

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer:	A 50411/2021	(51) Int. Cl.:	G08G 1/0967 (2006.01)
(22) Anmeldetag:	25.05.2021		G05D 1/02 (2006.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.08.2022		B60W 60/00 (2020.01)
			G06Q 10/04 (2012.01)
			G06K 9/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102011083677 A1
US 2008004789 A1

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Wikström Niklas MSc
8020 Graz (AT)

Weitere Erfinder siehe Beiblatt.

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) VERFAHREN ZUM VORAUSSCHAUENDEN ABSCHÄTZEN EINES VERLAUFES

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum vorausschauenden Abschätzen eines Verlaufes zumindest eines ersten Parameters (P1) eines Ego-Kraftfahrzeuges auf einer Fahrt entlang einer definierten Fahrstrecke (FS), auf der Basis von Daten von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**, V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***).

Dabei werden folgende Schritte durchgeführt:

- Auswählen eines ersten Parameters (P1) aus den Parametergruppen „Fahren“ (DR), „Energie“ (EN) und/oder „Emissionen“ (EM);
- Erstellen oder Bereitstellen einer Datenbank mit einer aktuellen zeitlichen Sequenz (S) von Verläufen (V-4, V-3, V-2, V-1, V0) des Parameters (P1) über dem Weg (d) für zumindest einem Abschnitt (FS1, FS2) der Fahrstrecke (FS) sowie einer Datenbank mit einer historischen zeitlichen Sequenz (S*, S**, S***) von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**, V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) des ausgewählten ersten Parameters (P1) über dem Weg (d) für zumindest den Abschnitt (FS1, FS2) der Fahrstrecke (FS);
- Vergleichen der aktuellen zeitlichen Sequenz (S) der Verläufe (V-4, V-3, V-2, V-1, V0) mit zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz (S*, S**, S***) von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**, V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***);

- Auswählen zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz (S*, S***) von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***), welche(r) eine definierte Ähnlichkeit mit der zeitlichen Sequenz (S) von aktuellen Verläufen (V-4, V-3, V-2, V-1, V0) auf zumindest einem Abschnitt der Fahrstrecke (FS) aufweist;
- Vorhersage zumindest eines zukünftigen Verlaufes (V+1, V+2) des ersten Parameters (P1) für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt (t₀₊₁, t₀₊₂) auf der Basis der historischen zeitlichen Sequenz (S*, S***) von ähnlichen historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***).

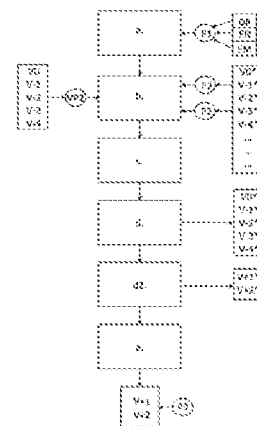


Fig. 1

(72) Erfinder: (Fortsetzung)

Huss Arno Dr.
8043 Graz (AT)
Bokseveld Sander MSc
8020 Graz (AT)
Jones Stephen John Dr.
8051 Graz (AT)
Deng Junpeng MSc
4040 Linz (AT)
Del Re Luigi Dr.
4040 Linz (AT)
Adelberger Daniel
4300 St. Valentin (AT)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum vorausschauenden Abschätzen eines Verlaufes, insbesondere eines Zeit- und/oder Wegverlaufes, zumindest eines ersten Parameters eines Ego-Kraftfahrzeuges auf einer Fahrt entlang einer definierten Fahrstrecke, auf der Basis von Daten von historischen Referenzverläufen. Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Unter Ego-Kraftfahrzeug ist hier ein – beispielsweise eigenes - Kraftfahrzeug zu verstehen, von welchem zumindest ein erster Parameter auf der Fahrt entlang der Fahrstrecke prognostiziert werden soll.

Vorausschauendes Energiemanagement (Predictive Energy Control) ist ein möglicher Bestandteil eines fortgeschrittenen Energiemanagementsystems für Kraftfahrzeuge, insbesondere Hybridfahrzeuge. Das vorausschauende Energiemanagement nutzt vor allem die exakte Kenntnis einer geplanten Fahrroute und zu diesen Strecken eingespeicherte Informationen, vor allem Höhenverläufe und Geschwindigkeitsbeschränkungen, um den Geschwindigkeitsverlauf, den Beschleunigungs- und Abbremsbedarf optimal für Energieeinsatz, Energiemix und Energierückgewinnung zu nutzen.

Vorausschauende Energiemanagement-Funktionen, die Fahrerassistenzsysteme wie Radar und Satellitennavigation mit elektronischem Horizont und Datenverbindungen wie V2V (Vehicle to Vehicle Communication), V2I (Vehicle to Infrastructure), V2X (Vehicle to Everything) und/oder Cloud Computing nutzen, werden zunehmend in Serienfahrzeugen eingesetzt, um den Kraftstoff- oder Energieverbrauch abzuschätzen oder zu reduzieren. Eine wichtige Eingabe für viele dieser Funktionen ist insbesondere das vorhergesagte zukünftige Geschwindigkeitsprofil des gesteuerten Kraftfahrzeugs entlang der gefahrenen Strecke. Es gibt verschiedene Ansätze, um solche zukünftigen Geschwindigkeiten vorherzusagen. Diese existierenden Ansätze verlassen sich typischerweise stark auf historische Durchschnittsgeschwindigkeiten, zum Beispiel Durchschnittsgeschwindigkeiten mehrerer Kraftfahrzeuge, die über Segmente entlang der Strecke gesammelt wurden.

Typischerweise ist die Vorhersagegenauigkeit von Ansätzen nach dem Stand der Technik, welche auf historischen Aufzeichnungen basieren, insbesondere bei

längerfristigen Vorhersagen deutlich reduziert, weil die aktuelle Situation nicht oder zu wenig abgebildet wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Genauigkeit der Vorhersage des Verlaufes zumindest eines Parameters auf einer Fahrstrecke zu verbessern.

Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung der Aufgabe dadurch, dass folgende Schritte durchgeführt werden:

- a. Auswählen des zumindest einen ersten Parameters aus den Parametergruppen „Fahren“, „Energie“ und/oder „Emissionen“;
- b. Erstellen oder Bereitstellen einer Datenbank mit zumindest einem aktuellen Verlauf oder einer aktuellen zeitlichen Sequenz von Verläufen des Parameters über dem Weg für zumindest einen Abschnitt der Fahrstrecke und Bereitstellen einer Datenbank mit zumindest einem historischen Referenzverlauf oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz von historischen Referenzverläufen des ausgewählten ersten Parameters über dem Weg für zumindest einen Abschnitt der Fahrstrecke;
- c. Vergleichen des aktuellen Verlaufes oder der aktuellen zeitlichen Sequenz der Verläufe mit zumindest einem historischen Referenzverlauf oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz von historischen Referenzverläufen;
- d. Auswählen zumindest eines historischen Referenzverlaufes oder einer historischen zeitlichen Sequenz von historischen Referenzverläufen, welche(r) eine definierte – vorzugsweise die größte - Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf oder mit der aktuellen zeitlichen Sequenz von Verläufen auf zumindest dem Abschnitt der Fahrstrecke aufweist;
- e. Vorhersage des Verlaufes des ersten Parameters für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt auf der Basis des in Schritt d. aufgefundenen zumindest einen ähnlichen historischen Referenzverlaufes oder der zumindest einen historischen zeitlichen Sequenz von ähnlichen historischen Referenzverläufen.

Unter dem aktuellen Verlauf ist zumindest ein Verlauf des ersten Parameters auf zumindest einem Abschnitt der Fahrstrecke zu verstehen, welcher für den aktuellen Zeitpunkt erstellt wird. Unter einer aktuellen zeitlichen Sequenz von Verläufen des ersten Parameters ist eine Abfolge von in definierten Zeitabständen zeitlich aufeinander folgend aufgezeichneten Verläufen des ersten Parameters auf zumindest einem Abschnitt der Fahrstrecke zu verstehen, welche den aktuellen Verlauf und mindestens einen zeitlich unmittelbar vor dem aktuellen Verlauf liegenden Verlauf des ersten Parameters beinhaltet.

Ein historischer Referenzverlauf ist ein Verlauf des ersten Parameters zu einem Zeitpunkt in der Vergangenheit, der vor dem aktuellen Verlauf und/oder der aktuellen Sequenz von Verläufen liegt. Eine historische Sequenz von historischen Verläufen ist eine Abfolge von in definierten Zeitabständen zeitlich aufeinander folgend aufgezeichneten historischen Verläufen des ersten Parameters auf zumindest einem Abschnitt der Fahrstrecke zu verstehen, welche zeitlich vor der aktuellen Sequenz liegt.

Die Vorhersage auf Basis des ersten Parameters für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt auf der Basis des in Schritt d. aufgefundenen zumindest einen ähnlichen historischen Referenzverlaufes oder der zumindest einen historischen zeitlichen Sequenz von ähnlichen historischen Referenzverläufen umfasst

- das Übernehmen des zumindest einen (eventuell gemittelten oder gewichteten) ähnlichen historischen Referenzverlaufes für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt, und/oder
- das Verwenden des ähnlichen historischen Referenzverlaufes oder der historischen zeitlichen Sequenz von ähnlichen historischen Referenzverläufen als Basis für eine weitere (anhand anderer oder weiterer Kriterien) angepasste (berechnete) Vorhersage, und/oder
- das Fortschreiben von historischen Tendenzen aus den ähnlichen historischen Referenzverläufen oder der zumindest einen historischen zeitlichen Sequenz von ähnlichen historischen Referenzverläufen in die Zukunft, beispielsweise durch mathematische Regressionsmethoden.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass nach dem Schritt d. in einem Schritt d2. zumindest ein konsekutiver historischer Referenzverlauf aufgefunden und ausgewählt wird, der zeitlich auf den ausgewählten ähnlichen historischen

Referenzverlauf oder auf die ausgewählte ähnliche Sequenz von historischen Referenzverläufen folgt, und dass die Vorhersage des zukünftigen Verlaufes des ersten Parameters für den zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt auf der Basis des zumindest einen konsekutiven historischen Referenzverlaufes erfolgt.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass die zeitlichen Veränderungen in ähnlichen historischen Referenzverläufen von Ursachen ausgelöst werden, welche auch bei aktuellen Verläufen auftreten. Somit können konsekutive historische Referenzverläufe von ähnlichen historischen Referenzverläufen auf die aktuelle Situation projiziert werden und auf der Basis zumindest eines konsekutiven historischen Referenzverlaufes zumindest ein zukünftiger Verlauf prognostiziert werden.

