



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.04.2022 Patentblatt 2022/16

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G06Q 50/06 (2012.01) G06Q 90/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21198700.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G06Q 90/00; G06Q 50/06

(22) Anmeldetag: **24.09.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AG**
38440 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Plewa, Jan Luca**
38179 Schwülper (DE)
• **Kammeyer, Jasper**
30169 Hannover (DE)
• **Bröker, Hendrik**
38165 Lehre (DE)

(30) Priorität: **15.10.2020 DE 102020213062**

(54) **VERFAHREN UND BILANZIERUNGSSYSTEM ZUM BILANZIEREN VON ENERGIESTRÖMEN VON IHRER ERZEUGUNG BEI ENERGIEERZEUGERN BIS ZUM VERBRAUCH IN FAHRZEUGEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen (1), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

(a) Erfassen von Energiebereitstellungstempeln (EBS) von jedem der Energieerzeuger, welche jeweils eine spezifische Energieerzeugerkennung (EIN) eines der Energieerzeuger enthalten und die für die Fahrzeuge von diesem Energieerzeuger bereitgestellte Energie in ihrer Menge und/oder in ihrer Qualität bezeichnen,
(b) Erfassen von Energieverbrauchstempeln (EVS) von jedem der Fahrzeuge (1), welche jeweils eine spezifische Fahrzeugkennung (VIN) eines der Fahrzeuge (1) enthalten und die von diesem Fahrzeug (1) verbrauchte Ener-

giemenge bezeichnen,

(c) Berechnen von Bilanzsummenstempeln (BS) aus den erfassten Energiebereitstellungstempeln (EBS) und den erfassten Energieverbrauchstempeln (EVS) für jedes Fahrzeug (1),

(d) Sichern der erfassten Energiebereitstellungstempel (EBS) und der erfassten Energieverbrauchstempel (EVS) mittels einer kryptographischen Datenbank-Technologie (13), und

(e) Aufsummieren der für jedes Fahrzeug (1) berechneten Bilanzsummenstempel (BS) zu einem Summenwert der Bilanztransaktionen (SBT) für jedes der Fahrzeuge (1).

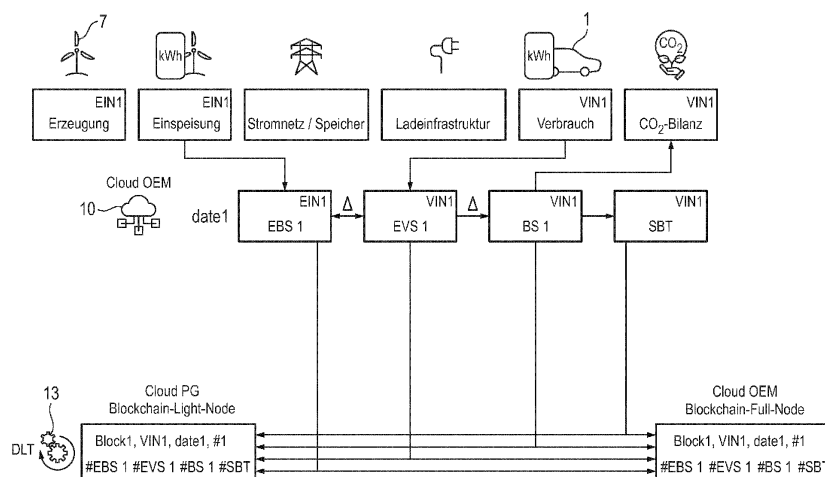


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Heutzutage sind Fahrzeuge mit unterschiedlichen technischen Antrieben ausgestattet. Zu diesen Antrieben gehören zumindest der Verbrennungsmotor (flüssig/gasförmig), die Brennstoffzelle, der batterieelektrische Antrieb und Hybride-Kombinationen aus den vorher genannten Antrieben. Alle diese Antriebe nutzen entsprechend ihrer Erfordernisse passende Antriebsenergieträger in unterschiedlichen Aggregatzuständen. Die Antriebsenergieträger sind beispielsweise Otto- oder Diesel-Kraftstoffe, CNG/LNG, fossiler/grüner Strom, Wasserstoff und Derivate der vorgenannten Antriebsenergieträger.

[0002] Im realen Betrieb verbrauchen Fahrzeuge je nach fahrzeugspezifischen Eigenschaften wie Fahrwiderstand, Luftwiderstand, Gewicht, Bauform, usw. sowie der Gesamteffizienz ihres Antriebsstranges unterschiedliche Mengen der vorgenannten Antriebsenergieträger.

[0003] Die tatsächliche Menge der entstehenden CO₂- und Schadstoffemissionen steht in einem direkten physikalischen Zusammenhang mit der für die Fortbewegung erforderlichen Antriebsenergie sowie der Art und technischen Ausführung des Antriebs. Eine genaue Erfassung des fahrzeugspezifischen und realen Energieverbrauchs ist daher eine zwingende Voraussetzung für die Bestimmung der realen Fahremissionen.

[0004] Die realen Emissionen stehen ihrerseits in einem direkten ökologischen Zusammenhang mit der Luftqualität und der atmosphärischen Klimawirkung bzw. Erderwärmung.

[0005] Darüber hinaus steht die spezifische Höhe der entstehenden CO₂- und Schadstoffemissionen in einem physikalisch-chemischen Zusammenhang mit der Art des eingesetzten Antriebsenergieträgers. Zum Beispiel hat CNG (Methan) als kürzeste Kohlenwasserstoffkette geringere CO₂-Emissionswerte als herkömmlicher Otto- oder Diesel-Kraftstoff. Darüber hinaus führt die höhere stoffliche Reinheit von beispielsweise CNG oder synthetischen Flüssigkraftstoffen bei der motorinternen Verbrennung zu geringeren Schadstoffemissionen von beispielsweise Rußpartikeln.

[0006] Einen weiteren Einfluss auf die tatsächlich entstehenden CO₂-Emissionen hat die Herkunft bzw. Erzeugungskette der Antriebsenergieträger (vom Ausgangsrohstoff bis zum Endprodukt). Die tatsächlich entstehenden CO₂-Emissionen bei Antriebsenergieträgern werden daher in einer ganzheitlichen Ökobilanz (im Englischen sog. LCA als Abkürzung für Life Cycle Assessment, auch Lebenszyklus-Analyse) beschrieben.

[0007] Bei Antriebsenergieträgern wird grundsätzlich zwischen Strom und flüssigen/gasförmigen Energieträgern unterschieden. Außerdem können diese Energieträger auf einem fossilen, einem regenerativen oder einem gemischten Herstellungspfad erzeugt werden.

[0008] Bei den Ausgangsrohstoffen ist zwischen fossilem Ursprung (zumeist Kohle-/Erdölbasis) und nachwachsenden/erneuerbaren Rohstoffen (z. B. Biomasse,

Wasser, atm. CO₂) zu unterscheiden. Beim Einsatz von Ausgangsstoffen fossilen Ursprungs wird bei der technischen Verbrennung der Antriebsenergieträger fossil gebundener Kohlenstoff in Form von CO₂-Emissionen an die Atmosphäre freigegeben. Dadurch erhöht sich die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre mit dem damit verbundenen Klimateffekt. Bei erneuerbaren Energieträgern wird bei der Erzeugung CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen und in dem Energieträger als Kohlenstoff gebunden. Bei der Nutzung dieser Energieträger wird nur so viel CO₂ an die Atmosphäre abgegeben, wie vorher im Herstellungsprozess aufgenommen wurde. Die CO₂-Bilanz dieser Kraftstoffe ist damit im Idealfall CO₂-neutral und die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bleibt unbeeinflusst. Gleichzeitig reduzieren die verbesserten Kraftstoffeigenschaften die Stickoxid- und Partikelemissionen der Verbrennungsmotoren. Dadurch wird ein zusätzlicher Beitrag zur Luftreinhaltung in den Städten geleistet. Diese Kraftstoffe werden daher auch als klimafreundliche Kraftstoffe oder sog. "re-Fuels" bezeichnet.

[0009] Neben der direkten Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom, beispielsweise aus Sonnenenergie, Wind- oder Wasserkraft, wird zwischen zwei wesentlichen Herstellpfaden für klimafreundliche Antriebsenergieträger unterschieden.

[0010] Die sogenannten "synthetischen Kraftstoffe" oder "e-Fuels" (inkl. Wasserstoff) werden aus Strom, Wasser und CO₂ in einem großtechnischen, elektrochemischen Prozess auf Basis von Wasser-Elektrolyse erzeugt. In diesem als Power-to-X bezeichneten Prozess steht das "X" wahlweise für gasförmige Kraftstoffe wie H₂, CNG, LNG oder flüssige Kraftstoffe wie Diesel, Benzin, Kerosin, usw.

[0011] Die sogenannten "fortschrittlichen Biokraftstoffe" oder auch "Bio-Fuels" (inkl. Methan) werden aus organischer Reststoff-/abfallstämmiger Biomasse ohne Nahrungsmittelkonkurrenz erzeugt, u. a. durch Vergärungs-, Vergasungs- und Pyrolyseverfahren. In diesem als Waste-to-X bezeichneten Prozess stammt der für die Kraftstoffherzeugung erforderliche Kohlenstoff aus organischen Reststoffen, die diesen bei ihrer Entstehung als CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen haben.

