

Bericht /CLF 391_01

**Abgabe auf Elektrofahrzeuge
Validierung der Ergebnisse des Prüfauftrags / Einholen einer Zweitmeinung**

Berichts-Nr.: EnS-23-1110-01 *Auftr.-Nr.:* EnS-23-1110-AU01
Auftraggeber: Schweizerischen Eidgenossenschaft
 Bundesamt für Strassen ASTRA
 3003 Bern

Inhaltsverzeichnis:

1 Zusammenfassung	2
2 Ausgangslage	3
3 Technische Varianten der «Stromlösung»	8
4 Stromlösung vs. Kilometerlösung.....	17
5 Schlussfolgerungen	18
6 Anhang	19

Anzahl Seiten: 20

Status: Released

Dokumentenfreigabe:

Erstellt	07.11.2023	Felix Iseli	
Geprüft	07.11.2023	Reto Röthlisberger	
Freigegeben	07.11.2023	Marcel Strub	

EnS-23-1110-01.docx

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Autor	Auftragsnummer
Initial	07.11.2023	Felix Iseli	EnS-23-1110-AU01
Bemerkungen			
Erstausgabe			

1 Zusammenfassung

Die Erkenntnis von PTOLEMUS, dass Strom als Bemessungsgrundlage nicht geeignet ist wird **nicht** gestützt. Die technische Machbarkeit ist gegeben, sofern einige Randbedingungen im Hinblick auf die Anwendung von Normen und dem Erlass von Vorschriften umgesetzt werden. Während sich fahrzeugseitige Vorschriften dem nationalen Einflussbereich entziehen, unterliegt die Infrastruktur den Schweizerischen Vorgaben.

Die für Mobilitätszwecke verwendete Energie kann von der Ladeinfrastruktur (Wallbox) automatisiert erfasst und zugeordnet werden, dieser Lösungsansatz ist daher klar einer Fahrzeugseitigen Lösung vorzuziehen, wenn alle Wallboxen bei den Verteilernetzbetreibern gemeldet und mit einem kommunikationsfähigen Energiezähler-System ausgestattet sind. Dabei kommuniziert die Wallbox mit dem Fahrzeug und dem Verteilernetzbetreiber. Die Umgehung des Zählers über eine Haushaltsteckdose müsste verboten und geahndet werden. Zur Erkennung von Umgehungsversuchen, könnte die abgerechnete Energiemenge mit der Laufleistung verglichen werden. Wie das Phänomen des Tanktourismus ist bei preissensiblen Bezüglern auch in Zukunft mit Kostenoptimierung zu rechnen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Schweiz alle Fahrzeughersteller dazu bringt, solche Vorschriften zu erfüllen ist gering. Fahrzeugseitige Vorschriften, welche die Fahrzeughersteller zur Datensammlung zu nationalen Steuerzwecken zwingt, sind schwer umzusetzen. Auch wenn es gelingen würde, Regelungen in den EU-Vorschriften zu etablieren, welche eine einheitliche Datenerhebung ermöglichen würden, gäbe es alte Fahrzeuge und solche aus anderen Wirtschaftsräumen (USA, Asien etc.), welche diese Anforderungen nicht erfüllen. Für diese Fälle wären alternative (komplementäre) Erfassungsmethoden nötig, um Handelshemmnisse zu vermeiden. Vorschriften über die Anforderungen an Wallboxen, kann die Schweiz jedoch selbst erlassen. Der Aufbau des Intelligenten Stromnetzes (Smart-Grid) liegt im Interesse der Schweiz.

Für bidirektionale Ladefunktionen gibt es bereits eine grundlegende Normung. Wie komplex die einzelnen Anwendungsfälle werden, wird sich aber erst manifestieren, wenn die Wallbox-Hersteller die zahlreichen denkbaren Funktionalitäten umgesetzt haben.

Die dadurch entstehenden Erfassungsdaten müssten im Hinblick auf den Datenschutz legitimiert werden. Die Verteilernetzbetreibern müssten verpflichtet werden, die erhobenen Steuern zusammen mit den übrigen Energiekosten einzutreiben und an den Bund weiterzuleiten.

Mit Blick auf das geplante Einführungsjahr 2030 sind sowohl technisch als auch vorschriftsseitig kaum abschätzbare Entwicklungen zu erwarten. Die dann zum Verkauf angebotenen Fahrzeuge sind derzeit noch nicht mal in der Planung, und die möglichen den technischen Fortschritten folgenden Vorschriften hängen von diesen zukünftigen Technologien und Lösungen ab. Der Anspruch, zum jetzigen Zeitpunkt eine «unumstössliche» Systematik, welche auch bereits heute in Verkehr stehende Fahrzeuge mit einschliesst, zu etablieren ist herausfordernd. Mit der weiter zunehmenden Elektrifizierung der Verkehrsmittel, muss das Thema elektrische Energie rasch zum Gesamtkonzept erhoben werden. Da diese Grösse in Zukunft dem elektrischen Fahren übergeordnet geregelt sein muss, wird ein Energiemanagement auch seitens Fahrzeughersteller zwingend sein. Bidirektionaler Energiefluss ist da ein erster Schritt.

2 Ausgangslage

{aus Pflichtenheft} Der Bundesrat hat das UVEK und das EFD beauftragt, ein Bundesgesetz für eine Abgabe auf Elektrofahrzeuge auszuarbeiten (als Ersatz der Mineralölsteuern). Die Hauptbemessungsgrundlage für die Abgabe sind die gefahrenen Kilometer, das Fahrzeuggewicht und die Motorleistung.

Der Bundesrat hat zudem den Auftrag erteilt, zu prüfen, ob neben dem aus den Vorarbeiten 2020/22 bekannten Ansatz zur Ermittlung der gefahrenen Kilometer (d.h. der satellitengestützten Positionierung (GNSS) und dem Mobilfunk (CN)) ein alternativer Ansatz umgesetzt werden kann, der auf eine geografische Lokalisierung der Fahrtenbewegungen zur Distanzerfassung verzichtet.

Gleichzeitig mit dem erwähnten Prüfauftrag wurde zusätzlich untersucht, ob Strom bzw. die Energie als alternative Bemessungsgrundlage geeignet wäre. Insbesondere einige Automobilverbände bevorzugen den Strom als Bemessungsgrundlage.

2.1 Strom als Bemessungsgrundlage

2.1.1 Untersuchung von Ptolemus

Die Prüfung durch das Beratungsunternehmen Ptolemus Consulting Group (Brüssel) hat als Resultat ergeben, dass Strom als Bemessungsgrundlage für eine Abgabe auf Elektrofahrzeugen ungeeignet und nicht praktikabel sei. Für diese Schlussfolgerung wurden die folgenden Argumente angeführt, welche im Rahmen der vorliegenden Zweitmeinungsbetrachtung beurteilt und bewertet wurden.