Der zumindest eine erste Parameter wird in Schritt a. aus den Parametergruppen „Fahren“, „Energie“ und/oder „Emissionen“ gewählt. Vorzugsweise wird der Parametergruppe „Fahren“ zumindest ein erster Parameter aus der Gruppe Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrdauer, Fahrzeuggeschwindigkeitsänderungen zugeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann der Parametergruppe „Energie“ zumindest ein erster Parameter aus der Gruppe Energieverbrauch, energetischer Wirkungsgrad, Ladezustand, Tankinhalt, Reichweite und/oder Parametergruppe „Emissionen“ zumindest ein erster Parameter aus der Gruppe Abgasemissionen – beispielsweise CO, HC, NO_x, NH₃, CO₂, Partikelemissionen -, Reifenabrieb, Bremsenabrieb zugeordnet werden. Zumindest ein erster Parameter wird somit aus der Gruppe Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrdauer, Fahrzeuggeschwindigkeitsänderungen, Energieverbrauch, energetischer Wirkungsgrad, Ladezustand, Tankinhalt, Reichweite, Abgasemissionen, Reifenabrieb und Bremsenabrieb gewählt.

Die heruntergeladene oder erstellte Datenbank mit dem aktuellen – vorzugsweise durchschnittlichen - Verlauf und historischen – vorzugsweise durchschnittlichen - Referenzverläufen des ausgewählten ersten Parameters basiert auf Messungen und Verläufen dieser Messdaten von Kraftfahrzeugen, die aktuelle Fahrten und in der Vergangenheit Referenzfahrten auf der Fahrstrecke oder einem Abschnitt der Fahrstrecke zurückgelegt haben. Dabei kann es sich um Referenzfahrten des eigenen Ego-Kraftfahrzeuges oder von typgleichen Kraftfahrzeugen oder von typverschiedenen Kraftfahrzeugen handeln.

In Schritt b. wird auf Basis von aktuellen Daten von auf der Fahrstrecke oder dem Abschnitt der Fahrstrecke fahrenden Kraftfahrzeugen zumindest ein aktueller Verlauf oder eine zeitliche Sequenz von aktuellen Verläufen des ersten Parameters für das Ego-Kraftfahrzeug erstellt oder heruntergeladen. Weiters wird auf der Basis von historischen Daten von auf der Fahrstrecke oder dem Abschnitt der Fahrstrecke gefahrenen Kraftfahrzeugen zumindest ein historischer Referenzverlauf des ersten Parameters oder zumindest eine Sequenz von historischen Referenzverläufen bereitgestellt. Diese Bereitstellung von historischen Daten kann Online über eine Cloud via Internet oder Offline über im Fahrzeug vorhandene Datenspeicher erfolgen.

Danach wird in Schritt c. der in Schritt b. aufgezeichnete zumindest eine aktuelle Verlauf des ersten Parameters mit dem zumindest einen historischen Referenzverlauf des ersten Parameters verglichen.

In Schritt d. wird ein Referenzverlauf oder werden mehrere historische Referenzverläufe, welche(r) Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf hat/haben, ausgewählt.

In Schritt e. wird der zukünftige Verlauf des ersten Parameters für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt auf der Basis in Schritt d. aufgefundenen ähnlichen historischen Referenzverlaufes oder der zeitlichen Sequenz von ähnlichen historischen Referenzverläufen vorhergesagt.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass für den Vergleich in Schritt c. Referenzfahrten des Ego-Kraftfahrzeugs und/oder von Kraftfahrzeugen des gleichen Typs wie das Ego-Kraftfahrzeug bevorzugt ausgewählt werden.

Es werden somit zuerst aufgezeichnete frühere Referenzverläufe des Ego-Kraftfahrzeuges auf der ersten Fahrtstrecke gesucht und für den Vergleich herangezogen, falls eine ausreichend hohe Anzahl solcher Referenzverläufe des Ego-Kraftfahrzeuges verfügbar ist. Solche Referenzverläufe sollten insbesondere dann verfügbar sein, wenn das Ego-Kraftfahrzeug auf einer Fahrstrecke fährt, die eine regelmäßige Pendelroute des eigenen Ego-Kraftfahrzeuges darstellt.

Falls solche nicht auffindbar sind oder von dem in Schritt b. beispielsweise von einer Cloud heruntergeladene oder erstellte aktuelle Verlauf des ausgewählten

ersten Parameters für die Fahrstrecke mit dem Ego-Vehikel zu sehr abweicht, werden für den Vergleich auch historische Referenzverläufe von anderen Kraftfahrzeugen auf der Fahrstrecke oder dem betrachteten Abschnitt der Fahrstrecke herangezogen.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass den historischen Referenzverläufen beim Erstellen in Schritt b. zumindest ein zweiter Parameter aus einer Parametergruppe „Statusinformation“ zugeordnet wird, wobei der zumindest eine zweite Parameter aus der Parametergruppe „Statusinformation“ beim Vergleichen und dem Auswählen in den Schritten c. und/oder d. berücksichtigt wird, wobei vorzugsweise der Parametergruppe „Statusinformation“ zumindest ein Parameter aus der Gruppe Tageszeit, Wochentag, Monat, Jahreszeit, Temperatur, Witterung, Straßenverhältnisse, Straßenzustand, Fahrertyp, Fahrzeugtyp, Verkehrsdichte, Stau, Haltestellen, Haltezeiten, Baustellen, Verkehrsunfälle zugeordnet wird.

Vorzugsweise wird für jeden historischen Referenzverlauf zumindest ein aktueller Statusparameter der aktuellen Fahrt des Ego-Kraftfahrzeuges auf der Fahrstrecke oder dem Abschnitt der Fahrstrecke mit dem entsprechenden zweiten Parameter der Parametergruppe „Statusinformation“ des Referenzverlaufes verglichen, wobei auf der Basis des zumindest einen zweiten Parameters aus der Parametergruppe „Statusinformation“ die Referenzverläufe nach Relevanz klassifiziert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann wesentlich verkürzt werden, wenn nur Referenzverläufe mit höchster Relevanz für die Schritte c. und/oder d. herangezogen werden.

Für die Auswahl in Schritt d. wird ein historischer Referenzverlauf mit der höchsten Ähnlichkeit oder eine Kombination aus mehreren historischen Referenzverläufen mit dem höchsten Ähnlichkeitsgrad verwendet, um die zukünftigen Verlauf des ersten Parameters für das Ego-Kraftfahrzeug vorherzusagen.

Der Grad der Ähnlichkeit zwischen den historischen Referenzverläufen aus der Datenbank und den gemessenen aktuellen Verläufen des Ego-Kraftfahrzeuges kann mit verschiedenen mathematischen Ansätzen oder Methoden in einer Ähnlichkeitsanalyse berechnet werden. Ein einfaches Beispiel ist die Berechnung des Ähnlichkeitsgrad mittels eines FIT-Wertes oder mittels Pearson-Korrelation.

Durch Projizieren oder Hochrechnen der zeitlichen Veränderung im aktuellen Verlauf des ersten Parameters aus der zeitlichen Veränderung zumindest eines historischen Referenzverlaufes kann eine deutliche Verbesserung der Vorhersagen von mindestens einem ersten Parameter in Bezug auf eine Fahrstrecke oder Fahrdauer für ein Fahrzeug oder einen Antriebsstrang oder den Verkehr erzielt werden.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorhersage des Verlaufes des ersten Parameters für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt in Schritt e. auf der Basis von zumindest zwei - vorzugsweise höchste Ähnlichkeitsgrade aufweisenden - Referenzverläufen gebildet wird, wobei insbesondere die Referenzverläufe auf Basis ihrer Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf und/oder der Ähnlichkeit des zweiten Parameters der Referenzverläufe und des zweiten Parameters des aktuellen Verlaufs gewichtet werden. Dadurch kann die Genauigkeit der Vorhersage verbessert werden.

In weiterer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest ein dritter Parameter aus einer Parametergruppe „Routeninformation“ mit Information über den zweiten Streckenabschnitt bereitgestellt und bei der Vorhersage des Verlaufes des ersten Parameters für das Ego-Kraftfahrzeug auf dem Abschnitt oder der Fahrstrecke berücksichtigt wird. Dabei wird der Parametergruppe „Routeninformation“ zumindest ein dritter Parameter aus der Gruppe zu erwartende durchschnittliche Verkehrsgeschwindigkeiten, Größe der Schwankungen der Verkehrsgeschwindigkeiten, typische Beschleunigungen oder Verzögerung des Verkehrs, durchschnittliche Fahrzeit, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Straßentopologie, Verkehrsschilder, Verkehrsampeln, Abstände zwischen Fahrzeugen, Witterung, Sichtweite, Geofencing-Beschränkungen, Straßenverhältnisse, Straßenzustand, Verkehrsdichte, Stau, Haltestellen, Haltezeiten, Baustellen, Verkehrsunfälle, Straßensperren, Fahrverbote, Verkehrsbeschränkungen zugeordnet. Mit Geofencing wird das automatisierte Auslösen einer Aktion durch das Überschreiten einer geolokalisierten Begrenzung bezeichnet.