[0012] Bisher war die technische Auslegung der Fahrzeugantriebe auf die ausschließliche Nutzung fossiler Antriebsenergieträger ausgerichtet. Dies wurde u. a. durch die aktuellen internationalen Abgasgesetzgebungen mitbestimmt. Diese legen einen "tank to wheel" Bilanzrahmen (auf Deutsch: von Tank bis zum Rad bzw. Bilanzgrenze Fahrzeug) fest. Demzufolge lag der bisherige Fokus entsprechender Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema CO₂- und Abgasemissionen auf antriebsnahen Themen wie beispielsweise dem technischen Betriebsverhalten (Thermodynamik, Mechanik) oder der internen Verbrennung (Partikel, Stickoxide, sonstige Schadstoffe).

[0013] Aktuelle gesellschaftliche und wirtschaftspolitische Entwicklungen erweitern den Bilanzrahmen der Be-

trachtung zukünftiger Antriebe mittelfristig auf "well to wheel" (auf Deutsch: von der Quelle bis zum Rad, inklusive Vorketten der Energieträgererzeugung) und langfristig auf "cradle to grave" (auf Deutsch: vom Ursprung bis zur Entsorgung, inklusive Vorketten, Rohstoffen und Recycling des gesamten Fahrzeuges, LCA). Die vorgenannten Bilanzrahmen werden in der Figur 1 illustriert, die schematisch eine Lebenszyklus-Analyse eines Fahrzeuges darstellt.

[0014] Viele Chancen für die Etablierung tatsächlich klimawirksamer Ansätze ergeben sich aus dieser signifikanten Erweiterung des Bilanzrahmens, aber auch eine deutliche Steigerung der Komplexität des Gesamtsystems durch Interaktion der Teilsysteme und Sektoren.

[0015] Gleichzeitig eröffnet diese integrierte technische Systembetrachtung aber viele Chancen für die Umsetzung und Etablierung tatsächlich nachhaltig klimawirksamer Lösungen. Zur Beherrschung der Komplexität des Gesamtsystems und Steuerung der Teilsysteme und Sektoren werden in diesem Zusammenhang neue technische und systematische Lösungsansätze und Anpassung der aktuellen, internationalen Gesetzgebungen erforderlich.

[0016] Verbrennungsmotoren werden neben der Elektromobilität auch in den nächsten Jahren den Fahrzeugbestand prägen. Für 2030 werden in Europa mehr als 75% der Bestandsfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren prognostiziert. Bei ihnen fallen fast 80% der CO₂-Emissionen des gesamten Fahrzeuglebens während der Nutzungsphase an, da die Verbrennung der heutigen Energieträger (Benzin, Diesel, Erdgas) fossile CO₂-Emissionen verursacht.

[0017] Zur angestrebten Erreichung der Pariser Klimaziele 2050 (COP 21) müssen deshalb neben den Neuwagenemissionen die CO₂-Emissionen der Bestandsfahrzeuge in Kundenhand reduziert werden. Die Neuwagenemissionen können durch den verstärkten Einsatz effizienterer Antriebe auf Basis erneuerbarer Energieträger (z. B. Elektrifizierung mit erneuerbarem Strom) reduziert werden. Im Fahrzeugbestand sind durch den hohen Anteil von Verbrennungskraftmaschinen klimafreundliche Kraftstoffe die derzeit einzige Möglichkeit zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Ein Vorteil der klimafreundlichen Kraftstoffe in diesem Zusammenhang ist deren mögliche Beimischung zu fossilen Kraftstoffen. Da die heute gültigen Kraftstoffnormen bei der Beimischung weiterhin eingehalten werden können, sind die erforderlichen CO₂-Reduktionen im Fahrzeugbestand möglich. Daher wird der Einsatz klimafreundlicher Kraftstoffe in der Politik, Industrie und Öffentlichkeit verstärkt diskutiert.

[0018] Im Rahmen der Energie- und Verkehrswende wird eine kontinuierliche Transformation von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern erfolgen, siehe oben. Gleichzeitig werden durch die steigenden Herausforderungen und Anforderungen aus der Erreichung der Umwelt- und Klimaziele weiterführende und zusätzliche Gesetze und gesetzliche Vorgaben hinsichtlich der CO₂-

und Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen und anderen Verkehrsträgern entstehen.

[0019] Daraus entsteht für Kraftfahrzeuge und Verkehrsträger unmittelbar die zukünftige Anforderung einer eindeutigen und lückenlosen Nachweisführung der Bilanzen für fahrzeugspezifische Energie-, CO₂- und Schadstoff-Emissionen.

[0020] Ausgehend von diesen Entwicklungen ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein einfaches, zuverlässiges, transparentes und sicheres Verfahren sowie Bilanzierungssystem zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen bereitzustellen.

[0021] Die voranstehende Aufgabe wird durch die Gegenstände der Patentansprüche, insbesondere durch ein Verfahren zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen nach Anspruch 1 sowie ein Bilanzierungssystem nach Anspruch 8 gelöst. Weitere Vorteile und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Bilanzierungssystem und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0022] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe demnach gelöst durch ein Verfahren zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- (a) Erfassen von Energiebereitstellungstempeln von jedem der Energieerzeuger, welche jeweils eine spezifische Energieerzeugerkennung eines der Energieerzeuger enthalten und die für die Fahrzeuge von diesem Energieerzeuger bereitgestellte Energie in ihrer Menge und/oder in ihrer Qualität bezeichnen,
- (b) Erfassen von Energieverbrauchstempeln von jedem der Fahrzeuge, welche jeweils eine spezifische Fahrzeugkennung eines der Fahrzeuge enthalten und die von diesem Fahrzeug verbrauchte Energiemenge bezeichnen,
- (c) Berechnen von Bilanzsummenstempeln aus den erfassten Energiebereitstellungstempeln und den erfassten Energieverbrauchstempeln für jedes Fahrzeug,
- (d) Sichern der erfassten Energiebereitstellungstempel und der erfassten Energieverbrauchstempel mittels einer kryptographischen Datenbank-Technologie, und
- (f) Aufsummieren der für jedes Fahrzeug berechneten Bilanzsummenstempel zu einem Summenwert der Bilanztransaktionen für jedes der Fahrzeuge.

[0023] Mittels der im erfindungsgemäßen Verfahren

erfassten Energiebereitstellungstempel und Energieverbrauchsstempel werden die Bilanzsummenstempel ermittelt und anschließend der Summenwert der Bilanztransaktionen für jedes der Fahrzeuge bestimmt. Dabei können die Stempel insbesondere digital erfasst werden. Die Stempel können als Datenblöcke verstanden werden, die die jeweiligen Daten, also die jeweilige Kennung von Fahrzeug oder Energieerzeuger und die Menge von bereitgestellter Energie und/oder ihre Qualität oder die Menge von verbrauchter Energie, enthalten. Die Sicherung der Energiebereitstellungstempel, der Energieverbrauchsstempel und der Bilanzsummenstempel mittels der kryptographischen Datenbank-Technologie ermöglicht dabei ein besonders sicheres Verfahren, da einerseits die Stempel für ihre Übertragung und Sicherung verschlüsselt werden und andererseits die kryptographisch gesicherten Stempel nicht von einer zentralen Autorität verwaltet, sondern über mehrere Knoten (englisch "nodes") bzw. Computern auf einem Peer-to-Peer-Netzwerk verteilt werden. Damit wird eine ganzheitliche Bilanzierung von Energieströmen mit der ihr zugeordneten Qualität von der Erzeugung bei den Energieerzeugern bis hin zu ihrem Verbrauch bei den Fahrzeugen möglich. Eine durchgängige, digitale Erfassung nicht nur der Energieströme an sich, sondern auch der damit einhergehenden CO₂- und Schadstoff-Emissionen (als Qualität), wird zur Nachweisführung der Bilanzen ermöglicht. Dabei ist die Bilanzierung unabhängig von der Art des vom Energieerzeuger bereitgestellten Antriebsenergieträgers. Fahrzeuge mit unterschiedlichen Arten von Antrieben, etwa Verbrennungsmotoren und Elektromotoren, können in einer Flotte gebündelt werden und mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hinsichtlich ihrer Energieströme bilanziert werden. So kann eine Fahrzeugflotte beispielsweise von einem bestimmten Automobilhersteller (kurz OEM für "Original Equipment Manufacturer" im Englischen) bzw. einer bestimmten Automobilmarke oder beispielsweise eines Flottenbetreibers, etwa eines Unternehmens mit einer Fahrzeugflotte oder eines Car-Sharing-Anbieters, antriebsunabhängig ganzheitlich und real bilanziert werden.