2.1.1.1 Stromflüsse in den Fahrzeugen sind komplex

- Die Energie kann wieder ins Stromnetz zurückfließen (bidirektionales Laden)
- Elektrofahrzeuge dienen als Stromspeicher für andere Geräte (z.B. bei Handwerkern, in der Freizeit, etc.) → hat nichts mit «Strassennutzung» zu tun, wie dies bei der Mineralölsteuer der Fall ist
- Geladene Energie, Ladeverluste, verbrauchte Energie, Antriebsenergie, Rekuperationsenergie

Zusammenfassung:

Die Energieverbrauchsangaben (nicht normierte Schätzungen) aus Fahrzeugdaten sind nicht belastbar weil:

- unabhängig vom Datenzugang (On-board Schnittstelle oder via FzH)

2.1.1.2 Es gibt keinen «Stromzähler» im Fahrzeug

- Der notwendige Datenpunkt ist nicht vorhanden, weil er nicht relevant ist. Aus Fahrzeughersteller- und Nutzersicht ist der «Ladezustand» zentral (Reichweitenfrage)
- Die Anzeige «Stromverbrauch» ist keine direkte Messung, sondern ein Resultat von Berechnungen der Software der einzelnen Fahrzeughersteller. Das ist nur ein Annäherungswert und abhängig von der jeweiligen Software, so dass die Werte zwischen den Fahrzeugmarken nicht zuverlässig und vergleichbar sind

Zusammenfassung:

Messung an Ladestationen ist keine valable Lösung weil:

- Umgehung der Abgabe via Laden über normale Haushaltssteckdosen möglich
- Bidirektionales Laden / Fahrzeuge als Stromspeicher = Rückgabe der Energie
- Geladener Strom wird nur zum Teil für den Antrieb verwendet

2.1.1.3 Es fehlen Normierungen im Bereich der Energieflüsse im Elektrofahrzeug

- Keine homogenen Daten der verschiedenen Fahrzeughersteller vorhanden, es besteht keine eindeutige/einheitliche Bemessungsgrundlage, deshalb für Abgabebemessung ungeeignet («willkürlich», «unfair»)

- EU hat Elektrofahrzeuge in der Verordnung zur Kraftstoffverbrauchsüberwachung («On-Board-Fuel-Consumption-Monitoring» – OBFCEM) ausgenommen, weil die technischen Standards nicht vorhanden sind
- Das Batterie-Management-System (BMS) wäre ein zentraler Schlüssel zur Berechnung/Ausweisung des Energiewertes. Das BMS und die damit verbundenen Daten sind aber ein strategischer Erfolgsfaktor und Geschäftsgeheimnis der Fahrzeughersteller. Diese haben kein Interesse hier Einblicke zu gewähren. Die «EU-Batterieverordnung» hilft nicht weiter
- CH-Alleingang zur Normierung (mit entsprechenden Vorgaben an Fahrzeughersteller) ist unrealistisch. Es würden mindestens EU-Vorgaben notwendig sein

Zusammenfassung:

Einbau eines speziellen Messgeräts für die Energie ist nicht denkbar, weil:

- Fahrzeugsicherheit ist gefährdet (Eingriff in einen hochsensiblen Bereich), technische Eingriffe ins Fahrzeug können zu Garantieproblemen/-verweigerungen beim Fahrzeughersteller führen
- Eingriff in die Fahrzeugtechnik nur mit Kooperation der Fahrzeughersteller möglich
- Bedingt neue technischen Normen (CH-Alleingang nicht möglich)

2.1.2 Ergänzende Informationen

Die genannten Gründe wurden durch die DTC AG eingehend überprüft und bewertet, dazu sind als erstes die Resultate von Nachforschungen wiedergegeben, welche die Erkenntnisse aus der zu Grunde liegenden Studie ergänzen und erweitern. Die «Auslegeordnung» gemäss Anhang 6.1 diene hierbei u.a. als Referenz.

2.1.2.1 Funktionalität zwischen Fahrzeug und Wallbox

Die in jüngster Vergangenheit weiterentwickelte Norm ISO 15118 ist zwar erwähnt, die neusten Funktionalitäten sind jedoch nicht genügend berücksichtigt. Diese Norm definiert unter anderem die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation. Obwohl die Pinbelegung der Standardstecker keinen Anschluss für einen Datenbus aufweist, können Daten über die Phasenleiter mittels Powerline Communication (PLC) übertragen werden. Diese Netzwerktechnologie bedingt das Vorhandensein eines PLC-Modems (Hardware) in der Wallbox und im Fahrzeug. Die in den letzten fünf Jahren in Verkehr gebrachten, serienmässig hergestellten Elektrofahrzeuge, sind alle mit dieser Technologie ausgerüstet. Auch der Umgang mit WLAN-Verbindungen wird ermöglicht, für den Fall, dass mit induktiven Ladestationen kommuniziert wird. Sobald das Fahrzeug und die Wallbox Daten austauschen können, ermöglicht das die Handhabung zahlreicher neuer Anwendungen. Ausserdem werden die Datenverbindungen verschlüsselt und die ausgetauschten Dateien können mit Hilfe von Zertifikaten signiert werden. Dies ermöglicht die Identifizierung des Fahrzeugs und erschwert Missbrauch, Umgehung und Manipulation erheblich. Damit wurden Voraussetzungen geschaffen, um die automatisierte Abrechnung von Ladegebühren zu bewältigen. Die damit einhergehenden Anforderungen der Cybersecurity und des Datenschutzes können realisiert werden. Im Bericht von PTOLEMUS wurden einige Aspekte als nicht machbar oder schwierig bewertet, basierend auf der Annahme, dass diese Funktionalitäten nicht vorhanden sind. Basierend auf der letzten Revision der ISO 15118 von 2022 sind diese Bewertungen erneut zu prüfen. Es ist davon auszugehen, dass weitere Features in diese Norm integriert werden. Wallbox- und Fahrzeughersteller sind interessiert damit kompatibel zu sein ([MENNEKES](#)).

2.1.2.2 Intelligente Wallbox (bidirektionales Laden)

Gemäss dem [Position Paper von e-Mobility](#) müssen Wallboxen künftig «intelligenter» werden. Dies, um die Netzstabilität zu gewährleisten, indem gegebenenfalls die Ladeleistung reduziert oder der Ladevorgang ganz unterbrochen wird. Dazu könnten bidirektionale Ladefunktionen wie Vehicle-to-Home (V2H) und Vehicle-to-Grid (V2G) realisiert werden. Damit entstehen im Netz neue Schaltmöglichkeiten, mit welchen sich eine Notversorgung mit den Fahrzeugbatterien als Energiequelle realisieren lässt.

Ausserdem könnten die Fahrzeugbatterien eine Pufferfunktion übernehmen, mit welcher bspw. bei einer drohenden Netzüberlastung zusätzliche Energie eingespeist werden kann, um das Netz zu stabilisieren. Die dazu verwendete Energiemenge müsste von der Besteuerung ausgenommen werden. Konkret müsste die Steuer einer Energiemenge, welche von einem Fahrzeug in ein anderes Netz (nicht für Mobilitätsanwendungen) zurückgespeist wird, zurückerstattet werden. Dazu ist die Identifizierung des Strassenfahrzeugs als Energiequelle und die Ermittlung des Ladezustandes der Fahrzeugbatterie nötig, die Steuer auf die Energiemenge, welche nötig wird, um den vor der Energieentnahme vorherrschenden Ladezustand wieder aufzufüllen, müsste abgezogen werden. So soll erreicht werden, dass die Verluste dieses Vorgangs (ca. 15%-20%) ebenfalls berücksichtigt sind. Damit soll sichergestellt werden, dass nur die durch ein Mobilitätsbedürfnis motivierte Energieverwendung besteuert wird. Die Übertragung von elektrischer Energie von Fahrzeug zu Fahrzeug müsste dementsprechend nicht erneut besteuert oder erstattet werden.

Bei der V2H-Anwendung ist der Hausbesitzer daran interessiert, dass die vom Fahrzeug eingespeiste Energie erfasst und von allfälligen Mobilitätssteuern befreit wird. Aus der Sicht des Fiskus muss sichergestellt werden, dass auch die vom Hauskraftwerk produzierte und direkt in das Fahrzeug geladene Energie, mit der Steuer zur Finanzierung der Strassen belegt wird. Bei der V2G-Anwendung leitet der Verteilernetzbetreiber (VNB) den Prozess und der Fahrzughalter will einerseits von den Steuern befreit und andererseits durch den VNB entschädigt werden für den Batteriewert-degradierenden Ladezyklus. Aktuelle Lithiumbatterien verlieren ca. 20% ihrer ursprünglichen Kapazität bei den ersten 1000-1500 Ladezyklen. Die Fortschritte in der Batterietechnologie gehen in Richtung Festkörperbatterien, bei denen dieser Verlust an Speicherkapazität bei über 100000 Zyklen erwartet wird. In Anbetracht dessen sollte die Entschädigung von Ladezyklen künftig kein Thema mehr sein.