Günstigerweise wird der zumindest eine dritte Parameter aus der Parametergruppe „Routeninformation“ mittels drahtloser Kommunikation, vorzugsweise über Fahrassistenzsysteme, V2V, V2I, V2X und/oder Cloud Computing bereitgestellt.

Im Rahmen der Erfindung ist vorgesehen, dass bei der Vorhersage des Verlaufes des ersten Parameters für einen zukünftigen Zeitpunkt in Schritt e. eine Fahrtzeit zwischen dem aktuellen Ort des Ego-Kraftfahrzeugs und dem Vorhersageort berücksichtigt wird. Somit kann der Verlauf für einen Zeitpunkt in der Zukunft vorhergesagt werden, zu dem sich das Fahrzeug an dem definierten Vorhersageort befindet.

Das Verfahren kann für zumindest zwei Abschnitte der Fahrstrecke durchgeführt werden. Besonders günstig ist es, wenn das Verfahren für ein dynamisch entlang der Fahrstrecke mit dem Ego-Kraftfahrzeug bewegendes Abschnittsfenster laufend durchgeführt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auf verschiedene Antriebsstrangtopologien und -technologien (brennkraftmaschinenbasiert, hybridisiert, voll elektrifiziert, brennstoffzellenbasiert) und Fahrzeugtypen (Passagierfahrzeuge, Nutzfahrzeug, Straßenfahrzeuge, Geländefahrzeuge, Schienenfahrzeuge) anwendbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren erzielt gute Voraussagen für den ersten Parameter, insbesondere im Fall einer begrenzten Datenbank und ist besonders geeignet für Abschnitte der Fahrstrecke, an denen sich der Verkehr im Laufe der Zeit signifikant ändert.

Der aktuelle Parameterverlauf wird direkt in den Vorhersagen berücksichtigt, so dass sich die Vorhersagen schnell und automatisch beispielsweise an spezifische Änderungen im Verkehrsgeschehen anpassen können.

Der Ansatz kann optional auch in Fällen angewendet werden, in denen nur begrenzte oder keine Off-Board-Routen- oder Verkehrsdaten verfügbar sind, insbesondere auf Strecken, die regelmäßig vom Fahrzeug befahren werden und für die daher Daten rein an Bord des Fahrzeugs gesammelt werden können.

Im Prinzip kann der Ansatz auch auf jede Länge der Fahrstrecke angewendet werden, wobei günstigerweise die gesamte Fahrstrecke in diskrete Abschnitte unterteilt wird.

Das Verfahren kann auf beliebige Streckenlängen angewendet werden, und es ist problemlos möglich, verschiedenen Streckenabschnitten in den Vorhersagen unterschiedliche Prioritäten oder Gewichtungen zuzuweisen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der nicht einschränkenden Figuren näher erläutert. Darin zeigen schematisch

Fig. 1 ein Blockdiagramm mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und

Fig. 2 das Prinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 5 ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 6 ein viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren zum vorausschauenden Abschätzen eines Zeit- und/oder Wegverlaufes eines ersten Parameters P1 auf einer Fahrt eines Ego-Kraftfahrzeuges auf einer definierten Fahrstrecke FS oder einem Abschnitt FS1, FS2 der Fahrstrecke FS anhand eines Blockdiagrammes. Das vorausschauende Abschätzen des ersten Parameters P1 über der Fahrstrecke FS oder einem Abschnitt FS1, FS2 der Fahrstrecke FS erfolgt auf der Basis von historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** des ersten Parameters P1, welche auf Referenzfahrten zumindest eines Kraftfahrzeuges auf der definierten Fahrstrecke FS oder zumindest einem Abschnitt FS1, FS2 der Fahrstrecke FS gewonnen und in einer Datenbank abgelegt wurden. Dabei werden im einzelnen folgende Schritte durchgeführt:

- Auswählen zumindest eines ersten Parameters P1 aus den Parametergruppen „Fahren“ DR, „Energie“ EN und/oder „Emissionen“ EM;
- Erstellen oder Bereitstellen einer Datenbank mit zumindest einem aktuellen Verlauf V0 oder einer aktuellen zeitlichen Sequenz S von Verläufen V-4, V-3,

V-2, V-1, V0 des ersten Parameters P1 des Ego-Kraftfahrzeuges über dem Weg d für die Fahrstrecke FS oder zumindest einem Abschnitt FS1, FS2 der Fahrstrecke FS sowie Bereitstellen einer Datenbank mit zumindest einem historischen Referenzverlauf V0* oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz S*, S**, S*** von historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** des ausgewählten ersten Parameters P1 über dem Weg d für die Fahrstrecke FS oder zumindest dem Abschnitt FS1, FS2 der Fahrstrecke FS - der zumindest eine aktuelle Verlauf V0 bzw. die zumindest eine aktuelle zeitliche Sequenz S und der zumindest eine historische Referenzverlauf bzw. die zumindest eine historische zeitliche Sequenz S*, S**, S*** können dabei in separaten Datenbanken oder in einer einzigen Datenbank abgelegt sein;

- Vergleichen des aktuellen Verlaufes V0 oder der aktuellen zeitlichen Sequenz S der aktuellen Verläufe V-4, V-3, V-2, V-1, V0 mit zumindest einem historischen Referenzverlauf V0*, V0**, V0*** oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz S*, S**, S*** von historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***;
- Auswählen zumindest eines historischen Referenzverlaufes V0* oder einer zeitlichen Sequenz S* von historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, welche(r) eine definierte – vorzugsweise die größte - Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf V0 oder mit der aktuellen zeitlichen Sequenz S von aktuellen Verläufen V-4, V-3, V-2, V-1, V0 auf der definierten Fahrstrecke FS oder zumindest dem Abschnitt FS1, FS2 der Fahrstrecke FS aufweist;
- Auffinden und Auswählen zumindest eines konsekutiven historischen Referenzverlaufes V+1*, V+2*, der zeitlich auf den ausgewählten ähnlichen historischen Referenzverlauf V0* oder auf die ausgewählte ähnliche historische Sequenz S* von historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0* folgt, und dass die Vorhersage des zukünftigen Verlaufes V+1, V+2 des ersten Parameters P1 für den zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt t_{0+1} , t_{0+2} auf der Basis des zumindest einen konsekutiven historischen Referenzverlaufes V+1*, V+2* erfolgt.

- Vorhersage zumindest eines zukünftigen Verlaufes $V+1$, $V+2$ des ersten Parameters $P1$ für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt t_{0+1} , t_{0+2} auf der Basis des aufgefundenen ähnlichen historischen Referenzverlaufes $V0^*$ oder der historischen zeitlichen Sequenz S^* von ähnlichen historischen Referenzverläufen $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$.

Unter dem aktuellen Verlauf $V0$ ist ein Verlauf des ersten Parameters $P1$ über dem Weg d auf zumindest einem Abschnitt $FS1$, $FS2$ der Fahrstrecke FS zu verstehen, welcher für den aktuellen Zeitpunkt t_0 erstellt oder bereitgestellt wird. Eine aktuelle zeitliche Sequenz S von Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, $V0$ des ersten Parameters $P1$ ist eine Abfolge von zu definierten Zeitpunkten t_{0-4} , t_{0-3} , t_{0-2} , t_{0-1} , t_0 zeitlich aufeinander folgend aufgezeichneten Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, $V0$ des ersten Parameters $P1$ auf zumindest dem Abschnitt $FS1$, $FS2$ der Fahrstrecke FS zu verstehen, welche den aktuellen Verlauf $V0$ und mindestens einen zeitlich unmittelbar vor dem aktuellen Verlauf $V0$ liegenden Verlauf $V-1$, $V-2$, $V-3$, $V-4$ des ersten Parameters $P1$ beinhaltet.

Ein historischer Referenzverlauf $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, $V0^{**}$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$ ist ein Verlauf des ersten Parameters $P1$ zu einem Zeitpunkt in der Vergangenheit R , der vor dem aktuellen Verlauf $V0$ und/oder der aktuellen Sequenz S von Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, $V0$ liegt. Eine historische Sequenz S^* , S^{**} , S^{***} von historischen Verläufen $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, $V0^{**}$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$ ist eine Abfolge von in definierten Zeitabständen t_{0-4}^* , t_{0-3}^* , t_{0-2}^* , t_{0-1}^* , t_0^* ; t_{0-4}^{**} , t_{0-3}^{**} , t_{0-2}^{**} , t_{0-1}^{**} , t_0^{**} ; t_{0-4}^{***} , t_{0-3}^{***} , t_{0-2}^{***} , t_{0-1}^{***} , t_0^{***} ; zeitlich aufeinander folgend aufgezeichneten historischen Verläufen $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, $V0^{**}$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$ des ersten Parameters $P1$ auf zumindest dem Abschnitt $FS1$, $FS2$ der Fahrstrecke FS zu verstehen, welche zeitlich vor der aktuellen Sequenz S liegt.

Der Parametergruppe „Fahren“ DR weist zumindest einen ersten Parameter $P1$ aus der Gruppe Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrdauer und Fahrzeuggeschwindigkeitsänderungen auf. Die Parametergruppe „Energie“ EN weist zumindest einen ersten Parameter $P1$ aus der Gruppe Energieverbrauch, energetischer Wirkungsgrad, Ladezustand, Tankinhalt und Reichweite auf. Die Parametergruppe „Emissionen“ EM weist zumindest einen ersten Parameter $P1$ aus

der Gruppe Abgasemissionen, Reifenabrieb und Bremsenabrieb auf. Der erste Parameter P1 wird also aus der Gruppe Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrdauer, Fahrzeuggeschwindigkeitsänderungen, Energieverbrauch, energetischer Wirkungsgrad, Ladezustand, Tankinhalt, Reichweite, Abgasemissionen, Reifenabrieb und Bremsenabrieb gewählt.

Für den Vergleich des aktuellen Verlaufes V0 oder der zeitlichen Sequenz S der aktuellen Verläufe V-4, V-3, V-2, V-1, V0 mit den historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** werden – falls vorhanden - beispielsweise Referenzfahrten des Ego-Kraftfahrzeugs und/oder von Kraftfahrzeugen des gleichen Typs wie das Ego-Kraftfahrzeug bevorzugt ausgewählt.