[0024] Es kann vorgesehen werden, dass das Erfassen der Energiebereitstellungstempel von den Energieverbrauchsstempeln abhängig gemacht wird. Beispielsweise können die Energieverbrauchsstempel in bestimmten Zeitabständen oder zu bestimmten Zeitpunkten, die als Zeitstempel gespeichert werden können, oder aber nach bestimmten Energieverbrauchsmengen erfasst werden. Dann kann durch eine rechentechnische Überprüfung, die auf einer Recheneinheit ausgeführt werden kann, geprüft werden, ob auch ein neuer Energiebereitstellungstempel erfasst werden muss. Die rechentechnische Überprüfung bzw. Rechenoperation kann dergestalt aussehen, dass geprüft wird, ob die bereitgestellte Energiemenge gemäß einem Energiebereitstellungstempel zu einem Zeitstempel X (beispielsweise gleich 1) größer als die verbrauchte Energiemenge gemäß Energieverbrauchsstempel zu einem Zeitstem-

pel X ist (check X: $EBS\ X > EVS\ X$?). Sofern dies der Fall ist, ist die verbrauchte Energiemenge kleiner als die bereitgestellte Energiemenge. Der Bilanzsummenstempel BS kann berechnet werden, da der verbrauchten Energiemenge eine bereitgestellte Energiemenge mit Qualitätsbezeichnungsmenge zugeordnet werden kann. Falls dies nicht der Fall ist, also die verbrauchte Energiemenge größer als die bereitgestellte Energiemenge ist ($EBS\ X < EVS\ X$), dann wird die Differenz aus der verbrauchten Energiemenge und der bereitgestellten Energiemenge gebildet ($EBS\ X - EVS\ X = EVS\ X\ neu$). Der verbrauchten Energiemenge gemäß der Differenzrechnung wurde noch keine bereitgestellte Energiemenge zugeordnet. Damit diese aber für den Bilanzsummenstempel erfassbar wird und langfristig alle Energiemengen bzw. Bilanzsummenstempel in dem Summenwert der Bilanztransaktionen erfasst werden, muss dieser eine bereitgestellte Energiemenge eines neuen Energiebereitstellungstempels zu einem neuen Zeitstempel Y (beispielsweise gleich 2) zugeordnet werden. Dieser neue Energiebereitstellungstempel EBS Y wird mit dem Zeitstempel Y versehen und erfasst. Die Erfassung neuer Energieverbrauchsstempel wird fortgesetzt und es wird weiterhin gemäß obiger Rechenoperation, nun als check Y: $EBS\ Y > EVS\ X\ neu$ geprüft, ob ein neuer Energiebereitstellungstempel erfasst werden muss.

[0025] Es ist möglich, dass die entsprechenden Stempel von den Energieerzeugern oder den Fahrzeugen in einer für alle Teilnehmer normierten Form bzw. als ein normierter Datenblock bzw. Datensatz erzeugt werden. In einem solchen normierten Stempel sind die jeweiligen Daten an normierten Positionen hinterlegt. Wenn der normierte Datenblock beispielsweise als eine Datentabelle angelegt wird, dann kann beispielsweise in der ersten Zeile die jeweilige Kennung und in der zweiten Zeile die Energiemenge abgespeichert werden. Ein solcher normierter Stempel kann dann stets unmittelbar erfasst werden. Es ist aber auch möglich, dass die Energieerzeuger und die Fahrzeuge lediglich die Informationen erzeugen bzw. übermitteln, also etwa ihre Kennung, die Menge an Energie und ihre Qualität. In diesem Falle kann das Erfassen der Stempel auch das Erzeugen der Stempel, insbesondere in der normierten Form, umfassen. Dann können die in den Stempeln enthaltenen Informationen technisch einfacher verarbeitet werden.

[0026] Üblicherweise befindet sich zwischen dem Energieerzeuger und dem Fahrzeug eine Entität, die nicht zwangsläufig dem Energieerzeuger entspricht. Diese Entität ist der Energiebereitsteller und kann bei Strom als Antriebsenergieträger beispielsweise der Stromeinspeiser oder bei einem Kraftstoff als Antriebsenergieträger der Tankstellenbetreiber sein. Insoweit wird erfindungsgemäß bei unterschiedlichem Energieerzeuger und Energiebereitsteller unter dem Energieerzeuger jedoch nicht allein die Entität des Energieerzeugers, sondern der Energieerzeuger und der Energiebereitsteller, also die gesamte Kette von Energieerzeugung bis Energiebereitstellung mit sämtlichen Entitäten, verstanden.

Erst dadurch kann der erfindungsgemäße Energieerzeuger die Menge der bereitgestellten Energie und ihre Qualität für den Energiebereitstellungstempel bezeichnen.

[0027] Es kann vorgesehen sein, dass eine Distributed-Ledger-Technologie, insbesondere der Blockchain-Architektur, als kryptographische Datenbank-Technologie verwendet wird. Der englischsprachige Begriff "Distributed Ledger" lässt sich in etwa zu "verteilte Kontobücher" oder "verteiltes Register" übersetzen. Die Distributed-Ledger-Technologie wird für die Dokumentation bestimmter Transaktionen des "Ledgers" benutzt. Vorliegend sind die Transaktionen die übertragenen Stempel mit den darin enthaltenden Informationen. Im Gegensatz zu ansonsten bekannten klassischen Ansätzen, bei denen ein Hauptbuch von einer Instanz verwaltet wird, werden hier dezentral beliebig viele prinzipiell gleichgestellte Kopien des Ledgers von unterschiedlichen Parteien an den Knoten unterhalten. Durch geeignete Maßnahmen wird dafür gesorgt, dass neu hinzuzufügende Transaktionen in allen Kopien des Ledgers übernommen werden. Ferner wird dafür gesorgt, dass es zu einem Konsens über den jeweils aktuellen Stand des Ledgers kommt. Die Distributed-Ledger-Technologie kommt dadurch ohne eine zentrale Autorität oder einen zentralen Speicher aus. Stattdessen kann bei der Distributed-Ledger-Technologie durch unterschiedliche Verfahren der Konsensbildung der aktuell gültige Stand der Transaktionshistorie des Ledgers festgesetzt werden. Die Verschlüsselung der Transaktionen bzw. Stempel wird durch einen geeigneten kryptographischen Verschlüsselungsalgorithmus, beispielsweise einen Secure Hash Algorithm (SHA), englisch für sicherer Hash-Algorithmus, erzielt. Die Blockchain ist eine als Transaktionshistorie vieler Kryptowährungen besonders bekannte und erprobte Architektur dieser Technologie. Gleichwohl sind selbstverständlich auch andere Architekturen von Distributed-Ledger-Technologien bei der Erfindung anwendbar, beispielsweise block directed acyclic graphs (blockDAG) oder transaction-based directed acyclic graphs (TDAG).

[0028] Es kann selbstverständlich vorgesehen sein, dass auch die berechneten Bilanzsummenstempel und/oder der Summenwert der Bilanztransaktionen mittels der kryptographischen Datenbank-Technologie gesichert werden. Dadurch können auch die errechneten Bilanzsummenstempel und der Summenwert der Bilanztransaktionen selbst verfälschungssicher in dem Ledger gesichert werden.

[0029] Auch kann vorgesehen sein, dass die Qualität der bereitgestellten Energie zumindest die spezifischen CO₂-Emissionen der bereitgestellten Energie umfasst. Dies ermöglicht zusätzlich zu der Energiebilanzierung eine ganzheitliche, durchgängige und auditable Bilanzierung der damit verbundenen CO₂-Emissionen von den Energieerzeugern bis zu den Fahrzeugen. Die bereitgestellte Energiemenge in der Energiebilanzierung und die verbrauchte Energiemenge können beispielsweise in kWh gerechnet werden. Grundsätzlich ist aber auch die Bilanzierung auch nach anderen oder zusätzlich

mit anderen Qualitäten möglich. In jedem Falle wird eine reale Energie-Qualität-Bilanzierung ermöglicht. Dabei können die Bilanzsummenstempel die Qualität der von dem Fahrzeug verbrauchten Energiemenge als einen absoluten Wert angeben.

[0030] Vorgesehen sein kann ferner oder alternativ, dass die Qualität der bereitgestellten Energie zumindest eines von der Art seines Energieträgers, einem Herkunftsnachweis seines Antriebsenergieträgers und einer Menge von Schadstoffemissionen umfasst. Insbesondere kann die Qualität auch zwei oder alle der vorgenannten Elemente, also auch der spezifischen CO₂-Emissionen, umfassen. Die Art des Energieträgers der Energie kann, wie eingangs erwähnt, beispielsweise die Spezifizierung als Otto- oder Diesel-Kraftstoff, CNG/LNG, fossiler/grüner Strom, Wasserstoff oder ein Derivat der vorgenannten Antriebsenergieträger sein. Der Herkunftsnachweis kann Auskunft über die Erzeugung geben. Bei Strom kann dies beispielsweise der Nachweis der Erzeugung aus erneuerbaren oder fossilen Quellen sein. Durch die Erfassung der Menge von Schadstoffemissionen kann zudem eine ganzheitliche Schadstoffbilanzierung von well to wheel erfolgen.

