bestünde in der Verwendung von dedizierten Telematikgeräten, die in jedes Fahrzeug eingebaut werden und Fahrzeuginformationen (wie Stromverbrauch oder Kilometerstand) auslesen. Um den Vorgaben der Schweizer Regierung in vollem Umfang gerecht zu werden und den Abzug von außerhalb des Landes gefahrenen Kilometern zu ermöglichen, würden solche Geräte eine eingebettete Mobilfunktechnologie und möglicherweise auch ALPR-Kameras benötigen.

- **Auf der Infrastruktur basierende Lösungen.** Die genannte technische Lösung beinhaltet eine kamerabasierte Lösung (ALPR-Kameras, die im ganzen Land auf den Straßen installiert sind), was zu einem großen Risiko führt, dass die Bürger ein System ablehnen, das ihre Bewegungen verfolgt und nur eine Schätzung der zurückgelegten Strecke zulässt.

Die zweite Art von Lösungen basiert auf der Messung des Stroms, der vom Netz zum Aufladen der Fahrzeuge übertragen wird. Die Verwendung von kWh als Bemessungsgrundlage wird im folgenden Kapitel III ausführlicher analysiert. Auch wenn die Philosophie dem Mineralölsteuermodell sehr ähnlich ist, rät PTOLEMUS von der Zählung der kWh anstelle der in jedem Fahrzeug verbrauchten Benzinmenge ab. Der entscheidende Kritikpunkt ist, dass die Analogie zwischen den Systemen nicht mehr gegeben ist, wenn man bedenkt, dass die Verteilung von Benzin bis zu jeder Tankstelle verwaltet und kontrolliert wird, während die

Kontrolle über die Nutzung von Elektrizität den Zugang zum privaten Stromverteilungsnetz erfordert. Die Stromversorgungsinfrastruktur ist aber für die Bereitstellung von Elektrizität für den Haushalt und nicht für die Erhebung von Verbrauchsdaten nach Steckdose oder Nutzungsart ausgelegt.

Der dritte technische Ansatz ist eine Cloud-basierte Lösung, die die bestehende Konnektivität von praktisch allen Elektrofahrzeugen nutzt. In der Wertschöpfungskette sind neue Akteure, die Vehicle Data Hubs (VDHs), aufgetaucht, die Fahrzeugdaten für mehrere (und bald alle) Marken bereitstellen können. Die Cloud-basierte Lösung könnte den Zugriff auf bereits verfügbare Daten vereinfachen.

Jede der oben genannten Lösungen wurde unter dem Aspekt des End-to-End-Prozesses untersucht und bewertet. PTOLEMUS hat Lösungen in Betracht gezogen, die die 5 oben genannten, von der Schweizer Regierung definierten Vorgaben erfüllen können.

Die Studie deckt auch den gesamten Nutzerlebenszyklus ab, d. h. sie beginnt mit dem (potenziellen) Installationsprozess in jedem Fahrzeug sowie den potenziellen Anforderungen für jeden Fahrer. Sie berücksichtigt auch verschiedene Ansätze zur Erfassung und Verarbeitung von Fahrzeugnutzungsdaten (km oder kWh) und bewertet schließlich die Bedingungen, die für die Durchsetzung der Abgabe erforderlich sind (z. B. die Überprüfung, ob die Messung korrekt ist, ob das Gerät nicht manipuliert oder missbraucht wurde, usw.).

Nach einer ersten Analyse durch PTOLEMUS wählte das ASTRA die folgenden drei technischen Optionen zur weiteren Untersuchung durch PTOLEMUS in der zweiten Phase des Projekts aus:

- **Option 1** - Installation eines neuen Distanzmessgeräts (Hubodometer), das an den Rädern des Fahrzeugs angebracht und mit einem Back-Office-System verbunden wird;
- **Option 2** - Einbau eines dedizierten Telematikgeräts in jedes Fahrzeug zur Aufzeichnung des Energieverbrauchs des Fahrzeugs (kWh), das an ein Back-Office-System angeschlossen ist;
- **Option 3** - Zugriff auf die Fahrzeugdaten (km oder kWh) über einen Cloud-Dienst, der mit einem Back-Office-System verbunden ist.

Das ASTRA bevorzugt Lösungen, die nicht zu stark von Drittparteien-Akteuren abhängig sind und die ausreichend robust gegen Betrug im zukünftigen Abgabenerhebungssystem sind.

Bevor detailliert auf die einzelnen Optionen eingegangen wird, widmet sich das nachfolgende Kapitel zuerst grundsätzlich der Frage der Machbarkeit der Verwendung von Elektrizität als Grundlage für eine Abgabe auf Elektrofahrzeuge.

III. Die Verwendung von Stromverbrauchsdaten als Bemessungsgrundlage erscheint schwierig, da sie eine fahrzeugabhängige Berechnung erfordern würde und somit nicht für alle gleich wäre

Wie bereits ausgeführt, beauftragte das ASTRA PTOLEMUS in der Anfangsphase der Analyse und auch im Rahmen der Optionen 2 und 3, die Machbarkeit der Verwendung von Elektrizität als Grundlage für ein künftiges Steuermodell zu bewerten und dabei einen ähnlichen Ansatz wie bei der Mineralölsteuer zu verfolgen. Auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen von PTOLEMUS, eigener Analysen und Befragungen von 22 Akteuren (Netzbetreiber, Betreiber von Ladestationen, Telematikdienstleister, Fahrzeug-Datenmanagementsysteme und Fahrzeughersteller) in acht Ländern bewertete PTOLEMUS drei verschiedene Methoden zur Messung des Stromverbrauchs von Fahrzeugen und kam zu dem Schluss, dass keine von ihnen ohne Weiteres realisierbar ist.