Beim Erstellen der historischen Referenzverläufe V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** wird in vorteilhafter Weise jedem Referenzverlauf V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** jeweils zumindest ein zweiter Parameter P2 aus einer Parametergruppe „Statusinformation“ zugeordnet. Die zweiten Parameter P2 aus der Parametergruppe „Statusinformation“ werden beim Vergleichen und dem Auswählen in den Schritte c. und/oder d. berücksichtigt. Der zweite Parameter P2 kann beispielsweise aus der Gruppe Tageszeit, Wochentag, Feiertag, Monat, Jahreszeit, Ferienzeit, Temperatur, Witterung, Sichtweite, Geofencing-Beschränkungen, Straßenverhältnisse, Straßenzustand, Fahrertyp, Fahrstil, Fahrzeugtyp, Fahrzeugzustand, Verkehrsdichte, Stau, Haltestellen, Haltezeiten, Baustellen, Verkehrsunfälle gewählt werden.

Für jeden historischen Referenzverlauf V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** wird zumindest ein aktueller Statusparameter VP2 des Ego-Kraftfahrzeuges mit dem entsprechenden zweiten Parameter P2 der Parametergruppe „Statusinformation“ des Referenzverlaufes verglichen. Auf der Basis des zumindest einen zweiten Parameters P2 aus der Parametergruppe „Statusinformation“ werden die Referenzverläufe V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** nach Relevanz klassifiziert, wobei insbesondere nur Referenzverläufe V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-

2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** mit höchster Relevanz herangezogen werden.

Für jeden in Betracht gezogenen historischen Referenzverlauf V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** oder für jede in Betracht gezogene Sequenz S*, S**, S*** von historischen Referenzverlauf V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** wird eine Ähnlichkeitsanalyse in Bezug auf den aktuellen Verlauf V0 zum Zeitpunkt t_0 oder in Bezug auf die Sequenz S von aktuellen Verläufen V-4, V-3, V-2, V-1, V0 des ersten Parameters P1 des Ego-Kraftfahrzeuges durchgeführt.

Die Ähnlichkeitsanalyse liefert als Ergebnis zumindest einen ähnlichen historischen Referenzverlauf V0*, V0*** oder zumindest eine Sequenz S*, S*** von historischen Referenzverläufen V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***, welche vordefinierten Ähnlichkeitskriterien genügen. Für die Auswahl des oder der historischen Referenzverläufe V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** werden Referenzverläufe V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0*** mit höchsten Ähnlichkeitsgraden, und/oder höchster Relevanz herangezogen. Wird kein ähnlicher Referenzverlauf gefunden, so kann die Ähnlichkeitsanalyse gegebenenfalls mit gelockerten Ähnlichkeitskriterien wiederholt werden.

Die Ähnlichkeitsanalyse kann beispielsweise mittels eines FIT-Wertes oder mittels Pearson-Korrelation erfolgen, wie im Folgenden für einen durch die Fahrzeuggeschwindigkeit v gebildeten ersten Parameter P1 erläutert ist:

FIT-Wert

$$FIT = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{d=d_1}^{d_2} \sum_{t=t_1}^{t_2} |v(d, t) - v_D(d, t - t^*)|^2}}{\sqrt{\sum_{d=d_1}^{d_2} \sum_{t=t_1}^{t_2} |v(d, t) - \bar{v}([d_1, d_2], [t_1, t_2])|^2}}$$

$v(d, t)$ „gemessene“ Geschwindigkeit an der Weg-Position d zum Zeitpunkt t

$v_D(d, t - t^*)$ Geschwindigkeit eines in der Datenbank abgelegten Referenzverlaufes V* an der Weg-Position d zum Zeitpunkt $t - t^*$
 → das bedeutet es wird zwar eine andere Zeit (da die Datenbank

D nur vergangene Daten enthält) betrachtet (\rightarrow Verschiebung durch $-t^*$ in Bezug auf t), hinsichtlich Position d erfolgt aber keine Variation

$\bar{v}([d_1, d_2], [t_1, t_2])$ Mittelwert aller „gemessenen“ Werte im räumlichen Bereich von d_1 bis d_2 und im zeitlichen Bereich von t_1 bis t_2 . Für D Elemente von d_1 bis d_2 und T Elemente von t_1 bis t_2 ergibt sich also

$$\bar{v}([d_1, d_2], [t_1, t_2]) = \frac{1}{D \cdot T} \sum_{d=d_1}^{d_2} \sum_{t=t_1}^{t_2} v(d, t)$$

Je größer dieser FIT-Wert, desto höher ist die Übereinstimmung.

Je kleiner dieser FIT-Wert, desto geringer ist die Übereinstimmung.

Der FIT-Wert liefert somit direkt ein Ähnlichkeitsmaß für einen räumlichen und zeitlichen Bereich.

Pearson-Korrelation

Der Korrelationskoeffizient $r(t)$ nach Pearson liefert dieses Ähnlichkeitsmaß nur für eine Dimension (hier über die Strecke d) und kann dann über verschiedene Zeitpunkte aufsummiert werden, um ebenfalls eine Aussage über räumliche und zeitliche Ähnlichkeit zu erhalten.

Für den Vergleich von Signalen (hier zu „festgehaltenem“ Zeitpunkt t) ergibt sich hier als Zwischenergebnis:

$$r(t) = \frac{\sum_{d=d_1}^{d_2} (v(d, t) - \bar{v}([d_1, d_2], t)) \cdot (v_D(d, t - t^*) - \bar{v}_D([d_1, d_2], t - t^*))}{\sqrt{\sum_{d=d_1}^{d_2} (v(d, t) - \bar{v}([d_1, d_2], t))^2} \cdot \sqrt{\sum_{d=d_1}^{d_2} (v_D(d, t - t^*) - \bar{v}_D([d_1, d_2], t - t^*))^2}}$$

Je größer $r(t)$, desto höher ist die Übereinstimmung im räumlichen Bereich von d_1 bis d_2 zum Zeitpunkt t .

Je kleiner $r(t)$, desto geringer ist die Übereinstimmung.

Dies kann man nun für weitere Zeitpunkte durchführen und summieren.

$$P = \sum_{t=t_1}^{t_2} r(t)$$

Je größer P , desto höher ist die Übereinstimmung.

Je kleiner P , desto geringer ist die Übereinstimmung.

Weiters kann zumindest ein dritter Parameter P_3 aus einer Parametergruppe „Routeninformation“ mit Information über den zweiten Streckenabschnitt bereitgestellt und bei der Vorhersage des Verlaufes $V+1$, $V+2$ des ersten Parameters P_1 für das Ego-Kraftfahrzeug zum Zeitpunkt t_{0+1} , t_{0+2} der Fahrstrecke FS oder dem untersuchten Abschnitt FS_1 der Fahrstrecke FS berücksichtigt werden. Der dritte Parameter P_3 aus der Parametergruppe „Routeninformation“ beinhaltet Informationen über zu erwartende durchschnittliche Verkehrsgeschwindigkeiten, Schwankungen der Verkehrsgeschwindigkeiten, typische Beschleunigungen oder Verzögerung des Verkehrs, durchschnittliche Fahrzeit, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Straßentopologie, Verkehrsschilder, Verkehrsampeln, Abstände zwischen Fahrzeugen, Witterung, Sichtweite, Geofencing-Beschränkungen, Straßenverhältnisse, Straßenzustand, Verkehrsdichte, Stau, Haltestellen, Haltezeiten, Baustellen, Verkehrsunfälle, Straßensperren, Fahrverbote, Verkehrsbeschränkungen, etc. im zweiten Streckenabschnitt. Diese Informationen werden beispielsweise mittels drahtloser Kommunikation, insbesondere über Fahrassistenzsysteme, $V2V$, $V2I$, $V2X$ und/oder Cloud Computing oder dergleichen bereitgestellt.

Die Fig. 2 und 3 zeigen das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines einfachen ersten Ausführungsbeispiels.

In dem in Fig. 2a) dargestellten dreidimensionalen Diagramm ist für den ersten Parameter P_1 für die Fahrstrecke FS für verschiedene Zeitpunkte t_{0-4} , t_{0-3} , t_{0-2} , t_{0-1} , t_0 entlang der Zeitachse t eine aktuelle zeitlichen Sequenz S von Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, V_0 samt dem aktuellen Verlauf V_0 für den aktuellen Zeitpunkt t_0 in der Gegenwart A , sowie für mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vorausschauend

ermittelte Verläufe $V+1$, $V+2$ für Zeitpunkte t_{0+1} , t_{0+2} in der Zukunft Z über dem Weg d aufgetragen.

Durch Vergleichen von zeitlich benachbarten aufeinanderfolgenden Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, V_0 der aktuellen Sequenz S ist die zeitliche Veränderung der Verläufe $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, V_0 des ersten Parameters P_1 entlang der Zeitachse t ersichtlich. Diese Veränderungen sind beispielsweise auf dynamische Entwicklungen im Verkehrsgeschehen, Veränderungen auf der Fahrstrecke, Veränderungen im Wettergeschehen, Veränderungen der Sichtverhältnisse oder dergleichen zurückzuführen.

Fig. 2b) zeigt ein zweidimensionales Zeit t - Weg d Diagramm mit der aktuellen zeitlichen Sequenz S von Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, V_0 zu den Zeitpunkten t_{0-4} , t_{0-3} , t_{0-2} , t_{0-1} , t_0 , ohne prognostizierte Verläufe $V+1$, $V+2$. Fig. 2c) zeigt ein analoges zweidimensionales Zeit t - Weg d Diagramm mit der aktuellen zeitlichen Sequenz S von Verläufen $V-4$, $V-3$, $V-2$, $V-1$, V_0 zu den Zeitpunkten t_{0-4} , t_{0-3} , t_{0-2} , t_{0-1} , t_0 , samt den zu den Zeitpunkten t_{0+1} , t_{0+2} in der Zukunft Z prognostizierten Verläufen $V+1$, $V+2$.