[0031] Außerdem kann vorgesehen sein, dass die von den Fahrzeugen verbrauchte (streng physikalisch gesehen auch als umgewandelte bezeichnbar) Energiemenge gemäß der Energieverbrauchsstempel auf Basis einer Messung von Sensoren in zumindest zwei Systemkomponenten des Fahrzeugs bestimmt werden, wobei die zumindest zwei Systemkomponenten aus der Gruppe von Energiespeicher, Energiezuleitung und Motor sind. Insbesondere kann die verbrauchte Energiemenge in dem Energieverbrauchsstempel auf Basis der Messung von Sensoren in allen der vorgenannten Modulen bestimmt werden. Dies ermöglicht gegenüber der bekannten Messung von Energieverbräuchen in Fahrzeugen, etwa einer solchen, die im Instrumentenfeld angezeigt wird, eine möglichst genaue Bestimmung eines realen Energieverbrauchs der Fahrzeuge. Denn um die gewünschte präzise Energieverbrauchsmessung im Fahrzeug zu erreichen, reichen gegebenenfalls die Signale einzelner Sensoren nicht aus. In diesem Falle können die Messsignale mehrerer Sensoren, die aus den unterschiedlichen Systemkomponenten stammen können, logisch miteinander verknüpft werden oder weiterführenden logischen oder statistischen Berechnungsmethoden zugeführt werden, die auf einem entsprechenden Computer ausgeführt werden können. Das durch eine derartige Verbindung der Sensoren miteinander geschaffene Messsystem im Fahrzeug kann ggf. kalibriert oder geeicht werden, um eine zertifizierbare Messqualität zu erreichen. Selbstverständlich sollten die Sensoren vorzugsweise ansonsten mit einer möglichst hohen Genauigkeit ausgestattet sein. Die Sensoren in den Fahrzeugen unterscheiden sich dabei je nach Art des im Fahrzeug eingesetzten Antriebsenergieträgers. Die Systemkomponente des Energiespeichers kann beispielsweise, je nach Art des Fahrzeugs, als ein Tank oder eine Batterie

ausgebildet sein. In dem Tank kann beispielsweise ein Füllstandssensor, der beispielsweise induktiv, kapazitativ, optisch etc. arbeiten kann, sowie oder alternativ ein Drucksensor, der beispielsweise induktiv, kapazitativ etc. arbeiten kann, verwendet werden. In der Batterie kann beispielsweise ein Spannungssensor oder es können mehrere Spannungssensoren verwendet werden, die die elektrischen Innenwiderstände messen, als Digitalmultimeter ausgebildet sind oder ähnlich. Die Systemkomponente der Energiezuleitung kann, je nach Art des Fahrzeugs, beispielsweise als Kraftstoffleitung oder Stromleitung ausgeführt sein. In der Kraftstoffleitung können Durchflusssensoren, die beispielsweise mechanisch, optisch, thermisch etc. arbeiten können, verwendet werden. In der Stromleitung können Stromsensoren, die beispielsweise fiberoptisch arbeiten oder als Hall-Sonden ausgebildet sein können, verwendet werden. Die Systemkomponente des Motors umfasst im weiteren Sinne den Motor und eine entsprechende Motorsteuerung, welche, je nach Art des Fahrzeugs, beispielsweise als Steuergerät oder Leistungselektronik ausgebildet sein kann. Entsprechend können etwa Einspritzmengen, Steuerzeiten usw. erfasst werden oder mittels Frequenzumrichters, Pulsdauermodulation usw. gearbeitet werden, um eine Messung an dieser Systemkomponente vorzunehmen. Selbstverständlich kann alternativ auch die verbrauchte Energiemenge auf Basis eines Sensors bestimmt werden. Hierzu ist aber eine vergleichsweise teure und wiederholte Eichung und/oder Kalibrierung des Sensors notwendig, damit dieser den realen Energieverbrauch möglichst genau bestimmt. Diese Lösung ist sehr kostenintensiv. Die Kombination aus zwei Sensoren ist hingegen kostengünstig, da diese Struktur mit den zwei oder mehr Sensoren typischerweise in Fahrzeugen bereits gegeben ist.

[0032] Es kann vorgesehen sein, dass die Energieverbrauchsstempel mittels Funk erfasst werden. Entsprechend können die Fahrzeuge mit einem Datenübertragungssystem ausgestattet sein, welches die Informationen bzw. Daten für den Energieverbrauchsstempel oder unmittelbar den Energieverbrauchsstempel an das entsprechende Bilanzierungssystem bzw. ein dortiges Datenbanksystem übermitteln. Beliebige Mobilfunkstandards wie GSM, UMTS, 4G, 5G können für die Funkübertragung genutzt werden.

[0033] Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die eingangs erwähnte Aufgabe gelöst durch ein digitales Bilanzierungssystem zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen, wobei das digitale Bilanzierungssystem eine Recheneinheit und ein Datenbanksystem aufweist, die mit einer kryptographischen Datenbank-Technologie ausgestattet ist, und wobei das digitale Bilanzierungssystem zur Durchführung des Verfahrens nach dem ersten Aspekt der Erfindung eingerichtet ist.

[0034] Die kryptographische Datenbank-Technologie bzw. ihr Programm kann auf dem Datenbanksystem in-

stalliert sein. Die Recheneinheit kann dazu eingerichtet sein, die kryptographische Datenbank-Technologie bzw. ihr Programm auszuführen, sodass die erfassten Energiebereitstellungstempel und die erfassten Energieverbrauchsstempel sowie ggf. die Bilanzsummenstempel und der Summenwert der Bilanztransaktionen mittels der kryptographischen Datenbank-Technologie gesichert werden. Ferner kann die Recheneinheit dazu eingerichtet sein, die Bilanzsummenstempel zu berechnen und die Bilanzsummenstempel zu dem Summenwert der Bilanztransaktionen für jedes Fahrzeug aufzusummieren. Die Recheneinheit kann einen oder mehrere Computer bzw. CPUs für die vorgenannten Rechenoperationen aufweisen.

[0035] Das erfindungsgemäße digitale Bilanzierungssystem kann mit Datenübertragungssystemen der Fahrzeuge sowie Datenübertragungssystemen der Energieerzeuger verbunden sein. Eine solche Verbindung kann drahtlos, beispielsweise mittels Funk, erfolgen. Dadurch können die Energiebereitstellungstempel und Energieverbrauchsstempel erfasst werden. Wenn diese als solche normiert erfasst werden, kann das Datenbanksystem bzw. die darauf befindliche kryptographische Datenbank-Technologie diese unmittelbar erfassen. Wenn diese nur als Informationen übertragen werden, die noch zu den jeweiligen Stempeln zusammengesetzt werden müssen, kann die Recheneinheit dazu eingerichtet sein, die Stempel zuvor zu erzeugen. Das digitale Bilanzierungssystem kann im weiteren Sinne auch die Fahrzeuge umfassen, die mit dem zuvor vorgestellten Messsystem ausgestattet sein können, bei dem die verbrauchte Energiemenge gemäß der Energieverbrauchsstempel auf Basis einer Messung von Sensoren in zumindest zwei Systemkomponenten des Fahrzeugs bestimmt werden.

[0036] Ferner kann vorgesehen sein, dass das Datenbanksystem eine Full-Node bildet und die kryptographische Datenbank-Technologie zur Unterstützung zumindest einer Light-Node bei zumindest einer unabhängigen Prüfstelle eingerichtet ist. Das digitale Bilanzierungssystem kann im weiteren Sinne auch diese weitere Light-Node umfassen. Selbstverständlich sind weitere Light-Nodes auch der Energieerzeuger möglich. Mittels der Light-Node bei der zumindest einen unabhängigen Prüfstelle, die beispielsweise eine externe Prüfgesellschaft wie beispielsweise TÜV, DEKRA oder DNV-GL und/oder eine öffentliche Stelle wie beispielsweise das Bundesamt für Landwirtschaft und Ernährung, das Bundesumweltministerium oder das Bundesverkehrsministerium sein kann, wird gewährleistet, dass keine Änderungen an den einmal von der Datenbank-Technologie kryptographisch gesicherten Daten vorgenommen werden können. Dies funktioniert derart, dass bei der Full-Node (auf Deutsch "vollständiger Knoten") des digitalen Bilanzierungssystems die gesamten Daten, bei einer Blockchain als Datenkette, heruntergeladen und fälschungssicher gespeichert werden. Bei Verschlüsselung mit einem Secure Hash Algorithmus, wie bei einer Blockchain typischer-

weise verwendet, als kryptographisches Verfahren wird aus den Datensätzen einschließlich der Zeitstempel ein Hash-Wert generiert. Dieser Hash-Wert dient als sog. Identifier-Datensatz zur eindeutigen Identifizierung eines Datensatzes. An den Light-Nodes (auf Deutsch "leichte Knoten") werden nur Teilabschnitte der gesamten Daten, bei einer Blockchain nur die sog. Block-Header der gesamten Blockchain-Datenkette heruntergeladen. Die Light-Nodes übernehmen dabei die Funktion, die Echtheit bzw. die Existenz einzelner Transaktionen innerhalb eines Hash-Blocks der gesamten Daten, also etwa der gesamten Blockchain-Datenkette, zu verifizieren. Sie dienen als nicht-manipulierbares Kontroll-Sample gegenüber nachträglichen Änderungen der konsolidierten Datensätze in der Datenkette.

[0037] Schließlich kann vorgesehen sein, dass das digitale Bilanzierungssystem cloudbasiert ist. Dementsprechend können die Recheneinheit und das Datenbanksystem auf einer Cloud ausgeführt werden.