1. Die Messung der kWh von der Ladestation (Netzstromaufnahme) ist nur bei öffentlichen Ladestationen möglich

Auf der Grundlage der PTOLEMUS-Analyse wäre es möglich, eine Abgabe auf den Stromverbrauch an öffentlichen Ladestationen zu erheben (ähnlich wie bei Benzin und Diesel), wobei die Abgabe mit der kWh-Aufnahme des Fahrzeugs aus dem Netz verknüpft wird. Die Technologie, die Protokolle und der bestehende Datenaustausch, die von den Betreibern öffentlicher Ladestationen (CPO, Charging Point Operators) verwendet werden, würden dies möglich machen.

Aufgrund der niedrigeren Kosten für das Aufladen von Elektrofahrzeugen zu Hause oder am Arbeitsplatz sind öffentliche Ladestationen jedoch die am wenigsten beliebte Lösung. Laut unseren Interviews werden nur 10 % aller Ladevorgänge in der Schweiz an öffentlichen Ladestationen durchgeführt.

Zudem geben Stromversorger wie Axpo, BKW oder CKW an, dass sie nicht in der Lage sind, eine detaillierte Aufschlüsselung des Stromverbrauchs zur Verfügung zu stellen, selbst wenn in jedem Haus/jeder Wohnung intelligente Zähler installiert wären. Gemäß den Interviews wäre es mit den heutigen Systemen, einschließlich des Einsatzes von "Smart Metern", äußerst komplex zu überprüfen, an welcher Steckdose ein Elektrofahrzeug geladen wird.

Außerdem können die Energieversorger das Aufladen von Elektrofahrzeugen nicht von anderen Stromverbrauchsvorgängen unterscheiden, es sei denn, es wird eine eigene Stromleitung mit einem speziellen Zähler in jeder Wohn- und Arbeitseinheit installiert und ausschließlich verwendet. Darüber hinaus nutzen Elektrofahrzeuge zunehmend die Methode der Rekuperationsbremse und Solarzellen auf dem Autodach, um ihre eigene Energie zu erzeugen, was bedeutet, dass das Netz möglicherweise nicht die einzige Energiequelle ist, die sie nutzen.

2. Die Messung der Anzahl der in jedes Fahrzeug geladenen kWh (Energieaufnahme des Fahrzeugs) bringt erhebliche technische Herausforderungen mit sich

Entgegen den Erwartungen ist die elektrische Energieaufnahme kein Datenpunkt, der heute bei Elektrofahrzeugen leicht verfügbar ist. Die Messung würde die Erfassung mehrerer Fahrzeugdaten während des Ladevorgangs erfordern (Spannung des Eingangstroms, Ladezustand usw.). Darüber hinaus wäre eine spezifische Berechnung für jede Ladesituation (Schnellladung, reguläre öffentliche Ladestation, Wallbox zu Hause, Steckdose zu Hause usw.) sowie der Zugriff auf verschiedene Parameter und das Ladeverhalten des integrierten Batteriemanagementsystems erforderlich (die sich in der Regel zwischen verschiedenen Fahrzeugmarken und zwischen Modellen derselben Marke unterscheiden).

Eine effektive Messung der kWh-Aufnahme würde also davon abhängen, dass jeder OEM spezifische Berechnungsformeln und fahrzeugspezifische Merkmale (Eigenschaften der Batteriezellen, vorprogrammierte Ladekurven des Batteriemanagementsystems usw.) bereitstellt, sowie von vielen anderen Merkmalen (z. B. schnelles oder langsames Laden, Leistung des Ladekabels usw.). Da die Fahrzeughersteller in der Lage sind, Software-over-the-air-Updates vorzunehmen (insbesondere um die Leistung ihrer Fahrzeuge zu steigern), müsste die Schätzmethode ständig aktualisiert werden. Die größte Herausforderung läge jedoch im Prozess selbst, da er die Fahrzeughersteller verpflichten würde, ihre vollständige Schätzungsmethode transparent mitzuteilen, was einen direkten Vergleich der Effizienz verschiedener Modelle ermöglichen würde, die jedoch zu den strategisch wichtigsten geheimen Daten der Hersteller gehören.

Angesichts des geringen Reifegrads der EV-Batterieindustrie, der durch Teslas derzeitigen Wechsel von Lithium-Ionen- zu Lithium-Eisenphosphat-Chemie (LFP, Lithium-Ferro-Phosphate) für seine neuen Modelle belegt wird, erscheint die Festlegung und Anwendung eines Mandats auf der Grundlage einer harmonisierten Vorgehensweise nicht realistisch.

Zusammenfassend würde die Einführung einer neuen Abgabe auf einer fairen Grundlage voraussetzen, dass die kWh-Aufnahme für alle Fahrzeugmodelle identisch ist und für alle Fahrzeugmodelle und -marken auf der gleichen Messung basiert. Bedauerlicherweise zeigt unsere Analyse, dass dies nicht möglich ist, da es keinen tatsächlich messbaren Wert für die kWh-Aufnahme gibt und alle oben genannten Maßnahmen lediglich Schätzwerte für die kWh liefern würden.