Ob sich die Verwendung der Fahrzeugbatterie als Puffer etabliert, ist noch nicht sicher, aktuell gibt es nur wenige Fahrzeugmodelle, welche diesen Anwendungsfall nutzen können. Japanische Fahrzeughersteller sind hier gut vertreten, weil die bidirektionale Ladefunktion in Japan obligatorisch ist. Es könnte auch sein, dass sich die Installation einer stationären Batterie bei jedem Heimkraftwerk durchsetzt. Eine Hausinstallation ist auf eine langfristige Nutzung ausgelegt, während ein Strassenfahrzeug auf flüchtigeren Technologien basiert. Die technische Abhängigkeit zwischen Hausinstallation und Fahrzeug sollte daher niedrig gehalten werden. Die Voraussetzung für langfristige und robuste Kompatibilität, ist eine breit etablierte Normung.

Einzelne Features des bidirektionale Ladens bieten auch Potential für Missbrauch. Eine als E-Fahrzeug getarnte Energiequelle könnte Energie Einspeisen und dabei die Rückerstattung der Gebühren beabsichtigen.

Aktuell sind Wallboxen mit bidirektionaler Ladefunktion noch etwa 10x teurer als konventionelle Wallboxen. Die Anschaffung ist überwiegend motiviert durch die V2H-Funktion. Die Anwendung der V2G-Funktion verläuft gegenwärtig noch zurückhaltend und würde durch den VNB initiiert. Dies weil der Energieanbieter seine Energie selbst produzieren/beschaffen will und die Einspeisung von in privaten Solarkraftwerken produzierte Energie vielerorts nur schlecht vergütet wird. Das könnte sich ändern, wenn die verfügbare Energie zunehmend knapp wird. Ein Indikator dafür, dass sich solche Randbedingungen ändern, könnte sein, dass der Niedertarif in der Nacht plötzlich nicht mehr angewendet wird, oder dass der Niedertarif nur noch angewendet wird, wenn die Solarkraftwerke viel Energie produzieren. Eine Möglichkeit grosse Lasten auf die Sonnenstunden zu verschieben, wäre elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge für den Güterumschlag in der Nacht fahren zu lassen, um Tagsüber die grossen Batterien zu Laden.

2.1.2.3 Benötigte Datenelemente

Die dazu nötigen Daten werden idealerweise von einer Instanz im Fahrzeug aufgezeichnet, weil diese immer anwesend ist, wenn das Fahrzeug geladen wird. Die Daten können aber auch von vernetzten

Wallboxen zusammengetragen werden. Bei letzterem entsteht eine systematische Erfassungslücke, wenn ohne Wallbox direkt von einer konventionellen Haushaltsteckdose geladen wird. Hier könnte ein erfassungsfähiges [Ladekabel](#) Abhilfe schaffen, falls der Fahrzeughalter motiviert ist, keine Erfassungslücken zu haben. Nicht nachgewiesene Erfassungslücken von Ladevorgängen, müssten dann mit Hilfe von Rückfall-Mechanismen (z.B. KM-Stand) besteuert werden.

Folgende Datenelemente werden voraussichtlich benötigt:

- Die übertragene Energiemenge (laden/entladen)
- KM-Stand (Plausibilisierung, kann über die Ladeschnittstelle ausgelesen werden)
- Ladezustand der Batterie vor und nach dem Ladevorgang
- Identifikation des Fahrzeugs und der Wallbox
- Schweiz oder Ausland
- Status- und Fehlermeldungen

Die Norm ISO/TR 9968:2023 über die funktionale Sicherheit für aufladbare Energiespeichersysteme in Strassenfahrzeugen beschreibt den Umgang mit der Ladeleistung und dem Ladezustand, um den sicheren Betrieb der Batterie zu gewährleisten. Die Ermittlung der zugeführten Netzenergie basiert auf der Messung von Strom und Spannung.

$$\int_{t_0}^{t_{end}} U(t) \cdot I(t) dt$$

Die zugeführte Ladeenergie ist die Ladeleistung integriert über die Ladezeit; Ladestrom ($I(t)$) multipliziert mit Spannung ($U(t)$) ist die Ladeleistung.

Die Verfahren der Typenprüfung zur Ermittlung von Energieverbrauch und Reichweite sehen alternative Methoden vor. Dabei kann gemäss VO (EU) 2017/1151 Anhang XXI Unteranhang 8 Anlage 3 mit einem (Fahrzeug-) externen Messgerät zur AC-Strommessung die Energieermittlung durchgeführt werden. Alternativ kann die im Fahrzeug eingebaute Messeinrichtung verwendet werden, dabei muss der Hersteller die Genauigkeit dieser Daten nachweisen. Für die Wegstrecken-Messung wird der kalibrierte Rollenprüfstand verwendet. Beim Prüfverfahren werden WLTP-Zyklen gefahren, bis die Batterie leer ist. Die danach benötigte Energie, um die Batterie wieder voll zu laden, wird verwendet, um den Energieverbrauch pro 100 km zu berechnen.

Der Ladestrom wird am elegantesten mit LEM-Sensoren gemessen. Dieses Messprinzip ist bekannt von den Strommesszangen, dort wird die Stärke des Magnetfeldes um ein Stromkabel gemessen. Die Stärke des Magnetfeldes korreliert direkt mit dem im Kabel fliessenden elektrischen Strom. Mit dieser Methode ist eine Messgenauigkeit von $\pm 0.5\%$ realisierbar.

Strom und Spannung müssen auf jeden Fall gemessen werden. Ladestrom und Spannung müssen auf jeden Fall gemessen werden. Ladeseitig (AC oder DC) und Antriebsseitig (Verbrauchsanzeige während der Fahrt). Die Einhaltung von maximalen Strom- und Spannungswerten ist Betriebs- und Sicherheitsrelevant, darauf kann aus technischer Sicht nicht verzichtet werden. Der Fahrzeughersteller wird sich auch nicht auf die Messdaten eines beliebigen Wallbox-Herstellers verlassen. Ob die zur Anwendung kommenden Messtechniken eichrechtliche Anforderungen erfüllen ist nicht klar. Die grundlegenden Anforderungen sind nur funktional und technologie-neutral formuliert, bis man zu einer konkreten Messtechnik kommt, müssen die funktionalen Anforderungen über mehrere Abstraktionsebenen hinweg weiter interpretiert werden, im Kontext der konkreten Anwendung (V-Modell). Diese detaillierten Informationen sind aber nur noch in herstellerinternen Entwicklungsdokumenten enthalten.

Ob die Messung dieser Werte in zählerwürdiger Weise geschehen soll, wird derzeit kontrovers diskutiert, Teile des Normungsgremiums und die Wallbox-Hersteller sind sich nicht einig, ob die ganze Wallbox MID-konform (Measurement Instruments Directive) sein muss oder nur der Energiezähler in der Wallbox. Solange diese Frage nicht geklärt ist, werden die Wallbox-Hersteller wohl keine Weiterentwicklungen ihrer Produkte bezüglich des Energiezählers unternehmen.

2.1.2.4 Manipulation des Kilometerstandes

Seit der Umstellung auf den WLTP-Fahrzyklus mittels Emissionsverordnung ([EU 2017/1151](#) (Anhang I 2.3.6)), müssen die Hersteller wirkungsvolle Massnahmen im Fahrzeugnetz vorsehen, um die Fälschung des Kilometerstands in der Steuerung des Antriebsstrangs sowie in der Übertragungseinheit für den Datenfernaustausch (falls vorhanden) zu verhindern. Die Hersteller müssen systematische Techniken zum Schutz gegen unbefugte Benutzung sowie Schreibschutzvorrichtungen anwenden, die die Integrität des Kilometerstands sichern. Die Genehmigungsbehörde genehmigt Verfahren, die einen ausreichenden Schutz gegen unbefugte Benutzung bieten.