[0038] Anhand der beigefügten Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung oder der Figuren hervorgehenden Merkmale können sowohl für sich als auch in den beliebigen verschiedenen Kombinationen erfindungswesentlich sein. Es zeigen jeweils in einer schematischen Ansicht:

Fig. 1 eine Lebenszyklus-Analyse,

Fig. 2 einen Ablauf eines Bilanzierungsverfahrens anhand eines Elektrofahrzeugs,-.

Fig. 3 das Bilanzierungssystem für das Bilanzierungsverfahren aus Fig. 2,

Fig. 4 eine Systemarchitektur eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor,

Fig. 5 eine Systemarchitektur eines Elektrofahrzeugs, und

Fig. 6 eine Logik zur Berechnung des Bilanzsummenstempels in dem Bilanzierungsverfahren aus Fig. 2.

[0039] Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 6 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen. Soweit ein Element mehrmals vorhanden ist, wird es fortlaufend nummeriert, wobei die fortlaufende Nummerierung hinter dem Bezugszeichen angeführt und mit einem Punkt von dem Bezugszeichen getrennt wird.

[0040] Figur 1 zeigt schematisch die bereits in dem einleitenden Teil dieser Beschreibung erläuterte Lebenszyklus-Analyse. Statt einer Bilanzierung allein des Fahrzeugs, also tank to wheel, und damit nur der lokalen Emissionen des Fahrzeugs, soll auch die Betrachtung von well to tank eingeschlossen und damit insgesamt

eine Bilanzierung von well to wheel einschließlich der Energieversorgung und der Emissionen über die Nutzungsphase der Fahrzeuge erfolgen.

[0041] Figur 2 zeigt den Ablauf eines Bilanzierungsverfahrens beispielhaft für ein Fahrzeug 1 in Form eines Elektrofahrzeugs mit einer Traktionsbatterie. Selbstverständlich können mit dem vorgestellten Bilanzierungsverfahren mehrere Fahrzeuge 1, insbesondere eine ganze Flotte betrachtet werden. Auch können die Fahrzeuge 1 der Flotte über unterschiedliche Antriebe verfügen, die verschiedene Antriebsenergieträger benötigen.

[0042] Das Elektrofahrzeug benötigt zu seiner Fortbewegung Strom als Antriebsenergieträger. Dieses wird durch einen Energieerzeuger 7, der vorliegend symbolisch durch eine Windkraftanlage dargestellt ist, in das Stromnetz eingespeist. Der erzeugte und eingespeiste Strom weist eine gewisse Qualität auf. Grundsätzlich weist die Qualität einer bereitgestellten Energie die Angabe ihrer Art auf. Vorliegend ist dies Strom. Ferner umfasst die Qualität auch die Angabe der Menge der spezifischen CO₂-Emissionen, die Menge von Schadstoffemissionen und einen Herkunftsnachweis. Der Herkunftsnachweis kann beispielsweise einen Anteil an erneuerbaren Energien, an fossiler Verbrennung oder Atomkraft zur Erzeugung der bereitgestellten Energie aufweisen. Der Energieerzeuger 7, der den Strom erzeugt und einspeist, wird vorliegend durch eine Energieerzeugerkennung EIN eindeutig zugeordnet. Da vorliegend nur ein Energieerzeuger 7 betrachtet wird, erhält er die Energieerzeugerkennung EIN1.

[0043] Ein digitales Bilanzierungssystem 10, das cloudbasiert auf einer Cloud OEM eines Fahrzeugherstellers ausgeführt wird, erfasst zu einem Zeitpunkt, vorliegend einem ersten Zeitpunkt mit einem Zeitstempel date1, an dem eine Energiemenge von dem Energieerzeuger 7 mit der Kennung EIN1 mit einer bezeichneten Qualität gemäß der oben aufgeführten Informationen eingespeist worden ist, einen Energiebereitstellungstempel EBS. Dieser Energiebereitstellungstempel EBS sei vorliegend der erste und wird daher als EBS1 bezeichnet. Er beinhaltet die Energieerzeugerkennung EIN1, die Menge der bereitgestellten Energie, hier also des Stroms in einer Angabe der kWh und die Qualität. Die Qualität wird in dem Energiebereitstellungstempel EBS1 als Herkunftsnachweis, als Angabe einer Menge von spezifischen CO₂-Emissionen (in Tonnen) und als Angabe einer Menge von Schadstoffemissionen gespeichert. Zur Vereinfachung wird im Folgenden nur eine Durchführung einer CO₂-Bilanzierung erläutert, obwohl auch andere Formen der Bilanzierung, beispielsweise der Energiebilanzen bzw. des Energieverbrauchs (als Realverbrauch in kWh), der Schadstoffemissionen oder nach einem anderen der Qualitätsfaktoren, wie beispielsweise Herkunftsnachweis, alternativ oder zusätzlich möglich sind.

[0044] Hierneben wird ein Verbrauch der bereitgestellten Energie bzw. des Stroms bei dem Fahrzeug 1 gemessen. Dem Fahrzeug 1 wurde eine Fahrzeugkennung

VIN1 zugewiesen. Als Fahrzeugkennung kann dabei die Fahrzeug-Identifizierungsnummer, also die international genormte, 17-stellige Seriennummer, mit der ein Kraftfahrzeug eindeutig identifizierbar ist, verwendet werden. Der Verbrauch des Fahrzeugs 1 wird als Energieverbrauchsstempel EVS, hier als erster Energieverbrauchsstempel EVS1, mit der Fahrzeugkennung VIN1 und der Angabe der verbrauchten Energie, hier Strom in kWh, von dem digitalen Bilanzierungssystem 10 mit dem Zeitstempel date1 erfasst.

[0045] Aus den von dem digitalen Bilanzierungssystem 10 erfassten Energiebereitstellungsstempel EBS1 und Energieverbrauchsstempel EVS1 wird nun ein Bilanzsummenstempel BS1 berechnet, der ebenfalls die Fahrzeugkennung VIN1 beinhaltet und in dem die absolute Menge an CO₂-Emissionen (und des Energieverbrauchs) des Fahrzeugs 1 gespeichert wird. Der Bilanzsummenstempel BS1 beinhaltet also die Bilanzsumme, die aus dem Energieverbrauchsstempel EVS1 und dem Energiebereitstellungsstempel EBS1 berechnet wird. Zur Ermittlung der Bilanzsumme für den Bilanzsummenstempel BS1 wird bei der vorliegenden beispielhaften Bilanzierung der CO₂-Emissionen der Verbrauch der Energiemenge laut Energieverbrauchsstempel EVS1 mit den spezifischen CO₂-Emissionen der bereitgestellten Energie laut dem Energiebereitstellungsstempel EBS1 multipliziert.

[0046] Anschließend wird schließlich ein Summenwert der Bilanztransaktionen SBT ermittelt, in dem die jeweils für das Fahrzeug 1 mit der Fahrzeugkennung VIN1 ermittelten Bilanzsummenstempel BS für einzelne Zeitstempel, wie vorliegend date1, werden also aufsummiert, um einen Summenwert der Bilanztransaktionen SBT zu ermitteln, der vorliegend die gesamten durch den Verbrauch des Antriebsenergeträgers des Fahrzeugs 1 erzeugten CO₂-Emissionen (und den gesamten Energieverbrauch) über den Lebenszyklus des Fahrzeugs 1 wiedergibt.

[0047] Eine kryptographische Datenbank-Technologie 13 wird auf einem Datenbanksystem 12 des digitalen Bilanzierungssystems 10 (siehe Fig. 3) ausgeführt. Die hier beispielhaft verwendete kryptographische Datenbank-Technologie 13 ist eine Distributed-Ledger-Technologie 13 auf Basis der Blockchain-Architektur 13. Die Blockchain-Architektur 13 verwendet eine kryptographische Verschlüsselung, vorliegend beispielsweise einen Secure Hash Algorithmus (SHA).

[0048] Wie in der Fig. 2 zu erkennen ist, werden der Energiebereitstellungsstempel EBS1, der Energieverbrauchsstempel EVS1, der Bilanzsummenstempel BS1 und der Summenwert der Bilanztransaktionen SBT bei kryptographischer Verschlüsselung durch den SHA in der Blockchain 13 gesichert. Auf der Cloud OEM des Fahrzeugherstellers, auf dem das digitale Bilanzierungssystem 10 ausgeführt wird, befindet sich mit dem Datenbanksystem 12 ein Blockchain-Full-Node, auf dem die gesamte Blockchain-Datenkette mit ihren Informationen

gespeichert wird. Vorliegend ist dabei der Datenblock bzw. Datensatz mit seiner Bezeichnung "Block1", der Angabe der Fahrzeugkennung VIN1, des Zeitstempels date1 und seiner fortlaufenden Nummerierung #1 dargestellt. Er beinhaltet den Energiebereitstellungsstempel EBS1, den Energieverbrauchsstempel EVS1, den Bilanzsummenstempel BS1 und den Summenwert der Bilanztransaktionen SBT, der als Summe der bisherigen Bilanzsummenstempel BS des Fahrzeugs 1 gebildet wird.