3. Die Messung der zur Fortbewegung des Fahrzeugs verbrauchten kWh (Energieverbrauch des Fahrzeugs) ist noch komplexer

Letztlich wurde bei der Analyse auch berücksichtigt, dass ein Teil der Energie der Fahrzeuge in Zukunft für die Netzspeicherung verwendet werden könnte. Tatsächlich hat die aktuelle Energiekrise die Möglichkeit von Vehicle-to-Grid (V2G)-Systemen beschleunigt, die es EVs ermöglichen, Energie an das Netz "zurückzugeben", wenn die Produktion zu gering ist, und um Stromausfälle zu vermeiden, wie im Sommer 2022 in Kalifornien geschehen.

PTOLEMUS untersuchte, ob der Verbrauch der Energie, die für die Fortbewegung des Fahrzeugs über die Straßeninfrastruktur aufgewendet wird, isoliert gemessen werden kann.

Während der Befragung stellte PTOLEMUS fest, dass einige Fuhrparkmanagement-Dienstleister bereits Schätzungen des Energieverbrauchs für die interne Erhebung von Leistungsindikatoren berechnen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass es sich dabei um Schätzungen handelt, die zum Vergleich homogener Fahrzeuge innerhalb einer einzigen Flotte verwendet werden. Die Untersuchung hat gezeigt, dass ein solches System auf noch "tiefere", d. h. komplexere, vom OEM und Batteriehersteller abhängige Berechnungen angewiesen wäre, um Daten zu ermitteln, die nur annähernd aussagekräftig wären. Insgesamt wäre diese Messung nicht zuverlässig und nicht über sämtliche Schweizer Fahrzeuge hinweg vergleichbar.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass keines der Systeme, die auf dem elektrischen Energieverbrauch basieren, als hinreichend einfach und präzise für eine zukünftige Erhebung einer Abgabe erscheint.

IV. Option 1 würde externe Geräte aus dem Logistikbereich nutzen, um sie auf Personenkraftwagen auszuweiten

Im Rahmen von Option 1 müssten neue Hubodometer-Geräte entwickelt werden, um die Kilometerzahl aller motorisierten Fahrzeuge zu erfassen. Hubodometer werden heute in Neuseeland und Australien zur Messung der von Lastkraftwagen und Anhängern zurückgelegten Strecke verwendet und beruhen auf der Zählung der Anzahl der physischen Radumdrehungen. Sie werden an der Außenachse des Fahrzeugs angebracht und können durch den Einsatz von Gegengewichten genaue Zählungen liefern, um ein Umdrehen zu verhindern, das zu einer Unterzählung führen könnte. Heute sind Hubodometer ausschließlich für schwere Nutzfahrzeuge konzipiert.

Illustrative Abbildung eines Hubodometers



Herkunft: Veeder-Root

Die Anbringung von Hubodometern an Personenkraftwagen würde erhebliche ästhetische, operative und sicherheitstechnische Herausforderungen mit sich bringen, da sie direkt am Rad angebracht wären und die Fahrzeugbesitzer daher keine Radkappen oder Radnabenabdeckungen verwenden könnten. Der Austausch eines platten Reifens, an dessen Rad ein Hubodometer angebracht ist, wirft Fragen auf, wie z. B.: Ist das Hubodometer ordnungsgemäß wieder angebracht? Kann das Hubodometer die Distanz genau messen, wenn es vorübergehend an einem Ersatzreifen angebracht ist? Sollte für jeden

Reifenwechsel mit einem Hubodometer eine zertifizierte Werkstatt vorgeschrieben werden? Solche Fälle treten regelmäßig auf, zum Beispiel beim Wechsel von Winter- und Sommerreifen.

Bei den derzeitigen Hubodometern kann die vom Fahrzeug zurückgelegte Strecke nur manuell von einem Bediener abgelesen werden. Damit das Gerät im schweizerischen Abgabesystem eingesetzt werden kann, wäre ein neues Design erforderlich, einschließlich neuer Funktionen, die erstens die Erkennung von Grenzübertritten (um nur die in der Schweiz gefahrenen Kilometer zu erfassen) und zweitens die Kommunikation zur Übermittlung der Daten an das Back-Office-System ermöglichen. Für Personenkraftwagen würde das System auch eine stark miniaturisierte Bauweise des Geräts erfordern, was dessen derzeitige Kosten erhöhen würde.

Die nächste Generation von Hubodometern erscheint demnächst auf den Markt und bietet ein GNSS-Modul (Satellitenortung) und ein Mobilfunkmodul an, was die Geräte intelligenter gestaltet. Einer der von PTOLEMUS befragten Hubodometer-Herstellern gab an, ein solches Gerät für den Lkw-Markt auf den Markt bringen zu wollen, jedoch nicht die Absicht zu haben, es an Personenkraftwagen anzupassen. Sollte die Schweiz beschließen, neue Hubodometer für leichte Fahrzeuge einzuführen, wären daher wichtige, spezifische (d. h. teure) Entwicklungen erforderlich. Außerdem müsste das gesamte Konzept validiert werden, um die Kompatibilität mit den Zertifizierungen für die Straßenverkehrssicherheit und die Praktikabilität des Ein- und Wiedereinbauverfahrens für die Endnutzer zu gewährleisten.

Für die Umsetzung der Option 1 (und anderer Optionen) wäre ein Back-Office-System erforderlich, um Daten zu erfassen, Konten zu verwalten und eine Verknüpfung mit dem Ausweis der Steuerzahler und Bankkonten herzustellen, d. h. eine Softwareplattform, die denjenigen ähnelt, die bei elektronischen Mautsystemen verwendet werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht schätzt PTOLEMUS, dass jeder Hubodometer etwa 140 CHF kosten und einen zweistündigen Installationsdienst durch eine zertifizierte Werkstatt erfordern würde. Nach der Installation wäre ein zusätzlicher Betrag von 1 CHF pro Monat und pro Fahrzeug erforderlich, um die Mobilfunkverbindung zwischen jedem Hubodometer und dem Back-Office-System herzustellen.