2.1.2.5 OBFCM

Unter derselben Verordnung muss der KM-Stand und die der Batterie zugeführte Netzenergie über die Lebensdauer aufgezeichnet werden, aktuell gilt das nur für Plug-In-Hybride, unter den Anforderungen für das On-Board-Fuel-Consumption-Monitoring (OBFCM). Wieso reine Elektrofahrzeuge noch davon ausgenommen sind, ist nicht ganz schlüssig, aus technischer Sicht müssen diese Funktionalitäten vorhanden sein. Die Expertengruppe [On-Board Fuel Consumption and payload Measurement Task Force](#) hat die Ausweitung auf reine Elektrofahrzeuge diskutiert (24.01.2023) und würde das begrüßen. Des Weiteren wurde die VO EU/2019/631 dahingehend erweitert, dass diese Verbrauchsangabe zur Festlegung eines herstellereigenen CO₂-Ziels verwendet werden kann.

Bei der zugeführten Netzenergie kann nicht argumentiert werden, dass es sich um ein Betriebsgeheimnis des Herstellers handelt, man muss dabei sogar sicher davon ausgehen, dass diese Energie irgendwo über einen Zähler läuft.

2.1.2.6 Genauigkeit der Wegstreckenzählung

Die Genauigkeit der Wegstreckenerfassung muss bei schweren Fahrzeugen regelmässig innerhalb von 2% nachgewiesen werden. Bei leichten Fahrzeugen gibt es keine solchen Anforderungen. Die [ECE-R39](#) (siehe auch [VTS Art. 55](#)) gibt zwar Toleranzen (+10% + 6 km/h) für die Geschwindigkeitsanzeige, für die Wegstreckenzählung gibt es jedoch keine Anforderungen. Aus der Sicht des Fahrzeughalters ergibt sich dabei ein gewisses Optimierungspotential im Rahmen der für das Fahrzeug genehmigten Reifendimensionen. Nationale Vorgaben in Deutschland beschränken die Abweichung der Wegstreckenzählung auf 4%. Ungeachtet der Genauigkeit muss eine Wegstreckenerfassung vorhanden sein, bei Plug-In Hybridfahrzeugen muss ebenfalls die zugeführte Netzenergie aufgezeichnet werden (OBFCM).

Bei Personenwagen wird die Geschwindigkeit und die Wegstrecke üblicherweise mit Hilfe von Induktivsensoren erfasst. Dabei dreht ein mit metallischen Zähnen belegtes Impulsrad in der Nähe einer Magnetischen Spule. Wenn sich das Impulsrad dreht, kann an der Spule ein sinusförmiges Signal gemessen werden. Die Signalfrequenz korreliert dabei mit der Fahrgeschwindigkeit. Bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten (bis ca. 5 km/h) ist das Signal zu schwach und es kann nicht zur Messung der Wegstrecke verwendet werden.

Ähnliche Probleme gibt es bei der Messung der Wegstrecke mit GPS-Systemen. Der Stillstand eines Fahrzeugs kann basierend auf einer GPS-Messung nicht sicher festgestellt werden. Die gemessenen GPS-Positionen springen sternförmig um die tatsächliche Position, bei schlechtem GPS-Empfang werden diese Sprünge grösser. Eine kaskadierte Signalfilterung kann verhindern, dass die Strecke jedes GPS-Positionssprungs aufsummiert wird. Des Weiteren ist es sehr leicht eine GPS-Antenne abzuschirmen, indem eine Alufolie darübergelegt wird.

2.1.2.7 Datenschutz

Da sich mit diesen Erhebungsdaten Bewegungsprofile erstellen lassen, müssen diese entsprechend geschützt werden. Vergleichbar ist damit der Umgang mit den LSVA-Erfassungsdaten. Bei fest installierten Wallboxen ist eine Geolokalisierung nicht notwendig, bei mobilen Ladelösungen ist dies jedoch unumgänglich. Ansonsten besteht die Gefahr, dass auf die im Ausland bezogene Ladeenergie von der Schweiz besteuert wird. Dem Fahrzeughalter muss spätestens bei der Abrechnung Dateneinsicht gewährt werden. Gesetzlich sollte die Voraussetzung geschaffen werden, dass die Erfassung der Daten zur Erhebung der Gebühr nicht angewiesen ist auf die Zustimmung des Fahrzeughalters.

3 Technische Varianten der «Stromlösung»

Um die Machbarkeit einer auf dem Stromverbrauch basierenden Steuer für Elektrofahrzeuge (BEV und PHEV) zu prüfen, die der Mineralölsteuer gleichwertig ist, der die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor unterliegen, haben wir fünf Möglichkeiten untersucht, die Daten über den tatsächlich verbrauchten Strom zu erhalten. Wir haben die Argumente der Vorarbeiten aufgegriffen, ihre Relevanz neu bewertet und unsere eigenen Argumente für diese Lösung hinzugefügt.

3.1 Strom-, Energie- und Ladungsermittlung

3.1.1 Messung an Ladestationen (→ siehe auch Anhang 7.2)

Im Folgenden sind einige Beispiele (keine vollständige Liste) von Ladestationen für Elektrofahrzeuge zu finden, die in der Schweiz verfügbar sind (Quelle: TCS, Swiss-eMobility). Wir stellen fest, dass nicht alle Ladestationen, vor allem die für Einfamilienhäuser, über ein RFID-System für den Zugang verfügen, keine kW/h-Zähler haben und/oder nicht mit einem Backend (z.B. OCPP-Protokoll, WLAN, 4G, Ethernet) verbunden sind, um den Energieverbrauch zu ermitteln.

Modell	Kabel j/n	Ladeleistung	Zugang/Abrechn.	Bidirektional j/n	Quelle
TCS-Heimladestation	nein	11 kW (16 A)	RFID (optional)	nein	TCS.ch
TCS-Heimladestation	ja	11 kW (16 A)	RFID (optional)	nein	TCS.ch
TCS-Basis Ladestation	ja	11 kW (16 A)	frei	nein	TCS.ch
TCS Charging Point	nein	?	TCS-App	nein	TCS.ch
one-way-compact-11	nein	11 kW	OCPP/App	nein	TCS.ch
sun2wheel tiny-11	ja	11 kW (16 A)	OCPP/App	optional	sun2wheel.com
s2w two-way-digital	ja	10 kW (DC)	OCPP/App	ja	sun2wheel.com
s2w two-way-10	ja	10 kW (DC)	OCPP/App	ja	sun2wheel.com
s2w one-way-guest-64	ja	22 kW (AC) 32-64 kW (DC)	RFID-Karte / OCPP/App	optional	sun2wheel.com
Optec Wallbox EV11	ja	11 kW (16 A)	frei	nein	optec.ch
Optec Wallbox GLB	optional	22 kW (32 A)	RFID (optional) / OCPP-Protokoll	nein	optec.ch
Optec Twinbox GTB	optional	2x 22 kW (32 A)	RFID (optional) / OCPP-Protokoll	nein	optec.ch

Optec Ladesäule LS4	nein	2x 22 kW (32 A)	RFID (optional) / OCPP-Protokoll	nein	optec.ch
Optec Ladesäule LS4	nein	2x 22 kW (32 A)	Kreditkarte	nein	optec.ch
Zaptec Go	ja	22 kW (32 A)	RFID-Karte	nein	zaptec.com

Weitere Ladestation-Hersteller (Quelle: swisscharge.ch):


















In der Schweiz gibt es eine grosse Anzahl von Anbietern von Abonnements und Apps, die das Aufladen an verschiedenen Netzwerken von Ladestationen ermöglichen, wie z.B. AMAG, BMW, eCarUp, has.to.be, Eniwa, EVPass, Move, Plug'n Roll und swisscharge.ch. Andere Unternehmen bieten Beratung und schlüsselfertige Lösungen für die Installation von Ladestationen in Gebäuden, Unternehmen usw. an. Zugangs-, Zahlungs-, Anwendungs- und Backend-Lösungen sind häufig in diesen Angeboten enthalten. Dazu gehören z.B. hectronic, EKZ, swisscharge.ch, etc. Es gibt also eine sehr grosse Anzahl von Akteuren und spezifischen Lösungen im Bereich des Aufladens von Elektrofahrzeugen. Obwohl die Installation einer Ladestation beim zuständigen Stromnetzbetreiber angemeldet werden muss (Quelle: swiss-emobility.ch), ist die Ladestation nicht notwendigerweise an einen bestimmten Zähler angeschlossen.