[0049] Eine Blockchain-Light-Node befindet sich zumindest bei einer externen Prüfgesellschaft (PG), die selbst über eine Cloud verfügt, in der ein Computer die Blockchain-Light-Node betreibt. Neben dieser Blockchain-Light-Node bei der externen Prüfgesellschaft oder statt dieser können sich weitere Blockchain-Light-Nodes bei staatlichen Stellen und/oder den Energieerzeugern bzw. Energieversorgern befinden.

[0050] Zeitgleich mit der Erfassung der Stempel und des Summenwerts der Bilanztransaktionen wird ein eindeutiger, nicht veränderbarer und jederzeit wieder abrufbarer kryptografischer Hash-Wert (z. B. Zahlen, Zeichen und Groß-Klein-Buchstaben Folge) erzeugt. Diese werden als sogenannte Hash-EBS-, Hash-EVS-, Hash-BS- und Hash-SBT-Zertifikate in der Blockchain 13 in der Cloud abgelegt. Bei einer Anforderung an das Datenbanksystem 12 mit einem spezifischen Zeitstempel, wie beispielsweise date1, können somit jederzeit präzise alle verschlüsselten zeitaktuellen oder vergangenen Einzelwerte der Transaktionen sowie die komplementären zeitaktuellen oder vergangenen relativen Bilanzen und absoluten Summen der Bilanztransaktion abgefragt werden. Dies sorgt für maximale Transparenz und Sicherheit.

[0051] In der Blockchain 13 entsteht ein Hash-Zertifikats-Logbuch bzw. eine gesicherte Transaktionshistorie zum Ausschluss von nachträglichen Manipulationen und der Möglichkeit zur Auditierung aller Daten. Alle über die Zeit konsolidierten Datensätze werden in einer multilateralen Cloud- und Blockchain-Datenbankstruktur des Bilanzierungssystems 10 gespeichert.

[0052] Grundsätzlich wird jeder Datenblock der Energiebereitstellungsstempel EBS vollständig in dem Datenbanksystem 12 mit Zeitstempel (date) als positiver Energieeingang in seiner spezifischen Höhe und mit seinen spezifischen Qualitätsmerkmalen erfasst und dazu rechnerisch als ein Positiv-Logbucheintrag EIN x, [+] x kWh, [+] x t CO₂, [+] etc. eingeloggt.

[0053] Jeder Datenblock der Energieverbrauchsstempel EVS wird vollständig in dem Datenbanksystem 12 mit Zeitstempel als negativer Energieausgang in seiner spezifischen Höhe und mit seinen spezifischen Qualitätsmerkmalen erfasst und dazu rechnerisch als ein Negativ-Logbucheintrag VIN x, [-] x kWh, [-] x t CO₂, [-] etc. eingeloggt.

[0054] Finden Änderungen der Energieeinträge EBS und Energieausgänge EVS statt, wird rechnerisch die neue relative Bilanzsumme BS ermittelt. Die Bestimmung der Bilanzsumme findet nach folgender grundsätz-

licher Berechnungslogik statt: Check1 ist EBS 1 > EVS 1?; wenn EBS 1 < EVS 1 dann EBS 1 - EVS 1 = EVS 1 neu, check EBS 2 ≥ EVS 1 neu, so wie bereits weiter oben näher erläutert worden ist. Somit wird sichergestellt, dass langfristig alle Änderungen der Bilanzsumme im Logbuch registriert werden. Alle Änderungen werden permanent rechnerisch zu einem Summenwert der Bilanztransaktionen SBT aufsummiert.

[0055] Bei neuen Transaktionen mit Zeitstempel im Datenblock-Logbuch ändern sich die einzelnen relativen BS und absoluten SBT. Zeitgleich mit jeder Wertänderung wird der SBT als eindeutiger, unveränderlicher und jederzeit abrufbarer Datenblock im Datenbanksystem erfasst. Der Summenwert SBT gibt Auskunft über die zeitgenaue absolute Energie- und CO₂-Bilanz eines Verkehrsträgers und ist über die Blockchain jederzeit fälschungssicher abrufbar.

[0056] Fig. 3 zeigt das bereits erwähnte digitale Bilanzierungssystem 10 mit seiner Recheneinheit 11 und seinem Datenbanksystem 12, welches als Blockchain-Full-Node mit dem darauf gespeicherten Programm der Blockchain 13 operiert.

[0057] Fig. 4 zeigt schematisch ein Fahrzeug 1 mit einem Verbrennungsmotor 4 und mit einem Messsystem, welches eine reale Energieverbrauchsmessung ermöglicht. Dazu weist das Fahrzeug 1 einen Sensor 6.1 in seinem Tank 2, einen weiteren Sensor 6.2 in seiner Tankleitung 3, einen weiteren Sensor 6.3 in dem Verbrennungsmotor 4 und einen weiteren Sensor 6.4 in seinem Motorsteuergerät 5 auf. Das Messsystem zeichnet sich durch eine Auswertung der Sensorsignale aus allen Sensoren 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 derart aus, dass ein möglichst exakter, also möglichst nah am realen liegender, Energieverbrauch ermittelt wird. Ferner kann das Fahrzeug 1 ein nicht gezeigtes Datenübertragungssystem aufweisen, mittels dem es, beispielsweise per Funk, die Energieverbrauchsmessungen, insbesondere in Gestalt der Energieverbrauchsstempel EVS, an das digitale Bilanzierungssystem 10 übermittelt.

[0058] Fig. 5 zeigt schematisch ein Fahrzeug 1 mit einem Elektromotor 4. Auch hier verfügt das Fahrzeug 1 beispielhaft über vier Sensoren 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, die allerdings aufgrund der Topologie des hier als Elektrofahrzeug ausgebildeten Fahrzeugs 1, in anderen Systemkomponenten des Fahrzeugs 1, nämlich der Traktionsbatterie 2, der Stromleitung 3, dem Elektromotor 4 und der Leistungselektronik 5 verortet sind.

[0059] Fig. 6 zeigt die Berechnungslogik zur Berechnung des Bilanzsummenstempels BS in dem digitalen Bilanzierungssystem 10. Hier werden zwei Energieverbrauchsstempel EVS des Fahrzeugs 1 mit der Fahrzeugkennung VIN1 mit unterschiedlichen Zeitstempeln date1, date2 zu einer Bilanzsumme aufsummiert, die als Bilanzsummenstempel BS zusammen mit den EVS und EBS im Rahmen der Distributed-Ledger-Technologie 13 gespeichert wird.

Bezugszeichenliste

[0060]

- | | | |
|----|----|--|
| 5 | 1 | Fahrzeug |
| | 2 | Systemkomponente, Energiespeicher, Tank, Batterie |
| | 3 | Systemkomponente, Energiezuleitung, Tankleitung, Stromleitung |
| 10 | 4 | Systemkomponente, Motor, Verbrennungsmotor, Elektromotor |
| | 5 | Systemkomponente, Motor, Motorsteuergerät, Leistungselektronik |
| | 6 | Sensor |
| 15 | 7 | Energieerzeuger |
| | 10 | Digitales Bilanzierungssystem |
| | 11 | Recheneinheit |
| | 12 | Datenbanksystem |
| 20 | 13 | kryptographische Datenbank-Technologie, Distributed-Ledger-Technologie, Blockchain |

Patentansprüche

- | | | |
|----|----|---|
| 25 | 1. | Verfahren zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen (1), wobei das Verfahren die Schritte aufweist: |
| 30 | | (a) Erfassen von Energiebereitstellungstempeln (EBS) von jedem der Energieerzeuger, welche jeweils eine spezifische Energieerzeugerkennung (EIN) eines der Energieerzeuger enthalten und die für die Fahrzeuge von diesem Energieerzeuger bereitgestellte Energie in ihrer Menge und/oder in ihrer Qualität bezeichnen, |
| 35 | | (b) Erfassen von Energieverbrauchsstempeln (EVS) von jedem der Fahrzeuge (1), welche jeweils eine spezifische Fahrzeugkennung (VIN) eines der Fahrzeuge (1) enthalten und die von diesem Fahrzeug (1) verbrauchte Energiemenge bezeichnen, |
| 40 | | (c) Berechnen von Bilanzsummenstempeln (BS) aus den erfassten Energiebereitstellungstempeln (EBS) und den erfassten Energieverbrauchsstempeln (EVS) für jedes Fahrzeug (1), |
| 45 | | (d) Sichern der erfassten Energiebereitstellungstempel (EBS) und der erfassten Energieverbrauchsstempel (EVS) mittels einer kryptographischen Datenbank-Technologie (13), und |
| 50 | | (e) Aufsummieren der für jedes Fahrzeug (1) berechneten Bilanzsummenstempel (BS) zu einem Summenwert der Bilanztransaktionen (SBT) für jedes der Fahrzeuge (1). |
| 55 | 2. | Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Distributed-Ledger-Technologie (13), insbesondere der Blockchain-Architektur, als kryptographische Datenbank- |

Technologie (13) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei auch die berechneten Bilanzsummenstempel (BS) und/oder der Summenwert der Bilanztransaktionen (SBT) mittels der kryptographischen Datenbank-Technologie (13) gesichert werden. 5

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Qualität der bereitgestellten Energie zumindest die spezifischen CO₂-Emissionen der bereitgestellten Energie umfasst. 10

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Qualität der bereitgestellten Energie zumindest eines von der Art seines Antriebsenergieträgers, einem Herkunftsnachweis seines Antriebsenergieträgers und einer Menge von Schadstoffemissionen umfasst. 15
20

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die von den Fahrzeugen (1) verbrauchte Energiemenge gemäß der Energieverbrauchsstempel (EVS) auf Basis einer Messung von Sensoren (6) in zumindest zwei Systemkomponenten (2, 3, 4, 5) des Fahrzeugs bestimmt werden, wobei die zumindest zwei Systemkomponenten (2, 3, 4, 5) aus der Gruppe von Energiespeicher (2), Energiezuleitung (3) und Motor (4, 5) sind. 25
30

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Energieverbrauchsstempel (EVS) mittels Funk erfasst werden.