Hubodometer haben einige Vorteile, z. B. die Möglichkeit, eine von den Fahrzeugherstellern unabhängige Lösung anzubieten, da das Gerät relativ einfach aufgebaut ist.

Andererseits haben sie starke Einschränkungen, darunter die Tatsache, dass sie bisher nicht in einer Ausführung erhältlich sind, die für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge geeignet ist (und selbst wenn dies der Fall wäre, würden sie die oben genannten Betriebsprobleme mit sich bringen). Darüber hinaus werfen sie Sicherheitsprobleme auf, erfordern zertifizierte Werkstätten für den Einbau und es gibt keinen namhaften Anbieter, der auf leichte Fahrzeuge abzielt. Auch die Kosten für die Einrichtung eines solchen Systems sind nicht zu unterschätzen.

PTOLEMUS empfiehlt daher, keine neuartigen Hubodometer zu verwenden, aufgrund:

- a. der Komplexität, die mit der Entwicklung miniaturisierter elektronischer Geräte für eine sehr große Vielfalt von Fahrzeugkategorien und -modellen verbunden ist, was zu Versorgungsproblemen führen kann (unzureichende Anzahl interessierter Lieferanten, geringe Größe der Lieferanten und damit verbundene Lieferrisiken usw.)

- b. der erheblichen operativen und einsatzbezogenen Herausforderungen für ein landesweites Programm und ihrer Nichtanwendbarkeit auf ausländische Fahrzeuge,
- c. der hohen Gesamtbetriebskosten der Lösung für die Schweiz.

V. Option 2: Dedizierte Telematikgeräte können kWh aufzeichnen, allerdings ist die Grundlage dieser Daten für steuerliche Zwecke nicht geeignet

Option 2 basiert auf der Verwendung dedizierter Telematikgeräte zur Aufzeichnung von kWh. Dedizierte Telematikgeräte sind vernetzte Geräte, die nach dem Fahrzeugkauf in das Fahrzeug eingebaut werden. Eine Variante, OBD-Dongles (On-Board-Diagnose), kann in den OBD-Port des Fahrzeugs eingesteckt werden, um eine Reihe von Fahrzeugparametern aufzuzeichnen. Sie verfügen in der Regel über eine Mobilfunkverbindung, um mit einem Back-End-System zu kommunizieren. Üblicherweise werden diese Geräte für Fuhrparks eingesetzt und helfen dabei, die Kommunikation mit Fuhrparkmanagern für Kernfunktionen wie Arbeitsaufträge, vorbeugende Wartungsaufgaben usw. herzustellen.

Mit der zunehmenden Anzahl von Elektrofahrzeugen auf dem Markt, auch in Fuhrparks, ist die Überwachung der Batterieleistung von Elektrofahrzeugen zunehmend wichtig geworden. Einige Gerätehersteller haben bereits dedizierte Telematikgeräte entwickelt, die die Anzahl der vom Fahrzeug verbrauchten kWh anzeigen können. Diese Geräte werden jedoch nur bei einer bestimmten Gruppe von (in der Regel homogenen) Fahrzeugen eingesetzt, bei denen der Gerätehersteller einen „Reverse-Engineering-Prozess“ (Nachkonstruktion) durchgeführt hat, um sicherzustellen, dass die gelieferten Informationen für den Geschäftszweck des Fuhrparkmanagers präzise genug sind.

Eine Ausweitung der Erfassung solcher dedizierter Geräte auf alle Elektrofahrzeuge würde die Einrichtung einer kompletten Reverse-Engineering-Werkstatt erfordern, die in der Lage wäre, jedes einzelne Fahrzeug auf dem Markt im Detail zu analysieren.

Die PTOLEMUS-Analyse hat gezeigt, dass auch die Option 2 mit einigen starken operativen und technologischen Einschränkungen verbunden wäre. So werden immer mehr Elektrofahrzeuge ohne OBD-Anschluss gebaut (z. B. Tesla Model 3, Jeep Grand Cherokee, Mercedes C-Klasse), was die Verwendung von Adaptern und das Anschließen eines weiteren Kabels im Fahrzeug erforderlich macht. Darüber hinaus implementieren OEMs zunehmend IT-Sicherheits-Gateways in ihre Fahrzeugnetzwerke, was es für Aftermarket Anbieter (und ihre Geräte) zu einer großen Herausforderung machen kann, CAN-Bus-Daten (CAN, Controller Area Network) zu lesen. Schließlich kann es schwierig sein, OBD-Dongles in bestimmten Fahrzeugmodellen zu installieren.

Auch wenn die Messung der kWh nicht empfohlen wird (gemäß der vorhergehenden Analyse von PTOLEMUS, vgl. Kap. III), ist die Aufzeichnung und Übermittlung von kWh-Informationen möglich. In diesem Fall würde sich die Erkennung von Grenzübertritten entweder auf die eingebaute Mobilfunkverbindung des Geräts oder auf Nummernschildlesekameras (ALPR) an den Grenzen des Landes stützen, die mit der Datenbank der betreffenden Fahrzeuge verbunden sind, oder auf eine Kombination aus beidem. Die Übertragung der Daten würde über die integrierte Konnektivität erfolgen, und zwar in einer festzulegenden Häufigkeit (z. B. einmal im Monat oder einmal alle zwei Monate usw.).