Ladenetzbetreiber (Quelle: swisscharge.ch):













3.1.1.1 Ansätze und Empfehlungen zur Umsetzung

Wir empfehlen auf die Messung via Ladeinrichtung zu setzen und Vorschriften gegen die Umgehung via nicht erfassten Wallboxen oder Haushaltssteckdosen zu erlassen.

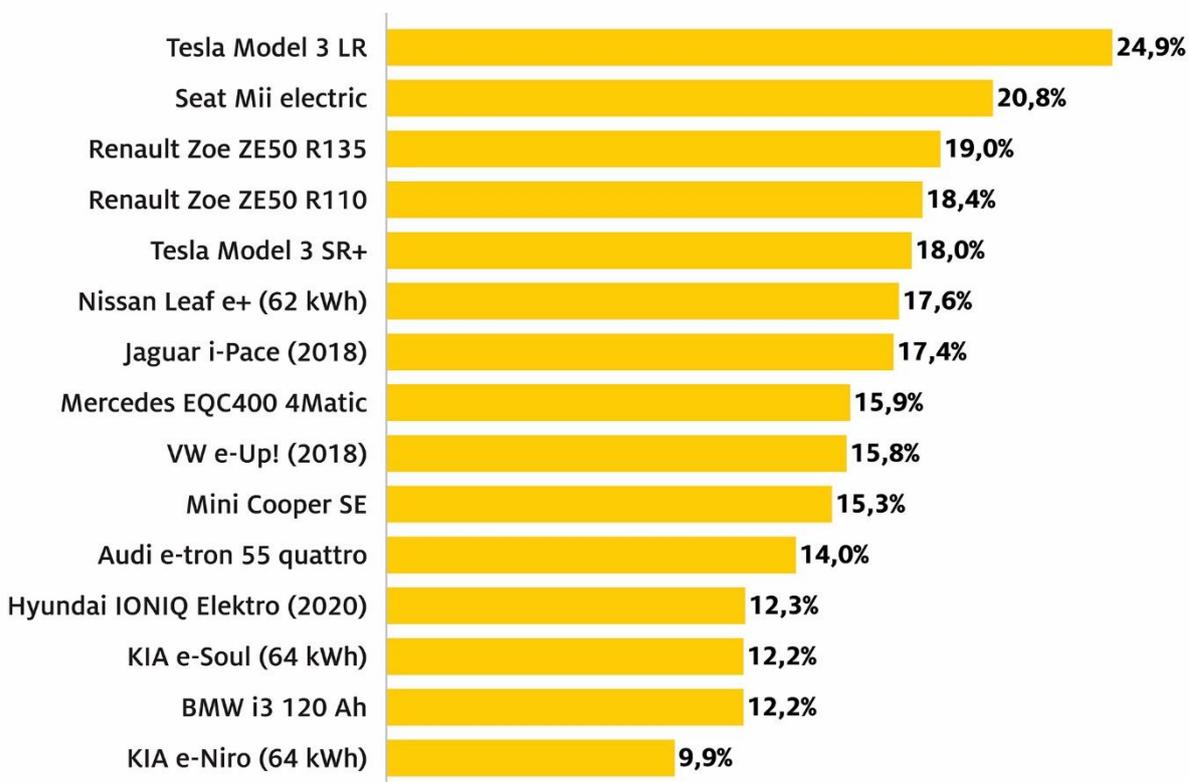
- Die Messung des Ladestroms an kostenpflichtigen Ladestationen ist effektiv. Daher könnte eine Steuer auf die Energie, die an der Ladestation bezogen wird, direkt erhoben werden, ähnlich wie bei der Tanksäule für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor
- Bisher kostenlose Ladestationen (Einkaufszentren, Hotels usw.) sollten kostenpflichtig werden
- Ausländische Fahrzeuge, die ihre Batterie in der Schweiz aufladen, würden automatisch besteuert
- Zu Hause installierte Ladestationen unterliegen der Genehmigung und Kontrolle. Auch hier sollte eine automatische Steuer auf die verwendete Energie möglich sein
- Das Aufladen von Elektrofahrzeugen an einer herkömmlichen 220V-Steckdose ist wenig effektiv und sehr zeitaufwendig. Diese Methode eignet sich für Fahrzeuge mit Batterien mit geringer Kapazität (PHEV, Motorräder und Roller usw.). Dadurch geht ein Teil der Steuer verloren (der noch berechnet/geschätzt werden müsste). Fahrzeughalter, welche nur wenige km pro Woche fahren, kommen aber mit dieser Lademethode vollständig zugange. Deswegen sind Massnahmen zur Verhinderung dieser systematischen Umgehung notwendig.
- Lösungen für das Aufladen während der Fahrt, z. B. für LKWs mit Hilfe von Pantographen, wie es in Deutschland bereits im Betrieb ist und in Frankreich (Elsass) untersucht wird, werden in Zukunft sicherlich entwickelt werden
- In Zukunft wird es auch Ladestationen (Plätze) für induktives Laden geben. Die Verluste beim Aufladen sind hier höher als beim konventionellen Aufladen über Kabel. Es wird daher möglicherweise wünschenswert sein, im Tarifmodell je nach gewählter Lademethode unterschiedliche Tarife festzulegen
- Systeme mit auswechselbaren Batterien können gleich wie eine Ladesäule gehandhabt werden. Dem Fahrzeughalter wird einfach die Energie verrechnet, welche nötig war, um die Batterie wieder voll aufzuladen. (NIO)

3.1.1.2 Bewertung der Argumente der Vorarbeiten gegen diese Methode

- Die Energie kann wieder ins Stromnetz zurückfliessen (bidirektionales Laden):
 - o Eine bidirektionale Messung ist möglich und existiert (z. B. bei Haushalt mit Photovoltaik-Anlagen → siehe z.B. sun2wheel.com). Nur der tatsächlich