8. Digitales Bilanzierungssystem (10) zum Bilanzieren von Energieströmen von ihrer Erzeugung bei Energieerzeugern bis zum Verbrauch in Fahrzeugen (1), wobei das digitale Bilanzierungssystem eine Recheneinheit (11) und ein Datenbanksystem (12) aufweist, die mit einer kryptographischen Datenbank-Technologie (13) ausgestattet ist, und wobei das Bilanzierungssystem (10) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der voranstehenden Ansprüche eingerichtet ist. 35
40
45

9. Digitales Bilanzierungssystem (10) nach Anspruch 8, wobei das Datenbanksystem (12) eine Full-Node bildet und die kryptographische Datenbank-Technologie zur Unterstützung zumindest einer Light-Node bei zumindest einer unabhängigen Prüfstelle eingerichtet ist. 50

10. Digitales Bilanzierungssystem (10) nach Anspruch 8 oder 9, wobei das digitale Bilanzierungssystem (10) cloudbasiert ist. 55

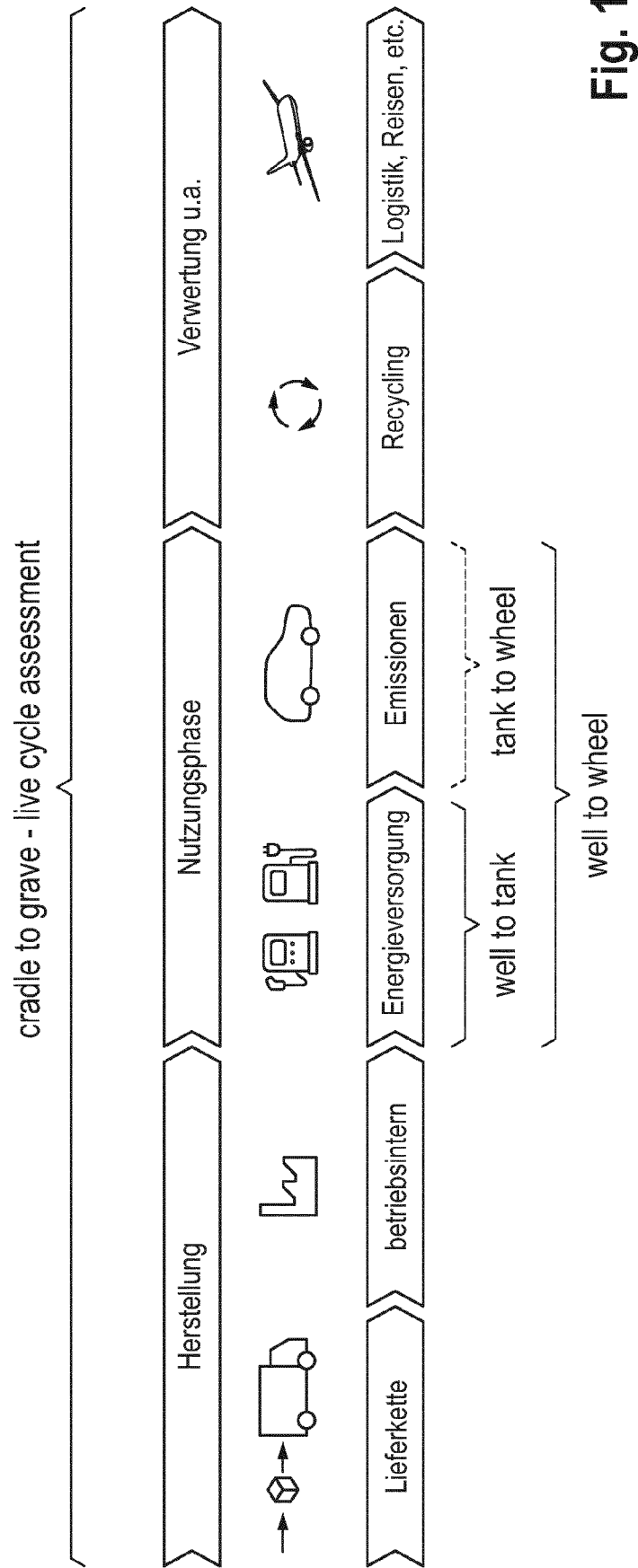


Fig. 1

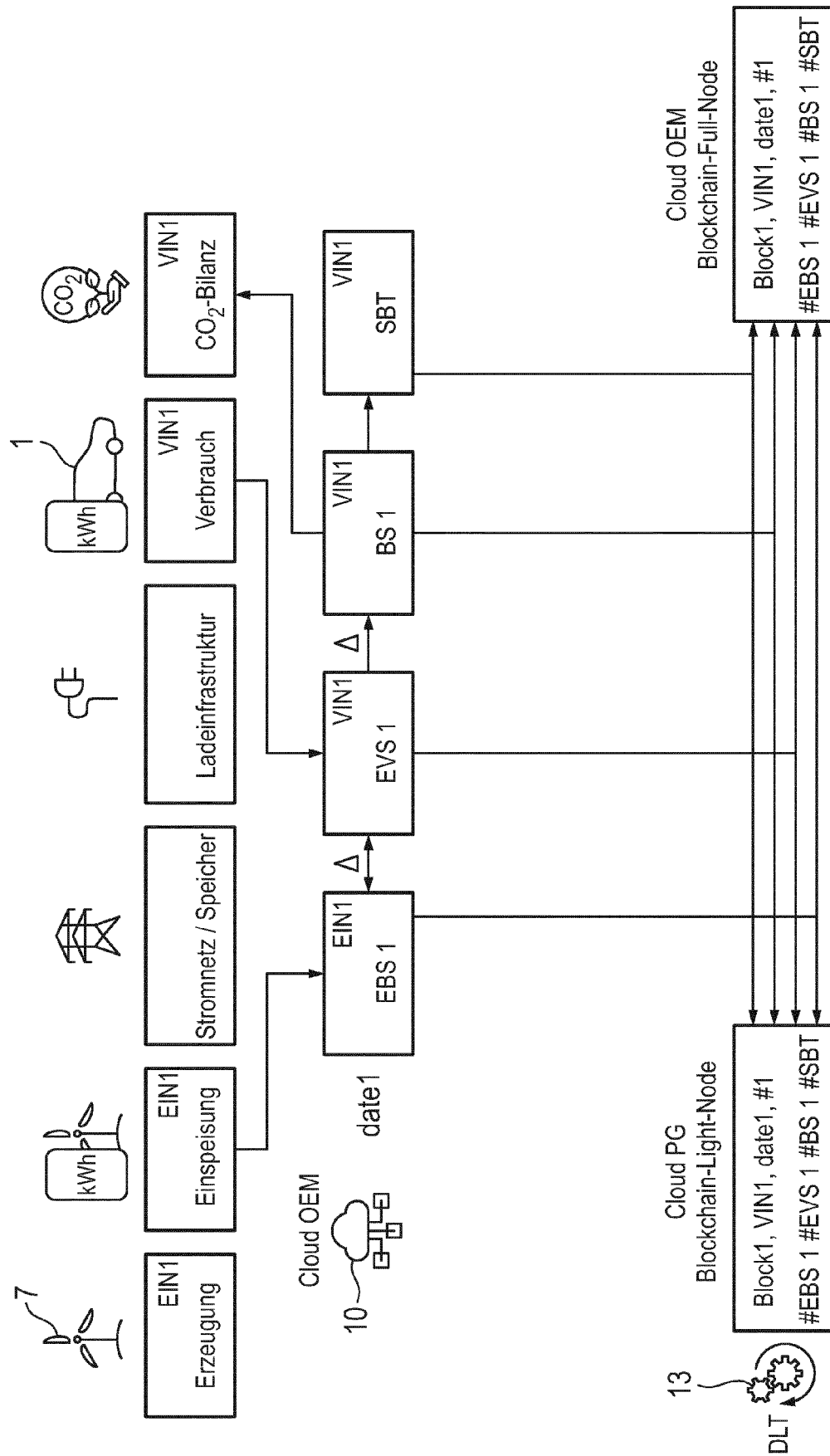


Fig. 2

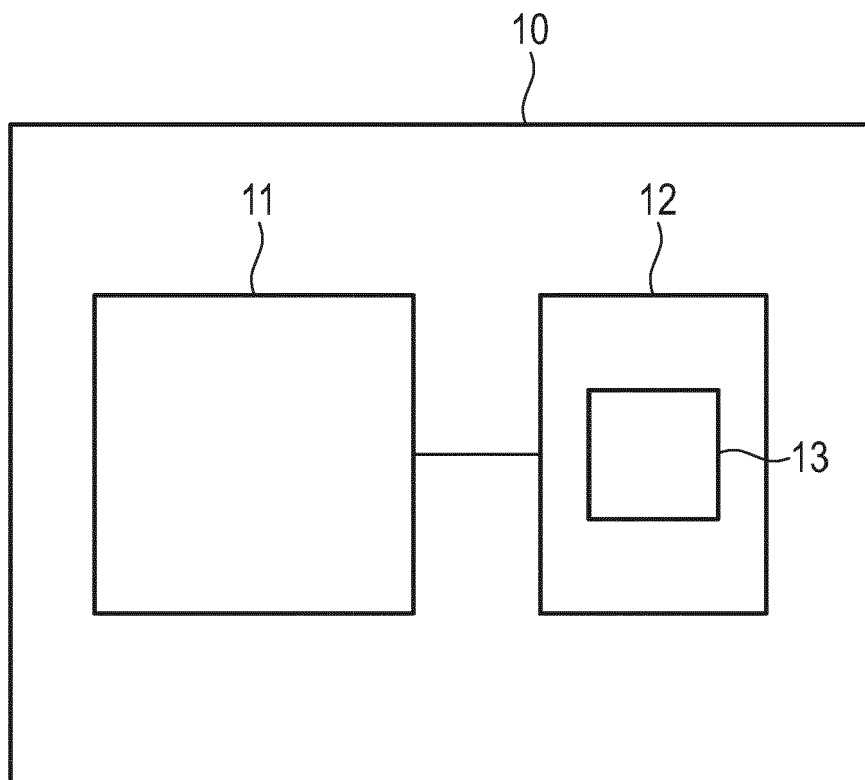


Fig. 3

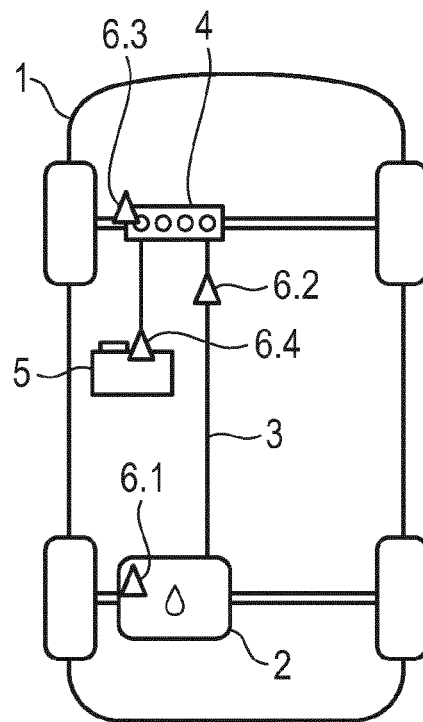


Fig. 4

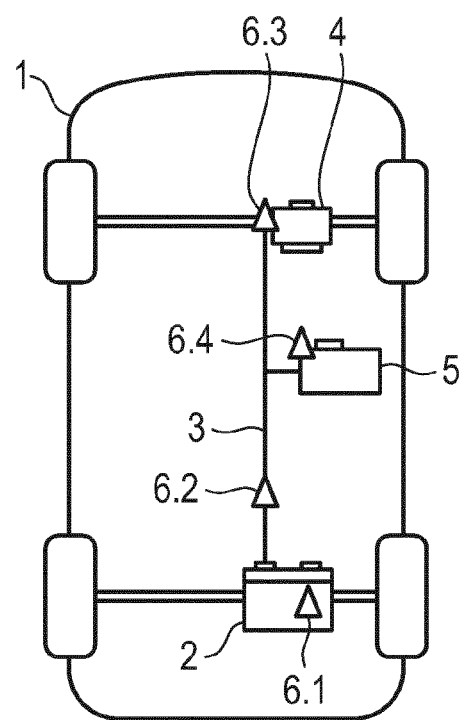


Fig. 5

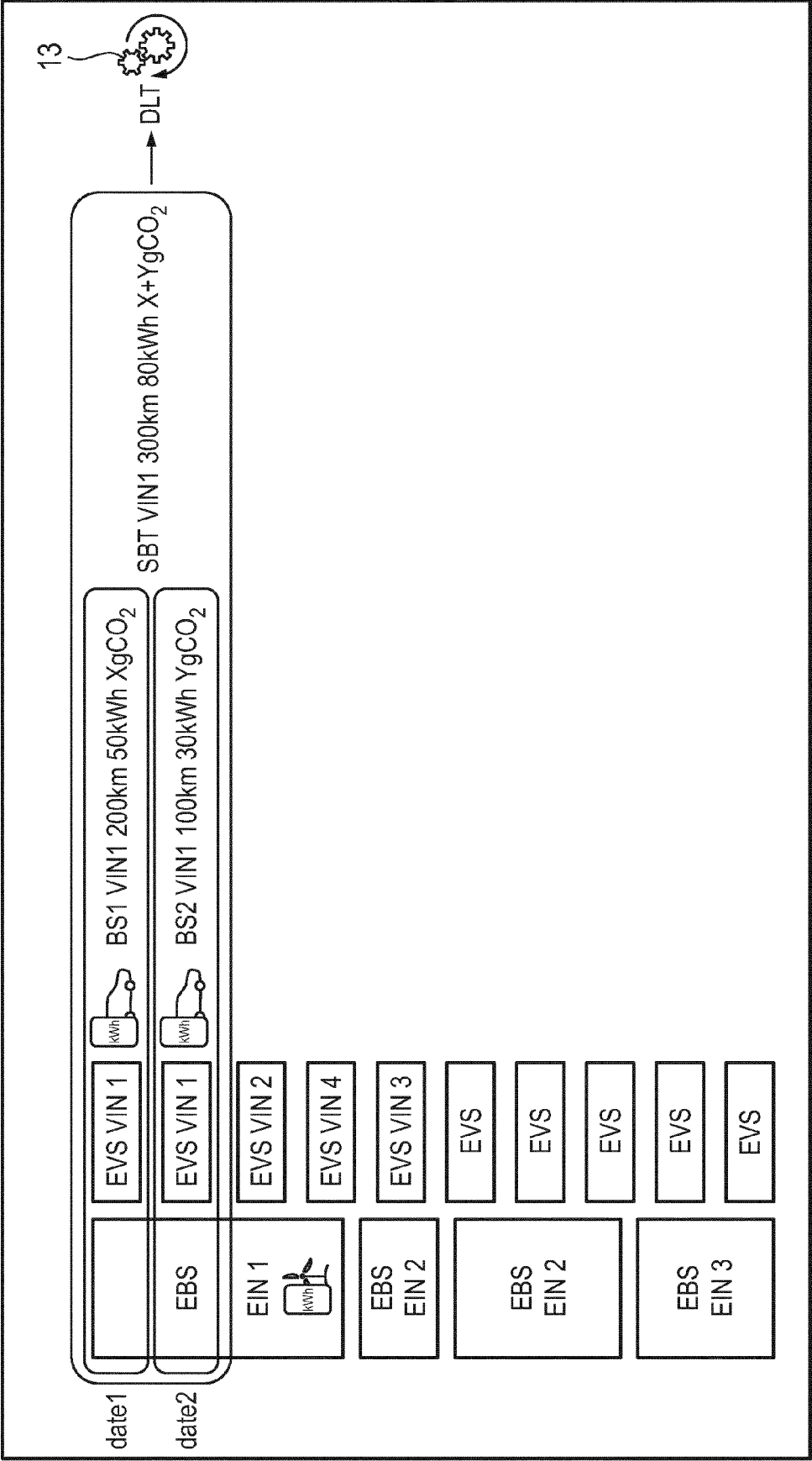


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 19 8700