Die Umsetzung eines solchen Systems dürfte aus dem schlichten Grund nicht einfach sein, dass die erfassten kWh nicht durch ein externes System überprüft werden können. Die Durchführung würde sich auf die Überprüfung beschränken, ob das Gerät installiert ist oder nicht und ob es Daten überträgt oder nicht.

Diese Geräte könnten grundsätzlich auch die Fahrleistung erheben. Sollten solche Geräte zur Aufzeichnung der zurückgelegten Kilometer verwendet werden, wäre es empfehlenswert, europäische Initiativen zu nutzen, die darauf abzielen, eine Datenbank mit den tatsächlich von Fahrzeugen in Europa zurückgelegten Kilometern aufzubauen, um den Betrug mit Kilometerzählern einzuschränken. Tatsächlich ist die Manipulation elektronischer Kilometerzähler von Gebrauchtfahrzeugen in Europa recht verbreitet (50 % der 2017 grenzüberschreitend verkauften Fahrzeuge), und Initiativen wie das Car-Pass-Zertifikat in Belgien werden gefördert. Die Herstellung einer Verbindung mit solchen europäischen Datenbanken und dem Messsystem würde Aufschluss über die Zuverlässigkeit der für Steuerzwecke verwendeten Daten geben. In diesem Zusammenhang sieht die Erfassung des kWh-Verbrauchs jedoch noch weitaus komplizierter aus.

Aus wirtschaftlicher Sicht schätzt PTOLEMUS, dass jedes Telematikgerät auf dem Nachrüstmarkt ca. 90 CHF kosten und einen zweistündigen Einbauservice durch eine zertifizierte Werkstatt erfordern würde. Nach der Installation wäre ein zusätzlicher Betrag von 1 CHF pro Monat und pro Fahrzeug erforderlich, um die Mobilfunkverbindung zwischen jedem Telematikgerät und dem Back-Office-System herzustellen.

Dedizierte Telematikgeräte würden einige wichtige Vorteile bieten, zum einen, weil sie zu einem ausgereiften Technologiemarkt gehören (Telematik und Fuhrparkmanagement), und zum anderen, weil diese Lösungen von den OEMs unabhängig wären. OBD-Geräte bringen jedoch auch erhebliche Nachteile mit sich, insbesondere wenn die Schweiz beschließt, kWh als Bemessungsgrundlage der Abgabe zu verwenden, was möglicherweise nicht durchführbar ist. Aus der Sicht einer globalen Organisation erscheinen die erforderliche Einrichtung einer kompletten Reverse-Engineering-Werkstatt, die sich mit jedem einzelnen Fahrzeug befasst, und die Notwendigkeit, ein Installationsnetz einzurichten, zu schulen und zu unterstützen, als sehr hohe Hürden, die es zu überwinden gilt.

PTOLEMUS empfiehlt daher aus 4 Hauptgründen, keine dedizierten Telematikgeräte zu verwenden, die auf der kWh-Messung basieren, aufgrund:

- a. der Komplexität des Zugangs zu den relevanten kWh-Informationen für alle Fahrzeugmodelle, die unter die Abgabe fallen,
- b. der Beschränkungen bei der Einführung eines landesweiten Programms,
- c. der Nichtanwendbarkeit der Lösung auf ausländische Fahrzeuge,
- d. der hohen Kosten der Lösung, die direkt mit der Anzahl der von der Abgabe erfassten Fahrzeuge zusammenhängen.

VI. Option 3: Die Cloud-basierte Lösung ist am einfachsten zu implementieren und hat die niedrigsten Kosten der drei analysierten Optionen

Option 3 nutzt Cloud-Dienste, um auf die km oder kWh der Fahrzeuge zuzugreifen. Diese Cloud-Dienste werden immer häufiger angeboten und sind oft Teil von Premium-Paketen, die die Fahrzeughersteller ihren Kunden anbieten.

Darüber hinaus müssen seit April 2018 alle neu typgenehmigten leichten Fahrzeuge (d. h. Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge) in Europa ein eCall-System mit Mobilfunkanbindung enthalten. Die Fahrzeuge sind also bereits in gewisser Weise vernetzt. Seitdem haben die Fahrzeughersteller zunehmend in den Aufbau einer eigenen Cloud-Infrastruktur investiert, um die von vernetzten Fahrzeugen generierten Informationen zu sammeln und zu speichern und um erweiterte bordeigene Dienste anzubieten. Cloud-Daten werden bereits für eine Vielzahl von Anwendungen genutzt, darunter vernetzte Versicherungen, Fuhrparkmanagement usw. Ein Cloud-basierter Ansatz erfordert die Konnektivität des Fahrzeugs (zumindest, wenn die Daten zum Kilometerstand an die Cloud gesendet werden müssen) und eine technische Integration mit den Schnittstellen aller in Frage kommenden Clouds der Fahrzeughersteller.

Mögliche Ausweichsysteme, insbesondere für Fälle, in denen kein Mobilfunknetz verfügbar ist (in Tunneln, abgelegenen Gebieten usw.), die auf dem fahrzeuginternen Kilometerstand basieren, müssten mit jedem Fahrzeughersteller untersucht werden. Ein interessantes Element in der Wertschöpfungskette des Marktes ist das Vorhandensein von zwischengeschalteten Akteuren, Datenmarktplätzen oder Vehicle Data Hubs (im Folgenden als VDHs bezeichnet), die darauf abzielen, vernetzte Fahrzeugdaten über viele OEM-Marken hinweg zu sammeln und so die Anzahl der erforderlichen Schnittstellen zu verringern.