- ausgehende Strom (Subtraktion des ins Netz zurückgespeisten Stroms) wäre steuerpflichtig. Dadurch steigt die Komplexität des Systems.
- Elektrofahrzeuge mit Vehicle-to-Load (V2L) Funktion dienen als Stromspeicher für andere Geräte (z.B. bei Handwerkern, in der Freizeit) → hat nichts mit «Strassennutzung» zu tun, wie dies bei der Mineralölsteuer der Fall ist
 - Private Gartenmaschinen (z. B. Rasenmäher, Motorhacke etc.) sowie nicht zugelassene Freizeitfahrzeuge (z. B. Motocross) unterliegen beim Befüllen des Kraftstofftanks ebenfalls der Mineralölsteuer, obwohl sie nichts mit «Strassennutzung» zu tun haben
 - Geladene Energie, Ladeverluste, verbrauchte Energie, Antriebsenergie, Rekuperationsenergie
 - Obwohl die Mineralölsteuer einheitlich von den Händlern erhoben wird (normierter Steuersatz für 1000 Liter bei 15°C), die sie in der Regel auf den Preis an der Tanksäule umlegen, ist dies für den Endkunden nicht unbedingt der Fall. Berücksichtigt man die Verdunstung des Kraftstoffs im Tank, die Genauigkeit der Kalibrierung der Durchflussmesser der Tanksäulen, die Tatsache, dass der vom Motor verbrauchte Kraftstoff auch zum Aufladen der Starterbatterie, die auch den Strom für die Nebenaggregate liefert, und zum Betrieb der Lüftung und der Klimaanlage verwendet wird, wird jeder Liter bezahlter Kraftstoff nicht nur für den Antrieb des Fahrzeugs verwendet, zumal durchschnittlich 2/3 des Kraftstoffbrennwertes als Wärme verloren geht (der maximale Wirkungsgrad eines Benzinmotors unter Volllast liegt bei ca. 36 %, der eines Dieselmotors bei ca. 42 %)
 - Die Verluste der Ladeenergie, die der Batterie eines Elektrofahrzeugs zugeführt wird, variieren wesentlich je nach Fahrzeugmodell. Diese Verluste variieren auch in Abhängigkeit der Lademethode (Schnellladung / Langsamladung). Sie werden einerseits durch die Erwärmung, aufgrund des Widerstands, des Ladekabels, der AC/DC-Wandlung im bordeigenen Ladegerät, die thermische Konditionierung der Batterie, die Ausbalancierung der einzelnen Batteriezellen und der Elektronik zur Steuerung des Ladevorgangs verursacht. Laut einer Studie des ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil Club) im Jahr 2020 liegen die Gesamtverluste beim Aufladen der Batterie zwischen 10 und 25 %. Der bei der Rekuperation gewonnene Strom kann die Verluste beim Aufladen teilweise ausgleichen
 - Eine Steuer auf Ladeenergie ist möglicherweise ungerecht, da sie je nach Fahrzeugmodell und Ladeverfahren unterschiedlich ausfällt und nicht unbedingt proportional zur für den Antrieb verwendeten Energie ist. Demgegenüber würde eine Steuer auf die Ladeenergie die Fahrzeuge mit den effizientesten Antriebs- und Ladeverfahren belohnen.

Differenz Bordcomputer – realer Stromverbrauch



Quelle: ADAC e.V.

©ADAC e.V. 07.2020

3.1.1.3 Zusammenfassung und Konsequenzen

- Die Verluste beim Laden der Batterie sind sehr unterschiedlich (10 – 25 %) und hängen u. a. von der Methode (AC/DC), der Ladeleistung, der Länge des Ladekabels und ggf. dem AC/DC-Wandler des Fahrzeugs ab
- Nicht alle Ladestationen, insbesondere jene, die im Haushalt installiert sind, sind mit einem Backend-Office verbunden und/oder verbindbar
- Es gibt sehr viele Anbieter von Ladestationen und Dienstleistungen wie Zugangs- und Zahlungssystem, Lademanagement-App, Backend-Office und Cloud-Service
- Das Batterieladen während der Fahrt, z. B. bei LKWs mithilfe von Pantographen, ermöglicht keine genaue Messung des Ladestroms an der Quelle
- Induktive Ladesysteme werden sicherlich in der Zukunft verfügbar sein. Die Verluste beim Aufladen sind hier vermutlich höher als beim Aufladen über Kabel

3.1.2 Messung des Ladestroms über das Ladekabel

3.1.2.1 Grundlagen

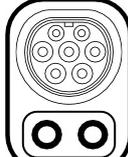
Jedes Elektrofahrzeug (BEV) oder Plug-In-Hybrid (PHEV) wird mit einem eigenen Ladekabel geliefert. Es wäre denkbar, dass der Importeur dieses Kabel durch ein "Schweizer" Kabel mit automatischer Lademessung und Datenübertragung ersetzt. Eine Möglichkeit wäre dann, den Strom direkt über einen Energiezähler (Adapter) am Ausgang des Ladekabels auf der Fahrzeugseite zu messen. Ladeleistung, Ladeenergie, Ladezustand und der KM-Stand können über die Datenkommunikation zwischen Ladekabel und Fahrzeug ausgetauscht werden.

3.1.2.2 Ladekabellösungen

Je nach Quelle (herkömmliche Wandsteckdose, Wallbox, Ladestation usw.) und verwendetem Kabel gibt es verschiedene Möglichkeiten und Modi des Aufladens:

Modus	Verfahren	Stromquelle	Leistung	Ladungsart	Fahrzeug
1	ohne Ladungskontrolle	Haushaltssteckdose	1,8 kW / 8A	nicht geeignet für PW	Motorrad / Roller
2	Ladungskontrolle im Kabel integriert	Haushaltssteckdose	3,2 kW / 8A	gelegentliche langsame Ladung	BEV / PHEV
3	Ladestation	Kontrolle und Management in der Ladestation	3,7 kW / 16A 22 kW / 32A	normale bis beschleunigte tägliche Ladung	BEV / PHEV
4	Ladesäule	AC/DC Wandler in der Ladesäule integriert	50 kW / 120A	gelegentliche Schnellladung	BEV

Auch fahrzeugseitig gibt es verschiedene Arten von Steckdosen:

Steckdosentyp	Form	Leistung	Ladungsmodus	Fahrzeuge
Haushalt		2,3 kW	Modi 1 und 2	Citroën Ami und alle Autos auf dem Markt mit dem entsprechenden Kabel
Typ 1		von 3 bis 7 kW AC einphasig	Modus 3	Chevrolet Volt, Opel Ampera, Citroën C0, Peugeot iOn, Renault Fluence, Renault Kangoo, Mia Electric, Mitsubishi iMiEV, Nissan Leaf, Toyota Prius, weitere japanische Fahrzeuge vor 2020
Typ 2		von 3 bis 43 kW AC dreiphasig	Modus 3	Dacia Spring, Mini, Fiat 500, Peugeot 208, Hyundai Kona, Renault Mégane, Kia EV6, Tesla Model Y, Tesla Model 3, Mercedes EQA, MG 4, VW ID4 und die meisten aktuellen europäischen Autos
Typ 3		von 3 bis 22 kW AC dreiphasig	Modus 3	Chevrolet Volt, Opel Ampera, Citroën C-Zero, Peugeot iOn, Renault Fluence, Renault Kangoo, Renault Zoé, Mia Electric, Mitsubishi iMiEV, Nissan Leaf, Toyota Prius, Smart ED
Typ 4 – CHADEMO		50 kW DC	Modus 4	Citroën C-Zero, Peugeot iOn, Mitsubishi iMiEV, Nissan Leaf, Lexus UX 300e, Kia Soul
Typ 4 – Combo CSS		>50 kW DC	Modus 4	Dacia Spring, Mini, Fiat 500, Peugeot 208, Hyundai Kona, Renault Mégane, Kia EV6, Tesla Model Y, Tesla Model 3, Mercedes EQA, MG 4, VW ID4

Angesichts der Vielfalt an Ladekabeln, die es je nach gewählter Lademethode (langsam, konventionell, schnell usw.) gibt, ist die Entwicklung eines speziellen Kabels oder Adapters mit

integriertem Energiezähler und Datenübertragung nicht unbedingt geeignet. Diese Behauptung wird durch die folgenden Argumente gestützt:

- Ladekabel aller Art können im Handel und im Internet gekauft werden. Es sollte sichergestellt werden können, dass nur das zertifizierte "Schweizer" Kabel resp. Adapter verwendet wird. Eine Funktion zur Erkennung des Ladekabels sollte daher auf der Seite des Fahrzeugs gewährleistet sein
- Elektromotorräder und -Roller könnten von dieser Lösung nicht erfasst werden
- Es wäre technisch schwierig, mögliche Manipulationen an diesem Kabel oder seine Nichtbenutzung zu verhindern und zu verwalten
- Die Typ-4-Stecker für das Schnellladen sind immer fest mit der Ladesäule/Station verbunden. In diesem Fall wäre also nur ein Adapter denkbar

Je nach den verschiedenen Lademethoden, die in einem Fahrzeug verfügbar sind, wären mehrere Adapter pro Fahrzeug erforderlich.