Die Ermittlung der zukünftigen Verläufe $V+1$, $V+2$ für die Zeitpunkte t_{0+1} , t_{0+2} ist in Fig. 3 anschaulich dargestellt.

Der aktuelle Verlauf V_0 des ersten Parameters P_1 ist beispielsweise ein Durchschnitt einer Anzahl an Verläufen von sich aktuell auf zumindest einem Abschnitt FS_1 , FS_2 der Fahrstrecke FS befindenden und/oder zumindest einen Abschnitt FS_1 , FS_2 der Fahrstrecke FS unmittelbar vorher absolvierten Fahrzeugen. Die Daten dafür können beispielsweise durch sogenanntes Mobile Crowdsourcing gefunden werden. Crowdsourcing bezeichnet im allgemein die Auslagerung traditionell interner Teilaufgaben an eine Gruppe freiwilliger Benutzer, z.B. über das Internet. Unter Mobile Crowdsourcing werden Crowdsourcing Aktivitäten mittels Smartphones oder anderen mobilen Geräten in Verbindung mit satellitenunterstützter Ortung (zum Beispiel GPS) verstanden.

Um in der Zukunft Z liegende Verläufe $V+1$, $V+2$ des ersten Parameters P_1 abzuschätzen, werden historische Verläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, V_0^{**} ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***} durch eine Datenbank bereitgestellt und einer Prognoseprozedur PR mittels des

erfindungsgemäßen Verfahren unterworfen. Dazu wird die aktuelle zeitliche Sequenz S , bestehen aus einem aktuellem Verlauf V_0 zu einem aktuellen Zeitpunkt t_0 und abgespeicherten Verläufen $V-1, V-2, V-3, V-4$, die unmittelbar vorher stattgefundenen Zeitpunkten $t_{0-1}, t_{0-2}, t_{0-3}, t_{0-4}$ zugeordnet sind, mit zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz S^* , welche abgespeicherte historische Referenzverläufe $V_0^*, V-1^*, V-2^*, V-3^*, V-4^*$ beinhaltet, verglichen und einer Ähnlichkeitsanalyse unterworfen. Als Ergebnis der Ähnlichkeitsanalyse werden die historischen Referenzverläufe $V-4^*, V-3^*, V-2^*, V-1^*, V_0^*$ gefunden, deren Abfolge größte Ähnlichkeit mit der aktuellen zeitlichen Sequenz S von Verläufen $V-4, V-3, V-2, V-1, V_0$ aufweist. Nicht ähnliche Referenzverläufe werden ausgeschieden und für die Prognose nicht mehr weiter berücksichtigt.

Danach wird untersucht, ob zu den gefundenen ähnlichen historischen Referenzverläufen $V-4^*, V-3^*, V-2^*, V-1^*, V_0^*$ zumindest ein konsekutiver historischer Referenzverlauf $V+1^*, V+2^*$ gefunden werden kann. In dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel können konsekutiver historischer Referenzverläufe $V+1^*, V+2^*$ zu den Zeitpunkten t_{0+1}^*, t_{0+2}^* gefunden werden. Somit kann die Vorhersage des zukünftigen Verlaufes $V+1, V+2$ des ersten Parameters P_1 für zukünftige Zeitpunkte t_{0+1}, t_{0+2} auf der Basis des zumindest einen konsekutiven historischen Referenzverlaufes $V+1^*, V+2^*$ erfolgen.

Fig. 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei ein Teil der Fahrtstrecke d , beispielsweise ein erster Abschnitt FS_1 der Fahrtstrecke FS , welcher als nächstes zu befahren ist, mit einer höheren Gewichtung G versehen ist als ein weiter entfernt liegender zweiter Abschnitt FS_2 der Fahrtstrecke FS . Der erste Abschnitt FS_1 der historischen Referenzverläufe $V-4^*, V-3^*, V-2^*, V-1^*, V_0^*$ wird bei der Ähnlichkeitsanalyse somit höher gewichtet als der zweite Abschnitt FS_2 .

Fig. 5 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem mehrere zeitliche Sequenzen S^*, S^{**}, S^{***} von zeitlich aufeinanderfolgenden historischen Referenzverläufen $V-4^*, V-3^*, V-2^*, V-1^*, V_0^*, V-4^{**}, V-3^{**}, V-2^{**}, V-1^{**}, V_0^{**}; V-4^{***}, V-3^{***}, V-2^{***}, V-1^{***}, V_0^{***}$ aus der Datenbank in die nähere Auswahl gelangen. Dabei sind die historischen Referenzverläufe $V-4^*, V-3^*, V-2^*, V-1^*, V_0^*$ der historischen zeitlichen Sequenz S^* den Zeitpunkten $t_{0-4}^*, t_{0-3}^*, t_{0-2}^*, t_{0-1}^*, t_0^*$ zugeordnet. Die historischen Referenzverläufe $V-4^{**}, V-3^{**}, V-2^{**}, V-1^{**}, V_0^{**}$ der historischen zeitlichen Sequenz S^{**} sind den Zeitpunkten $t_{0-4}^{**}, t_{0-3}^{**}, t_{0-2}^{**}, t_{0-1}^{**}, t_0^{**}$ zugeordnet.

3^{**} , t_{0-2}^{**} , t_{0-1}^{**} , t_0^{**} zugeordnet und die historischen Referenzverläufe $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***} der historischen zeitlichen Sequenz S^{***} sind den Zeitpunkten t_{0-4}^{***} , t_{0-3}^{***} , t_{0-2}^{***} , t_{0-1}^{***} , t_0^{***} zugeordnet. Die Sequenzen S^* , S^{**} , S^{***} weisen dabei jeweils gleiche Zeitschritte zwischen den Zeitpunkten t_{0-4}^* , t_{0-3}^* , t_{0-2}^* , t_{0-1}^* , t_0^* ; t_{0-4}^{**} , t_{0-3}^{**} , t_{0-2}^{**} , t_{0-1}^{**} , t_0^{**} ; t_{0-4}^{***} , t_{0-3}^{***} , t_{0-2}^{***} , t_{0-1}^{***} , t_0^{***} auf.

Nur die historischen Referenzverläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* , $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, V_0^{**} ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***} mit bester Übereinstimmung werden für die weitere Auswahl und die Vorhersage berücksichtigt, wobei hier die historische zeitliche Sequenz S^{**} aufgrund schlechterer Übereinstimmung verworfen wird... Deshalb wird die historische zeitliche Sequenz S^{**} bei der weiteren Vorhersage des zukünftigen Verlaufes $V+1$, $V+2$ nicht berücksichtigt. Dagegen können zu jeder der historischen zeitlichen Sequenzen S^* und S^{***} jeweils konsekutive historische Referenzverläufe $V+1^*$, $V+2^*$; $V+1^{**}$, $V+2^{**}$ zu den Zeitpunkten t_{0+1}^* , t_{0+2}^* ; t_{0+1}^{**} , t_{0+2}^{**} in der Vergangenheit R gefunden werden. Die Vorhersage des Verlaufes $V+1$, $V+2$ des ersten Parameters P_1 für die Zeitpunkte t_{0+1} , t_{0+2} in der Zukunft Z erfolgt auf der Basis der konsekutiven historischen Referenzverläufe $V+1^*$, $V+2^*$; $V+1^{***}$, $V+2^{***}$. Dabei wird der vorhergesagte Verlauf $V+1$ aus einem Durchschnitt der konsekutiven historischen Referenzverläufe $V+1^*$; $V+1^{***}$ und der vorhergesagte Verlauf $V+2$ aus einem Durchschnitt der konsekutiven historischen Referenzverläufe $V+2^*$; $V+2^{***}$ gebildet.

Die Vorhersage des Verlaufes $V+1$, $V+2$ des ersten Parameters P_1 wird vorteilhafter Weise für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt t_{0+1} , t_{0+2} auf der Basis von zumindest zwei höchste Ähnlichkeitsgrade aufweisenden Referenzverläufen $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***} gebildet.

Die historischen Referenzverläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***} können dabei beispielsweise

- auf Basis ihrer Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf V_0 und/oder
- auf Basis der Ähnlichkeit des zweiten Parameters P_2 der Referenzverläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, V_0^{**} ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***} und des zweiten Parameters VP_2 des aktuellen Verlaufes V_0

gewichtet werden.

Die in Fig. 6 gezeigte Ausführungsvariante unterscheidet sich von Fig. 5 dadurch, dass auf der Basis der historischen zeitlichen Sequenzen S^* , S^{**} , S^{***} nur für den ersten Abschnitt FS1 eine Vorhersage des zukünftigen Verlaufes $V+1$, $V+2$ getätigt wird. Dies ist insbesondere beispielsweise dann von Vorteil, wenn

- für den zweiten Fahrabschnitt FS2 keine vergleichbaren historischen Referenzverläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, $V0^{**}$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$ vorliegen, oder
- die Ähnlichkeitsanalyse ergibt, dass die die vordefinierten Ähnlichkeitskriterien nur für den ersten Abschnitt FS1 zutreffend sind, oder
- nur für den ersten Abschnitt FS1 konsekutive historische Referenzverläufe $V+1^*$, $V+2^*$, $V+1^{**}$, $V+2^{**}$ aufgefunden werden konnten.

Daneben kann die Vorhersage ganz bewusst auf den ersten Abschnitt FS1 beschränkt werden.