Einer der Hauptvorteile der Cloud-basierten Lösung besteht darin, dass weder ein Gerät in das Fahrzeug eingebaut werden muss, noch eine Installation/Einrichtung durch einen Dritten erforderlich ist, der wie bei den Optionen 1 und 2 geschult werden müsste. Die Investitions- und Betriebskosten sind daher deutlich geringer, und eine Kombination aus 2 bis 3 VDHs könnte eine vollständige Abdeckung aller Fahrzeuge im Geltungsbereich gewährleisten.

Bei permanenter Konnektivität (wie in diesem Szenario angenommen), die auf der Satellitenortung basiert, macht die Cloud-basierte Lösung das Geofencing zu einer einfachen Anwendung, die von der Cloud aus durchgeführt werden kann. Dadurch wird sichergestellt, dass nur die in der Schweiz gefahrenen Kilometer in Rechnung gestellt werden. Wäre die Konnektivität des Fahrzeugs nicht immer verfügbar, könnte die Distanzberechnung an Bord des Fahrzeugs durchgeführt werden, z. B. mit Hilfe einer digitalen Karte, und die Ergebnisse dieser Berechnung in festzulegenden Abständen an die Cloud gesendet werden. Dies würde jedoch eine spezielle Softwareentwicklung durch die OEMs erfordern, weshalb wir diese Möglichkeit nicht weiterverfolgt haben.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Cloud-basierte Lösung, wie auch andere Optionen, die Einholung der Zustimmung des Fahrzeughalters und des Fahrers (falls abweichend) erfordert, was zeigt, wie wichtig die Anpassung des Schweizer Rechtsrahmens ist. Diese Aufgabe ist von entscheidender Bedeutung und es wird den Schweizer Behörden empfohlen, ein System zur Einholung der Zustimmung über mehrere Kanäle (Fahrzeugdisplay, Smartphone-App, Internet usw.) einzurichten.

Aus wirtschaftlicher Sicht scheint die Cloud-basierte Lösung die kosteneffizienteste der drei Optionen zu sein, da sie eine sehr geringe Investition erfordert und sich besser auf eine große Anzahl von Fahrzeugen übertragen lässt. Die Schweiz müsste die OEMs (oder VDHs) für die Kosten der Fahrzeugkonnektivität (wenn das Abonnement nicht bereits im Fahrzeug aktiv ist) und die extrahierten Daten entschädigen. PTOLEMUS schätzt, dass ein solcher Dienst für den Zugriff auf die Informationen über die zurückgelegte Strecke (km) ungefähr 1,20 CHF pro Monat und Fahrzeug kosten würde, zuzüglich 1 CHF pro Monat und Fahrzeug zur Deckung der Verbindungskosten.

In diesem Stadium scheint es wichtig, über die Abhängigkeit einer solchen Option von standortbezogenen Diensten nachzudenken. In dem ursprünglich in Betracht gezogenen Ansatz (erste Studie 2020–22) müssten sowohl die Satellitenortung als auch das Mobilfunknetz speziell für die Messung der zurückgelegten Fahrleistung eingerichtet werden, was in der Öffentlichkeit die Befürchtung wecken könnte, überwacht zu werden. In der Option 3 wird jedoch die bereits vorhandene GNSS-gestützte Ortung und Kommunikation, die vom Fahrzeug für eine Reihe von Anwendungen und Diensten verwendet wird, genutzt, und es wird nur sehr gelegentlich auf einen Teil der Informationen (die Distanz oder die Energie) zugegriffen. Die gesamten Cloud-Datensätze würden auf der Grundlage einer vorherigen Zustimmung und für einen begrenzten Zeitraum (gemäß den rechtlichen Bestimmungen zum Datenschutz) auf den Cloud-Servern des OEM (oder VDH) verbleiben, und nur die erforderlichen Daten (Anzahl der km oder kWh) würden an das Backoffice des Abgabesystems übertragen. Insofern wurde in der Analyse die beschriebene Cloud-basierte Lösung als nicht standortbezogen und damit für die hier vorliegende Analyse als gültig angesehen. Obwohl sich die Lösung auf Daten stützt, die die OEMs mit Hilfe von GNSS sammeln, würden die Schweizer Behörden nur die Anzahl der gefahrenen Kilometer und nicht die Koordinaten der Fahrten der besteuerten Fahrzeuge erhalten.

Schließlich bringt der Cloud-basierte Ansatz sehr große Vorteile mit sich: Dank der Verwendung von VDHs ist er nicht nur weitgehend unabhängig von den Fahrzeugherstellern, sondern kann auch auf die meisten relevanten Fahrzeugsegmente ausgeweitet werden (Hersteller von schweren Nutzfahrzeugen und motorisierten Zweirädern beginnen mit der Entwicklung ihrer Cloud-Systeme). Nicht zuletzt ist die Methode auch auf ausländische Fahrzeuge erweiterbar, was unter den ermittelten Optionen eine Besonderheit darstellt. Wir empfehlen die Kommunikation mit anderen europäischen Ländern (und/oder der Europäischen Kommission), erwarten aber, dass andere Länder mit RUC-Plänen, wie die Niederlande, dies unterstützen werden. Interessanterweise wird das geplante europäische Datengesetz (Data Act), das gerade vom COREPER (Comité des représentants permanents, ein Unterorgan des Ministerrates der EU zur Vorbereitung von Entscheidungen des Ministerrates) verabschiedet wurde, die Nutzung von Daten aus vernetzten Fahrzeugen voraussichtlich sehr einfach machen.