3.1.2.3 Existierende Systeme

Auf dem Markt gibt es mobile Ladestationen mit integriertem Zähler und Datenübertragung (z.B. <https://www.carplug.com/bornes-de-recharge-mobiles>), die direkt an eine einphasige 220-V- oder dreiphasige 380-V-Netzsteckdose angeschlossen werden. Ihre Preise liegen zwischen CHF 1'000.- und 1'500.- für eine Leistung von 22 kW. Die Entwicklung eines speziellen Adapters für die Schweiz dürfte sich daher in diesem Kostenrahmen bewegen. Die Kosten für einen Adapter entsprächen somit der durchschnittlichen Mineralölsteuer, die ein Autofahrer in zwei Jahren bezahlt, wenn er 12'000 km (ca. Jahresdurchschnitt PW in der Schweiz) mit einem benzinbetriebenen Fahrzeug mit einem Verbrauch von knapp 6 l/100 km zurücklegt.



Die Firma Juice Technology mit Sitz in Bachenbülach (ZH, <https://juice.world>) wäre sicherlich in der Lage, einen speziellen Adapter für den Schweizer Markt zu entwickeln.

3.2 Gegenüberstellung der Stromlösungen

Vor- und Nachteile der Strommessung über MID-Zähler (Private Ladepunkte), Verteilnetzbetreiber (VNB-RFID / OCPP, Ladestationen und Ladesäulen), OBD (Dongle), OEM-Daten (Cloud), Messgerät im Fahrzeug und Ladekabel-Adapter:

Kriterien	MID-Zähler	VNB-RFID	OBD-Dongle	OEM-Cloud	Zähler im Fz.	Kabeladapter
tech. Lösung vorhanden/ absehbar	✓	✓	✗ ¹	✓	✗ ¹	✓
geeignet für PW, LKW und Motorräder	✓	—	—	—	—	✓
anwendbar für ausländische Fz.	✓	✓	✗	✓	✗	✗
effektive Messung des Ladestroms	✗ ²	✓	✓	✓	✓	✓
effektive Messung des Fahrstroms	✗	✗	— ³	— ³	✓	✗
Zuverlässigkeit	✓	✓	—	✓	✓	✓
Manipulations- sicherheit	✓	✓	— ⁴	✓	✓	— ⁴
Komplexität	✓	✓	✗ ⁵	✗ ⁵	✗	— ⁶
Kompatibel mit bidirektionalem Laden	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Einkaufskosten < CHF 500.-	✓	✓	—	✓	✗	✗
Einkaufskosten < CHF 1'500.-	✓	✓	—	✓	—	✓
Personal- aufwand	—	✓	✗	✓	✗	✗
Einführung 2030 möglich	✓	✓	—	✓	✗	✓

¹ technische Lösung nicht vorhanden, aufwendiger «Reverse Engineering» nötig, Anschluss an Fz.-Bus aufwendig bei gewissen Marken ohne OBD2-Schnittstelle

² Ladestromverluste und Stand-By-Stromverbrauch der Ladestation werden auch gemessen

³ je nach Hersteller unterschiedliche Methoden zur Messung des Stromverbrauchs. Derzeit keine Messnorm für BEVs (für PHEVs in Vorbereitung)

⁴ eine Erkennungsfunktion durch das Fahrzeug, die die Nutzung (OBD-Dongle) bzw. das Aufladen (Adapterkabel) des Fahrzeugs verhindert, ist erforderlich

⁵ es gibt eine grosse Anzahl von OEMs, für jeden von ihnen ist eine spezielle Lösung erforderlich

⁶ ein spezieller Adapter pro Steckertyp / Lademodus wird benötigt. Die Entwicklung des Antimanipulationssystems ist komplex

Mögliche Szenarien nach Fahrzeugart, Ladevorgang und -Standort:

Nr.	Szenario	Strommessung	Erhebungsoptionen
1	Aufladen von CH-Zweirädern im Haushalt (Modus 1)	Kabeladapter	Backoffice od. Steuererklärung
2	Aufladen von CH-Zweirädern im Haushalt (Modus 2)	MID-Zähler oder Kabeladapter	Backoffice od. Steuererklärung
3	Aufladen von CH-PW im Haushalt (Modus 2)	MID-Zähler oder Kabeladapter	Backoffice od. Steuererklärung
4	Aufladen von CH-PW an privaten Ladestationen (Modus 3)	MID-Zähler oder Kabeladapter	Backoffice
5	Aufladen von CH-PW an öffentlichen Ladestationen (Modus 3)	VNB-RFID oder Kabeladapter	Backoffice
6	Aufladen von CH-PW an öffentlichen Ladesäulen (Modus 4)	VNB-RFID	Backoffice
7	Aufladen von Geschäfts-PW an privaten Ladestationen (Modus 3)	MID-Zähler, VNB-RFID oder Kabeladapter	Backoffice und Steuererklärung (z.B. um das Laden von Gabelstaplern abzuziehen)
8	Aufladen von Geschäfts-PW an privaten Ladesäulen (Modus 4)	MID-Zähler oder VNB-RFID	Backoffice und Steuererklärung (z.B. um das Laden von Gabelstaplern abzuziehen)
9	Aufladen von LNF und LKW an privaten Ladestation (Modus 3)	MID-Zähler, VNB-RFID oder Kabeladapter	Backoffice und Steuererklärung (z.B. um das Laden von Gabelstaplern abzuziehen)
10	Aufladen von LNF und LKW an privaten Ladesäulen (Modus 4)	MID-Zähler oder VNB-RFID	Backoffice und Steuererklärung (z.B. um das Laden von Gabelstaplern abzuziehen)
11	Aufladen von CH-Fz. im Ausland (Modus 2 und 3)	Adapterkabel	Ortung über SIM-Karte → kein Steuer
12	Aufladen von CH-Fz. im Ausland (Modus 4)	keine	keine → kein Steuer
13	Aufladen von ausländischen Zweirädern im Haushalt (Modus 1)	keine	Pauschal (z.B. Zuschlag auf Autobahnvignette)
14	Aufladen von ausländischen Zweirädern im Haushalt (Modus 2)	MID-Zähler	Backoffice
15	Aufladen von ausländischen PW im Haushalt (Modus 2)	MID-Zähler	Backoffice
16	Aufladen von ausländischen PW an privaten Ladestationen (Modus 3)	MID-Zähler, VNB-RFID oder Kabeladapter	Backoffice
17	Aufladen von ausländischen PW an öffentlichen Ladestationen (Modus 3)	MID-Zähler, VNB-RFID oder Kabeladapter	Backoffice
18	Aufladen von ausländischen PW an öffentlichen Ladesäulen (Modus 4)	MID-Zähler oder VNB-RFID	Backoffice

Bemerkungen:

- Die unterschiedlichen Wirkungsgrade je nach Lademodus können durch unterschiedliche Tarifmodelle ausgeglichen werden.
- Schweizer Fahrzeuge, die im Ausland aufladen, werden nicht besteuert. Dies ist derzeit auch bei der Mineralölsteuer der Fall.

Ausländische Fahrzeuge, die die Schweiz nur durchfahren und nicht aufladen, sind von der Steuer befreit. Dies ist derzeit auch bei der Mineralölsteuer der Fall.

4 Stromlösung vs. Kilometerlösung

Beide Lösungsansätze bedürfen der Fahrzeugdaten, welche auf verschiedene Weisen erfasst werden können. Vor der Einführung der OBFCM-Vorschriften gab es keine übergeordnete Pflicht des Fahrzeugherstellers, die Laufleistung oder die zugeführte Netzenergie zu erfassen. Fahrzeuge mit OBFCM müssen die Laufleistung (ohne definierte Genauigkeit) und den Energieverbrauch aufzeichnen, für diesen muss eine maximale Abweichung von $\pm 5\%$ nachgewiesen werden. Wenn von einer Selbstdeklaration (z.B. Steuererklärung, beispielsweise mit einer offiziellen Erklärung einer autorisierten Stelle – analog «Lohnausweis») ausgegangen wird, liegt die Umsetzung zu Lasten von Genauigkeiten und Missbrauchsrisiken recht einfach. Der Anspruch, direkt vom Fahrzeughersteller Laufleistungsinformationen auf die VIN bezogen zu erhalten, dürfte mangels obgenannter Gründe gemäss auto-schweiz als «Alleingangslösung» mindestens derzeit nicht durchsetzbar sein.