In diesen Fällen können für die einzelnen Abschnitte FS1, FS2 jeweils Vorhersagen für zukünftige Verläufe $V+1$, $V+2$ getroffen werden, die auf separaten Prognosen unterschiedlicher historischer Referenzverläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$, $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, $V0^{**}$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$ basieren. Die Prognosen für jeden Abschnitt FS1, FS2 können somit auf der Basis von verschiedenen historischen zeitlichen Sequenzen S^* , S^{**} , S^{***} und historischen Referenzverläufe $V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{**}$, $V-3^{**}$, $V-2^{**}$, $V-1^{**}$, $V0^{**}$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$ getroffen werden.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum vorausschauenden Abschätzen eines Verlaufes zumindest eines ersten Parameters (P1) eines Ego-Kraftfahrzeuges auf einer Fahrt entlang einer definierten Fahrstrecke (FS), auf der Basis von Daten von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***), dadurch gekennzeichnet, dass folgende Schritte durchgeführt werden:
 - a. Auswählen eines ersten Parameters (P1) aus den Parametergruppen „Fahren“ (DR), „Energie“ (EN) und/oder „Emissionen“ (EM);
 - b. Erstellen oder Bereitstellen einer Datenbank mit einem aktuellen Verlauf (V0) oder einer aktuellen zeitlichen Sequenz (S) von Verläufen (V-4, V-3, V-2, V-1, V0) des ersten Parameters (P1) über dem Weg (d) für zumindest einen Abschnitt (FS1, FS2) der Fahrstrecke (FS) sowie einer Datenbank mit zumindest einem historischen Referenzverlauf (V0*, V0**, V0***) oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz (S*, S**, S***) von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) des ausgewählten ersten Parameters (P1) über dem Weg (d) für zumindest den einen Abschnitt (FS1, FS2) der Fahrstrecke (FS);
 - c. Vergleichen des aktuellen Verlaufes (V0) oder der aktuellen zeitlichen Sequenz (S) der Verläufe (V-4, V-3, V-2, V-1, V0) mit zumindest einem historischen Referenzverlauf (V0*, V0**, V0***) oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz (S*, S**, S***) von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*, V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***);
 - d. Auswählen zumindest eines historischen Referenzverlaufes (V0*) oder zumindest einer historischen zeitlichen Sequenz (S*, S***) von historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***), welche(r) eine definierte – vorzugsweise die größte – Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf (V0) oder mit der zeitlichen Sequenz (S) von aktuellen Verläufen (V-4, V-3, V-2, V-1, V0) auf zumindest dem Abschnitt (FS1) der Fahrstrecke (FS) aufweist;

- e. Vorhersage zumindest eines zukünftigen Verlaufes ($V+1$, $V+2$) des ersten Parameters ($P1$) für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt (t_{0+1} , t_{0+2}) auf Basis des in Schritt d. aufgefundenen zumindest einen ähnlichen historischen Referenzverlaufes ($V0^*$) oder der zumindest einen historischen zeitlichen Sequenz (S^* , S^{***}) von ähnlichen historischen Referenzverläufen ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt d. in einem Schritt d2 zumindest ein konsekutiver historischer Referenzverlauf ($V+1^*$, $V+2^*$) aufgefunden und ausgewählt wird, der zeitlich auf den ausgewählten ähnlichen historischen Referenzverlauf ($V0^*$) oder auf die ausgewählte ähnliche historische Sequenz (S^* , S^{***}) von historischen Referenzverläufen ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, $V0^*$; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, $V0^{***}$) folgt, und dass die Vorhersage des zukünftigen Verlaufes ($V+1$, $V+2$) des ersten Parameters ($P1$) für den zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt (t_{0+1} , t_{0+2}) auf der Basis des zumindest einen konsekutiven historischen Referenzverlaufes ($V+1^*$, $V+2^*$; $V+1^{***}$, $V+2^{***}$) erfolgt.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Parametergruppe „Fahren“ (DR) zumindest ein erster Parameter ($P1$) aus der Gruppe Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrdauer, Fahrzeuggeschwindigkeitsänderungen zugeordnet wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Parametergruppe „Energie“ (EN) zumindest ein erster Parameter ($P1$) aus der Gruppe Energieverbrauch, energetischer Wirkungsgrad, Ladezustand, Tankinhalt, Reichweite zugeordnet wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Parametergruppe „Emissionen“ (EM) zumindest ein erster Parameter ($P1$) aus der Gruppe Abgasemissionen, Reifenabrieb, Bremsenabrieb zugeordnet wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass für den Vergleich in Schritt c. Referenzfahrten des Ego-Kraftfahrzeugs und/oder von Kraftfahrzeugen des gleichen Typs wie das Ego-Kraftfahrzeug bevorzugt ausgewählt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass den historischen Referenzverläufen (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) beim Erstellen in Schritt b. jeweils zumindest ein zweiter Parameter (P2) aus einer Parametergruppe „Statusinformation“ zugeordnet wird, wobei der zumindest eine zweite Parameter (P2) aus der Parametergruppe „Statusinformation“ beim Vergleichen und dem Auswählen in den Schritten c. und/oder d. berücksichtigt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Parameter (P2) der Parametergruppe „Statusinformation“ aus der Gruppe Tageszeit, Wochentag, Feiertag, Monat, Jahreszeit, Ferienzeit, Temperatur, Witterung, Sichtweite, Geofencing-Beschränkungen, Straßenverhältnisse, Straßenzustand, Fahrertyp, Fahrstil, Fahrzeugtyp, Fahrzeugzustand, Verkehrsdichte, Stau, Haltestellen, Haltezeiten, Baustellen, Verkehrsunfälle gewählt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden historischen Referenzverlauf (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) zumindest ein aktueller Statusparameter (VP2) des Ego-Kraftfahrzeuges mit dem entsprechenden zweiten Parameter (P2) der Parametergruppe „Statusinformation“ des historischen Referenzverlaufes (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) verglichen wird und auf der Basis des zumindest einen zweiten Parameters (P2) aus der Parametergruppe „Statusinformation“ die Referenzverläufe (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) nach Relevanz klassifiziert werden, wobei vorzugsweise nur historische Referenzverläufe (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**) mit höchster Relevanz für die Schritte c. und/oder d. herangezogen werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c. für jeden in Betracht gezogenen historischen Referenzverlauf (V-4*, V-3*, V-2*, V-1*, V0*; V-4**, V-3**, V-2**, V-1**, V0**; V-4***, V-3***, V-2***, V-1***, V0***) oder für jede historische zeitliche Sequenz (S*,

S^{**} , S^{***}) eine Ähnlichkeitsanalyse in Bezug auf den Verlauf (V_0) des ersten Parameters (P_1) zum aktuellen Zeitpunkt (t_0) oder der aktuellen zeitlichen Sequenz (S) durchgeführt wird, wobei vorzugsweise der Ähnlichkeitsgrad mittels eines FIT-Wertes oder mittels Pearson-Korrelation bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass für die Auswahl in Schritt d. zumindest ein Referenzverlauf ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***}) mit höchster Ähnlichkeit oder zumindest eine historische zeitliche Sequenz (S^* , S^{***}) mit höchster Ähnlichkeit oder eine Kombination aus mehreren historischen Referenzverläufen ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***}) oder historischen zeitlichen Sequenzen (S^* , S^{***}) mit höchsten Ähnlichkeitsgraden, und/oder höchster Relevanz herangezogen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorhersage des Verlaufes ($V+1$, $V+2$) des ersten Parameters (P_1) für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt (t_{0+1} , t_{0+2}) in Schritt e. auf der Basis eines aus zumindest zwei - vorzugsweise höchste Ähnlichkeitsgrade aufweisenden - Referenzverläufen ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***}) gebildeten gemittelten Referenzverlaufes durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorhersage des Verlaufes ($V+1$, $V+2$) des ersten Parameters (P_1) für zumindest einen zukünftigen Zeitpunkt (t_{0+1} , t_{0+2}) in Schritt e. auf der Basis von zumindest zwei - vorzugsweise höchste Ähnlichkeitsgrade aufweisenden - Referenzverläufen ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***}) gebildet wird, wobei insbesondere die Referenzverläufe ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***}) auf Basis ihrer Ähnlichkeit mit dem aktuellen Verlauf (V_0) und/oder der Ähnlichkeit des zweiten Parameters (P_2) der Referenzverläufe ($V-4^*$, $V-3^*$, $V-2^*$, $V-1^*$, V_0^* ; $V-4^{***}$, $V-3^{***}$, $V-2^{***}$, $V-1^{***}$, V_0^{***}) und des zweiten Parameters (P_2) des aktuellen Verlaufs (V_0) gewichtet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein dritter Parameter (P_3) aus einer Parametergruppe „Routeninformation“ mit Information über den zweiten Streckenabschnitt

bereitgestellt und bei der Vorhersage des Verlaufes (V+1, V+2) des ersten Parameters (P1) für das Ego-Kraftfahrzeug auf der Fahrstrecke (FS) oder einem Abschnitt (FS1) der Fahrstrecke (FS) berücksichtigt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Parametergruppe „Routeninformation“ zumindest ein dritter Parameter (P3) aus der Gruppe zu erwartende durchschnittliche Verkehrsgeschwindigkeiten, Größe der Schwankungen der Verkehrsgeschwindigkeiten, typische Beschleunigungen oder Verzögerung des Verkehrs, durchschnittliche Fahrzeit, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Straßentopologie, Verkehrsschilder, Verkehrsampeln, Abstände zwischen Fahrzeugen, Witterung, Sichtweite, Geofencing-Beschränkungen, Straßenverhältnisse, Straßenzustand, Verkehrsdichte, Stau, Haltestellen, Haltezeiten, Baustellen, Verkehrsunfälle, Straßensperren, Fahrverbote, Verkehrsbeschränkungen zugeordnet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine dritte Parameter (P3) aus der Parametergruppe „Routeninformation“ mittels drahtloser Kommunikation, vorzugsweise über Fahrassistenzsysteme, V2V, V2I, V2X und/oder Cloud Computing bereitgestellt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass bei der die Vorhersage des Verlaufes des ersten Parameters (P1) für einen zukünftigen Zeitpunkt in Schritt e. eine Fahrtzeit zwischen dem aktuellen Ort des Ego-Kraftfahrzeug und dem Vorhersageort berücksichtigt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren für zumindest zwei Abschnitte (FS1, FS2) der Fahrtstrecke (FS) wiederholt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren für ein dynamisch entlang der Fahrstrecke (FS) mit dem Ego-Kraftfahrzeug bewegendes Abschnittfenster kontinuierlich durchgeführt wird.