Die beiden größten Herausforderungen dieses Ansatzes sind unserer Meinung nach: die Notwendigkeit einer umfassenden Einholung der Zustimmung (die für alle Methoden gilt), insbesondere für ausländische Fahrzeuge, und, wie oben erläutert, die sehr hohe Komplexität einer zuverlässigen und fairen Messung von kWh, wenn dies die gewählte Bemessungsgrundlage für die Abgabe ist.

Von den 3 untersuchten Optionen empfiehlt PTOLEMUS der Schweiz daher die Cloud-Lösung auf Basis der km, aufgrund:

- a. ihrer relativ einfachen Einführung, wenn VDHs einbezogen sind,
- b. ihrer Fähigkeit, eine hochpräzise Messung der zurückgelegten Kilometer nur in der Schweiz zu liefern, ohne dass weitere technische Entwicklungen im Fahrzeug oder die Einrichtung einer straßenseitigen Infrastruktur erforderlich sind,
- c. der potenziellen Anwendbarkeit auf alle relevanten Fahrzeuge, einschließlich ausländischer Fahrzeuge,
- d. der relativ geringen Kosten im Vergleich zu den anderen Optionen.

VII. Mit Blick auf die Zukunft ist die Einführung eines neuen Abgabesystem für Elektrofahrzeuge ein Veränderungsmanagement-Programm, das eine End-to-End-Perspektive einnehmen muss

Die erste Schwierigkeit bei der Einführung eines neuen Abgabesystem besteht darin, dass der Staat neue Regeln für die Bürger festlegen und umsetzen muss. Dies bedeutet, dass er zunächst ein neues spezifisches Gesetz definieren und genehmigen muss, das sich an den schweizerischen Rechtsrahmen anpasst. Je nach der von der Schweiz gewählten Option und angesichts der Angleichung des schweizerischen Datenschutzgesetzes (DSG) an die EU-Richtlinie über den Schutz personenbezogener Daten (DSGVO) müssen die detaillierten rechtlichen Auswirkungen des neuen Systems ermittelt und bewertet werden.

Aus Sicht des Projektmanagements liegt die Komplexität in der Tatsache, dass eine Erfassungsmethode und eine Schnittstelle zu mehreren sehr unterschiedlichen Akteuren eingerichtet werden müssen. Dazu gehören mehrere Fahrzeugkategorien und OEMs, private Fahrzeughalter und Fuhrparks, schweizerische und ausländische Fahrzeuge und möglicherweise europäische Länder (insbesondere Nachbarländer) sowie verschiedene Anbieter von Technologielösungen (Anbieter von Telematiklösungen, VDH, Cloud-Hosting-Anbieter, Mobilfunknetzbetreiber usw.). Ein solches System sollte daher als flächendeckendes, End-to-End- (von den Fahrzeughaltern bis zur schweizerischen Erhebungsbehörde) und qualitativ hochwertiges System konzipiert werden, das die Richtigkeit des Steuerbetrags garantieren kann und durch eine Datenbank und sichere Erhebungsprozesse, die geprüft und zertifiziert werden können, gestützt wird.

Nicht zuletzt ist die Zusammenarbeit mit den Bürgern ein Schlüsselfaktor für den Erfolg. Bei solchen Umstellungsprozessen sind lange Zeiträume des Austauschs erforderlich, um die Bürger zu informieren und zu konsultieren, Akteure und Verbände zur Mitarbeit zu bewegen usw.

Vom Projektstandpunkt aus gesehen müssen diese Beziehung und ihre vertraglichen Aspekte in einem kommerziellen Back-Office-System und einer Organisation formalisiert werden, ähnlich derjenigen, die von Straßenbetreibern in ganz Europa eingerichtet wurde und sich an die Kunden während ihres

gesamten Lebenszyklus richtet. Bei RUC-Pilotinitiativen in der ganzen Welt haben Studien zur Kundenzufriedenheit gezeigt, dass die Bürgerinnen und Bürger am stärksten zustimmen und sich engagieren, wenn ihnen Alternativen (bisweilen sogar sehr einfache) angeboten werden. Die beiden wichtigsten Alternativen zur Cloud-basierten Lösung, die das Potenzial haben, die Vorgaben des Abgabesystems zu erfüllen, sind die Erweiterung des eCall-Prüfverfahrens oder die Verwendung einer zertifizierten Smartphone-Anwendung zur Aufnahme eines Fotos des Kilometerzählers.

Unabhängig davon, welche technische Lösung gewählt wird, sollte die Komplexität der Einführung eines solchen neuen Abgabesystems angesichts der Komplexität des Ökosystems der beteiligten Akteure nicht unterschätzt werden. In solchen Fällen wäre es sehr empfehlenswert, ein breit gefächertes Projektteam einzurichten (Projektmanagement, Technologie und IT-Systeme, aber auch Einkauf, Recht, Finanzen, Marketing und Kommunikation usw.) und eine hohe Sichtbarkeit des Teams zu gewährleisten, um regelmäßig über Aktualisierungen und Probleme zu berichten und Entscheidungen zu treffen, die den Übergang erleichtern. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Schweizer Behörde wird eine möglichst einfache technische Lösung sein, die auf Kriterien beruht, die für die Öffentlichkeit leicht verständlich sind.