Aus technischen wie administrativen (Garantien, etc.) Gründen werden im Fahrzeug und bei aktuelleren batteriebetriebenen Fahrzeugen online Daten erhoben, welche das Energiemanagement betreffen. Die Relevanz für die Hersteller ist ungleich höher als bei der Laufleistung. Am Markt haben sich hohe Garantieleistungen etabliert, um dem Konsumenten Sicherheit zu geben, beim Wechsel auf diese Technologie, auch über längere Zeit/Laufleistung keine signifikanten Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Die Kilometerlösung ist etwas einfacher, hat aber eine grössere Unschärfe zum tatsächlichen Energieverbrauch des Fahrzeugs, darum sollte die gefahrene Strecke mit dem Gesamtgewicht multipliziert werden. Damit würden leichtere (effizientere) Fahrzeuge bevorzugt. Die Schädigung der Strasse korreliert auch eher mit der Anzahl Überfahrten multipliziert mit der Achslast. Die Achslasten werden begrenzt ([RICHTLINIE 96/53/EG](#)) um die Strasse vor übermässiger Beschädigung zu schützen.

Wenn man die Fahrzeughersteller dazu bringt, in automatisierter Weise die KM-Stände zu liefern, ist man nicht mehr weit davon entfernt, auch gleich die zugeführte Netzenergie so zu erfassen, da diese Information aus derselben Datenbank (Ladeschnittstelle) gezogen werden können.

Da der KM-Stand über die Ladeschnittstelle ausgelesen werden kann, bietet diese auch ein potential, eine automatisierte Erfassung der KM-Stände zu realisieren.

5 Schlussfolgerungen

Aus unserer Sicht bestehen sowohl für die Energieerfassung als auch, wie von Ptolemus favorisiert, für die Laufleistungserfassung realistische Möglichkeiten.

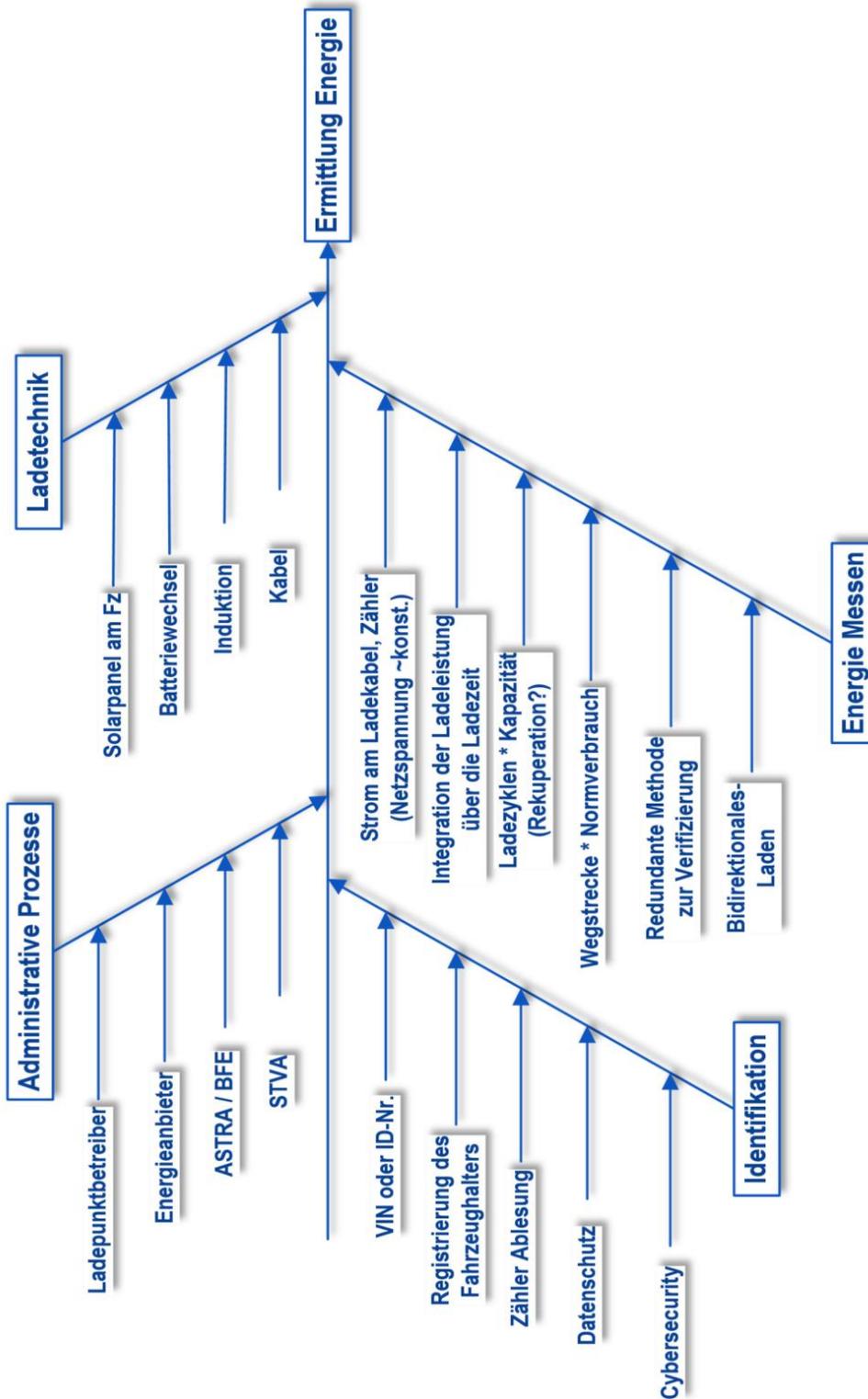
Unschärfen sind bei beiden Methoden vorhanden, bei der Energie beispielsweise durch die Art und den Ort der Erfassung, bei der Laufleistung z.B. dadurch, dass die fahrzeugeigenen Erfassungsgeräte keiner einheitlichen Genauigkeit unterliegen.

Für beide Methoden ist die Zurverfügungstellung von Angaben durch den Fahrzeughersteller am aufwandärmsten für die Erhebungsstelle, allerdings am aufwändigsten für den Fahrzeughersteller und derzeit für selbigen ohne rechtliche Grundlagen.

Mit Blick auf das das geplante Einführungsjahr 2030 sind sowohl technisch als auch vorschrittsseitig kaum abschätzbare Entwicklungen zu erwarten. Die dann zum Verkauf angebotenen Fahrzeuge sind derzeit noch nicht mal in der Planung, und die möglichen den technischen Fortschritten folgenden Vorschriften hängen von diesen zukünftigen Technologien und Lösungen ab. Der Anspruch, zum jetzigen Zeitpunkt eine «unumstössliche» Systematik zu etablieren ist herausfordernd, da mit der weiter zunehmenden Elektrifizierung der Verkehrsmittel das Thema elektrische Energie rasch zum Gesamtkonzept erhoben werden muss. Da diese Grösse in Zukunft dem elektrischen Fahren übergeordnet geregelt sein muss, wird ein Energiemanagement auch seitens Fahrzeughersteller zwingend sein. Bidirektionaler Energiefluss ist da ein erster Schritt.

6 Anhang

6.1 Ishikawa-Diagramm über die «Auslegeordnung»



6.2 Darstellung des «Ladepunktansatzes»

Besteuerte Energiemessung über Ladestationen mit Rückfallebene basierend auf einer Fahrdistanz-Pauschalbesteuerung