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	Melanie Swan: "E-COMMERCE", / 22. Januar 2015 (2015-01-22), XP055406241, Gefunden im Internet: URL: http://w2.blockchain-tec.net/blockchain/blockchain-by-melanie-swan.pdf [gefunden am 2017-09-13] * das ganze Dokument * -----	1-10	INV. G06Q50/06 G06Q90/00
X	EP 3 609 148 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12. Februar 2020 (2020-02-12) * das ganze Dokument * -----	1-10	
X	WO 2018/059851 A1 (ENDRESS HAUSER PROCESS SOLUTIONS AG [CH]) 5. April 2018 (2018-04-05) * das ganze Dokument * -----	1-10	
X	DE 10 2019 204959 A1 (AUDI AG [DE]) 8. Oktober 2020 (2020-10-08) * das ganze Dokument * -----	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G06Q
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 8. März 2022	Prüfer Lutz, Andreas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 19 8700

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-03-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 3609148	A1	12-02-2020	EP 3609148 A1	12-02-2020
				US 2020043016 A1	06-02-2020
15	WO 2018059851	A1	05-04-2018	DE 102016118615 A1	05-04-2018
				EP 3520349 A1	07-08-2019
				US 2019251296 A1	15-08-2019
				WO 2018059851 A1	05-04-2018
20	DE 102019204959	A1	08-10-2020	KEINE	
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82