Mit dem Ziel, alle Akteure zufrieden zu stellen, ist das „Overengineering“ eine gängige Praxis und stellt ein Risiko dar, das erhebliche betriebliche und finanzielle Folgen haben kann. Singapur beispielsweise entschied sich 1998 für die Entwicklung eines eigenen, spezifischen, maßgeschneiderten, GNSS-basierten Telematikgeräts für sein elektronisches Straßenbenutzungsgebührensysteem. Das System sollte den Verkehr regeln, die Straßennutzung dynamisch besteuern (164 km Schnellstraßen und Tunnel) und auch den Zugang zu und die Bezahlung von Parkplätzen ermöglichen. Mehr als 20 Jahre später gibt Singapur immer noch zusätzliche 600 Millionen Dollar aus, um zu einem System der nächsten Generation überzugehen, das effizienter und kostengünstiger zu betreiben ist. Doch bei dieser neuen Generation, die 2012 eingeführt wurde, kam es zu zahlreichen Verzögerungen, Unterbrechungen und erheblichen Budgetüberschreitungen. Die Gründe dafür sind vielfältig, aber ein Großteil davon ist auf die Überkomplexität der geplanten Lösung zurückzuführen.

Auf der Grundlage der Reaktionen und Rückmeldungen, die während der Befragung von Branchenexperten im Rahmen dieser Studie eingingen, empfiehlt PTOLEMUS den Schweizer Behörden, in den kommenden Monaten ein oder mehrere "Proof of Concept"-Pilotprojekte durchzuführen. Dies würde darin bestehen, verschiedene Experimente mit den wichtigsten Akteuren zu organisieren, um die technischen Entscheidungen zu festigen und das gesamte Programm und Systemdesign besser zu bewerten. An solchen Pilotversuchen sollten neben den wichtigsten internen Akteuren mindestens folgende Parteien beteiligt sein: OEM, Anbieter von Telematiktechnologien, Anbieter von Vehicle Data Hubs, Anbieter von IT-/Engineering- und Maut-/Enforcement-Lösungen.

Das Hauptziel der Pilotprojekte wäre die Validierung der technischen Realisierbarkeit der geplanten Methoden sowie des optimalen Implementierungsweges. Wir würden zum Beispiel vorschlagen, die Genauigkeit einer mobilfunkgestützte Grenzerfassung (unter ausschließlicher Verwendung von Mobilfunk-Informationsdaten) näher zu untersuchen. Es ist zudem zu prüfen, ob eine weitere Ebene (z. B. auf der Grundlage einer ALPR-Erfassung) erforderlich wäre, um die Genauigkeit zu erhöhen. Die Erfassung der Anwendungsfälle von Vielfahrern mit unterschiedlichen Profilen würde helfen, die

optimale Technologieauswahl zu bestätigen und künftige Marketing- und Konsultationskampagnen zu antizipieren. Generell würden diese Pilotprojekte auch dazu beitragen, alle Schnittstellen und Parameter (Datenvolumen), die für die Einrichtung eines funktionierenden Back-Office-Systems, seinen Betrieb und die technische Umgebung für die Wartung erforderlich sind, genauer zu bestimmen.

VIII. Abschließend empfiehlt PTOLEMUS, eine Lösung anzustreben, die auf die Zukunft der Mobilität ausgerichtet ist und auf Konnektivität und eine Cloud-basierte Struktur setzt

Verkehr und Mobilität sind auf dem Weg zu einer allgegenwärtigen Zwei-Wege-Konnektivität. Seit 2018 ermöglicht diese Konnektivität allen leichten Fahrzeugen, das eCall-Notrufsystem in Europa zu nutzen, um die Reaktion auf Unfälle zu beschleunigen und die Chance auf die Rettung von Menschenleben im Straßenverkehr zu maximieren. Die Europäische Kommission prüft derzeit eine Ausweitung des eCall-Mandats auf Motorräder, Lkw und Busse.

Tatsache ist, dass heute fast alle Elektrofahrzeuge bereits in Echtzeit vernetzt sind und von Cloud-basierten Diensten profitieren. Dies macht die darauf basierte Lösung zukunftssicher und kosteneffizient. Außerdem ist sie benutzerfreundlicher, da kein spezielles Gerät im Fahrzeug installiert werden muss.

Die Analyse von PTOLEMUS hat gezeigt, dass von den drei vertieft untersuchten Optionen nur der Cloud-basierte Ansatz in der Lage wäre, alle Vorgaben der Schweizer Behörde zu erfüllen. Das heißt, er könnte bis zum Jahr 2030 Personenfahrzeuge abdecken und auf alle Fahrzeugtypen und möglicherweise auch auf ausländische Fahrzeuge ausgeweitet werden. Außerdem ist der Cloud-Ansatz im Vergleich zu Lösungen, die auf einem Telematikgerät basieren, aus wirtschaftlicher Sicht effizienter.

Auch wenn Abgabesysteme komplex sein können, scheint die empfohlene Lösung auf der Grundlage des oben genannten Ansatzes realisierbar zu sein. Aus technischer Sicht ist sie sogar einfacher als herkömmliche RUC-Systeme, da sie nicht die Entwicklung eines speziellen Geräts erfordert.

Schließlich wird die Schweiz aus rechtlicher und politischer Sicht bis Ende 2023 eCall vollständig eingeführt haben und dabei auch das GNSS und die Konnektivität der Fahrzeuge nutzen, was die Einführung einer ähnlichen Lösung für die Erhebung einer Abgabe auf Elektrofahrzeuge erleichtern wird.

Zusammenfassend empfiehlt PTOLEMUS der Schweizer Behörde, sich diesem globalen Mobilitätstrend durch die Einführung eines Cloud-basierten, skalierbaren und zukunftssicheren Systems voll und ganz anzuschließen und damit den Weg für andere europäische Länder zu ebnen.