20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahren zum vorausschauenden Abschätzen eines Verlaufes zumindest eines ersten Parameters (P1) eines Ego-Kraftfahrzeuges auf einer Fahrt entlang einer definierten Fahrstrecke (FS) nach einem der Ansprüche 1 bis 19.

25.05.2021
FU

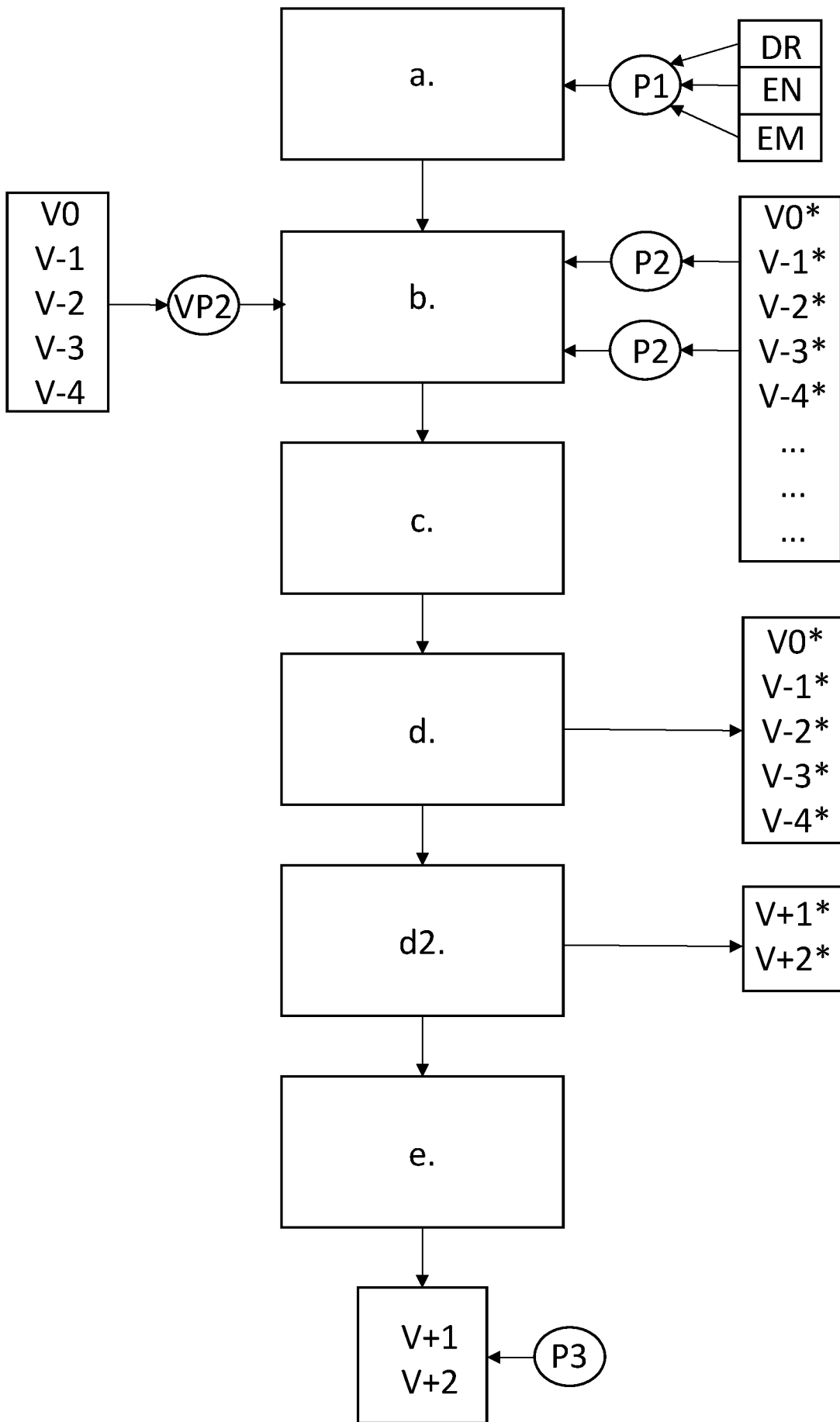


Fig. 1

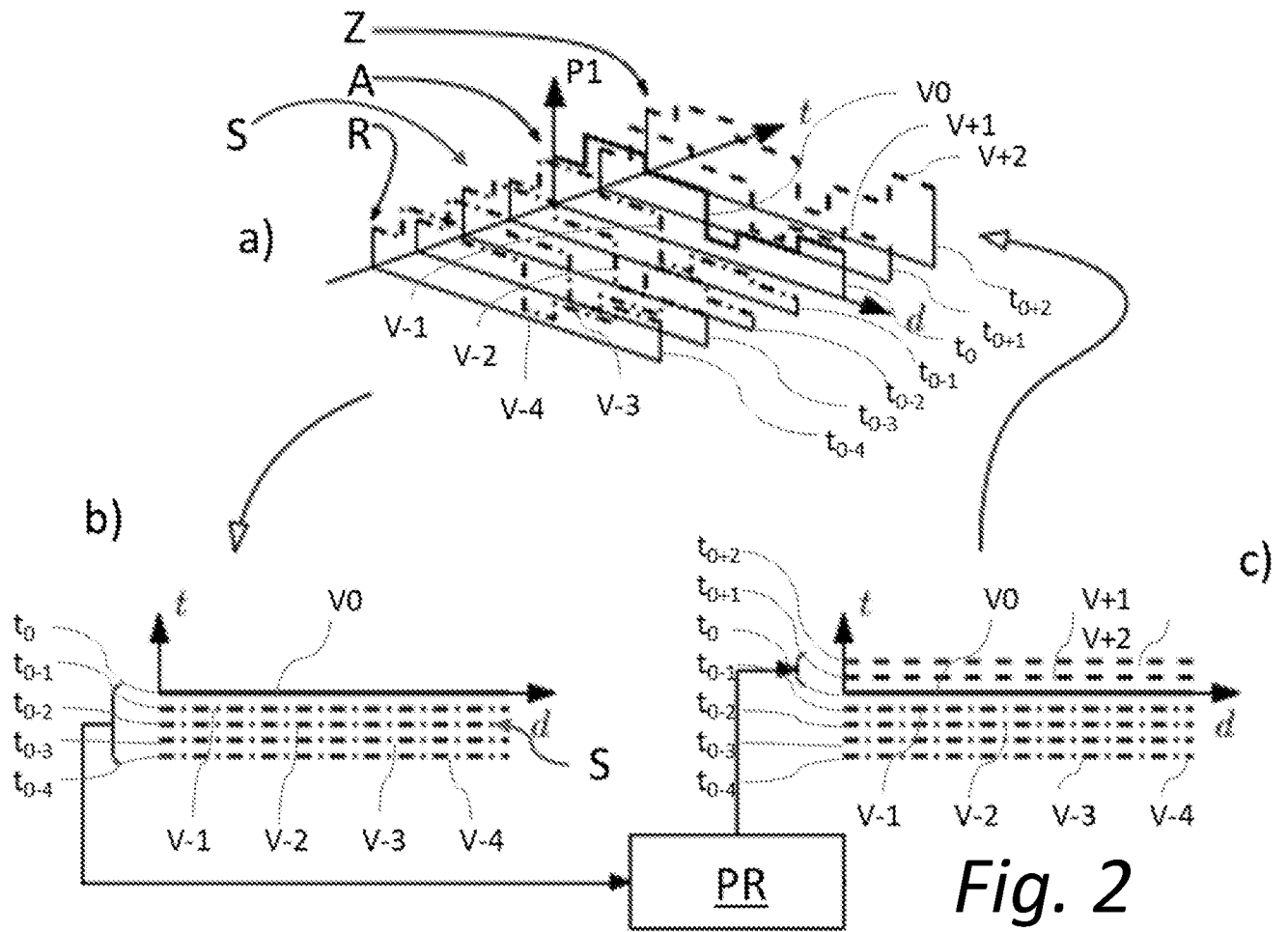


Fig. 2

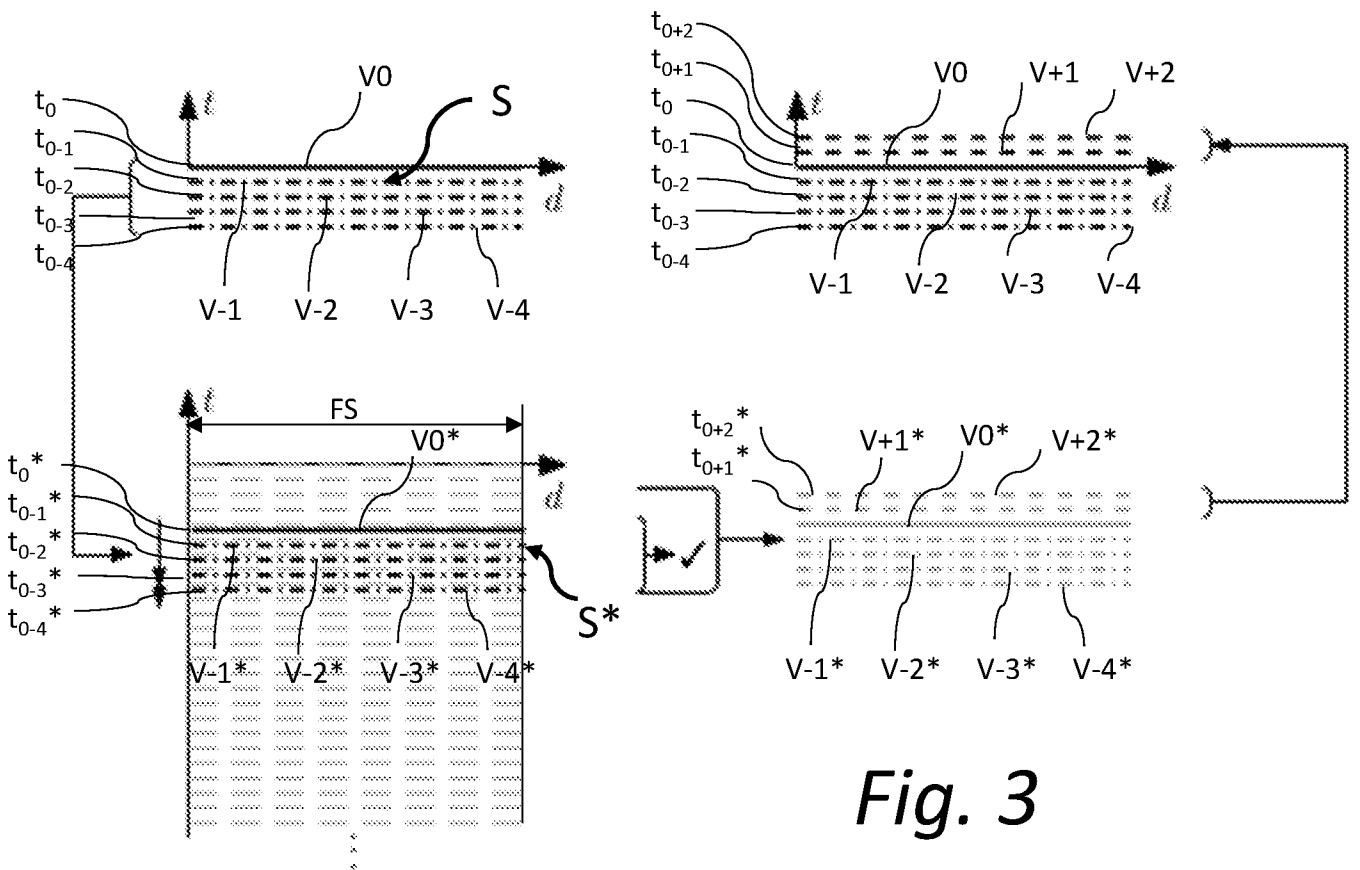
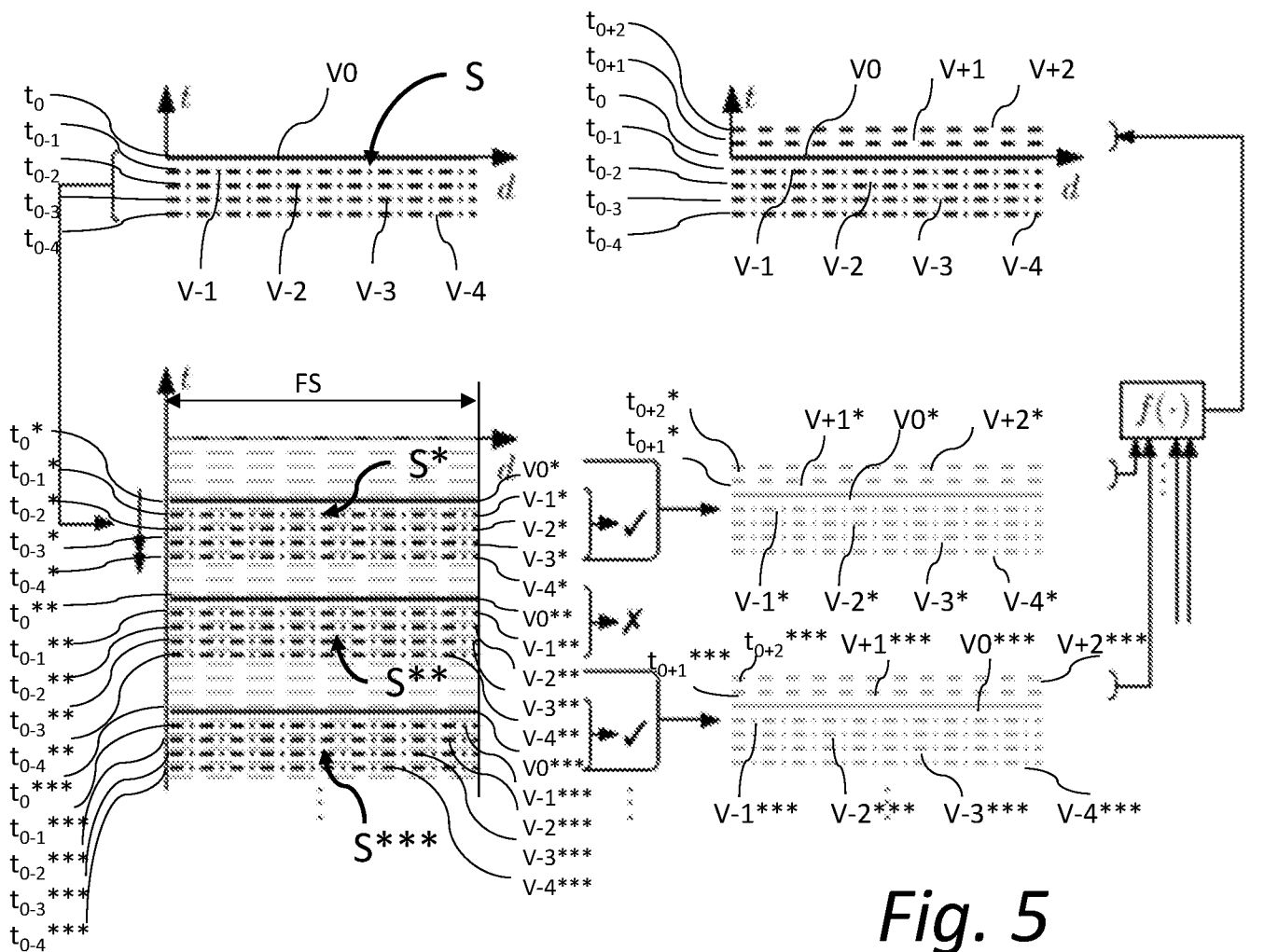
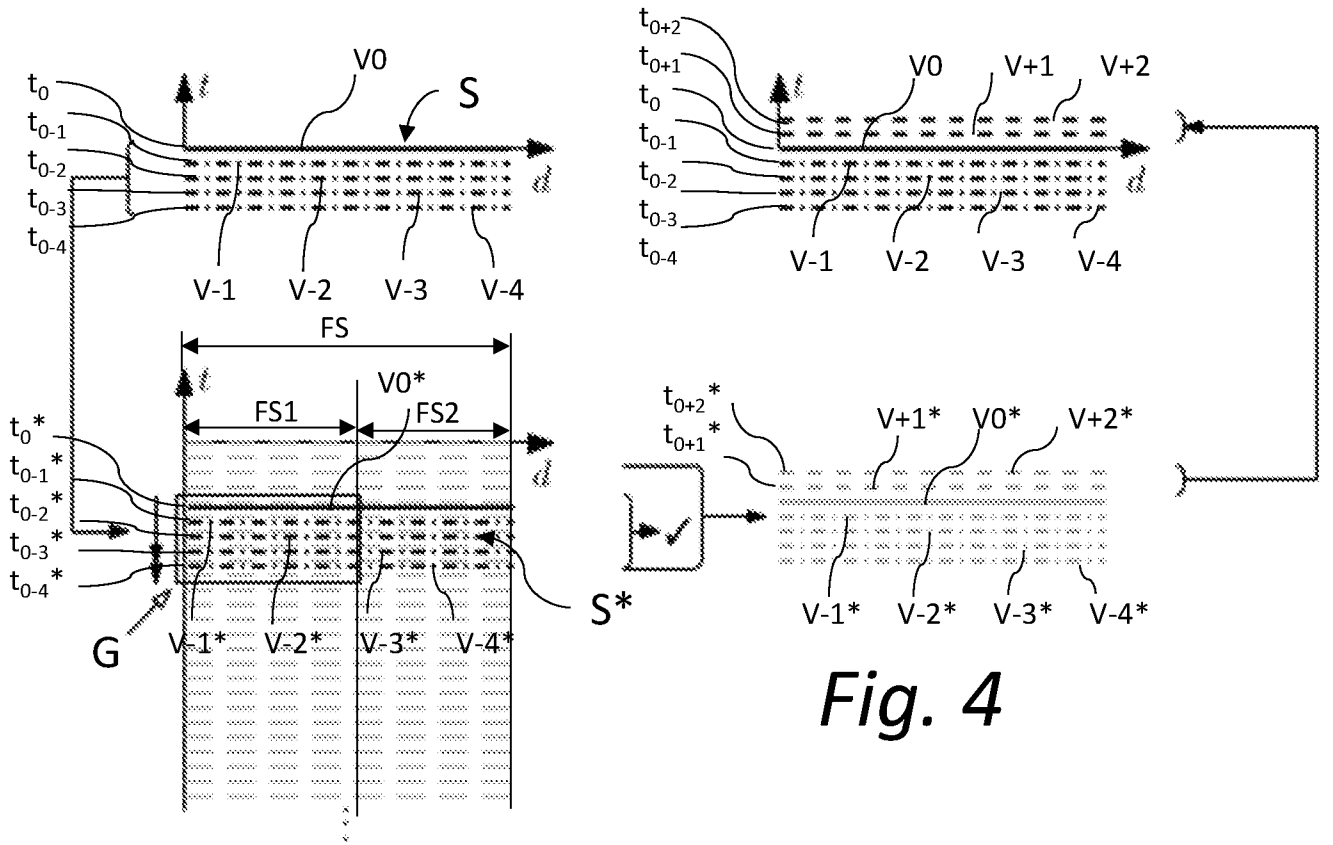


Fig. 3



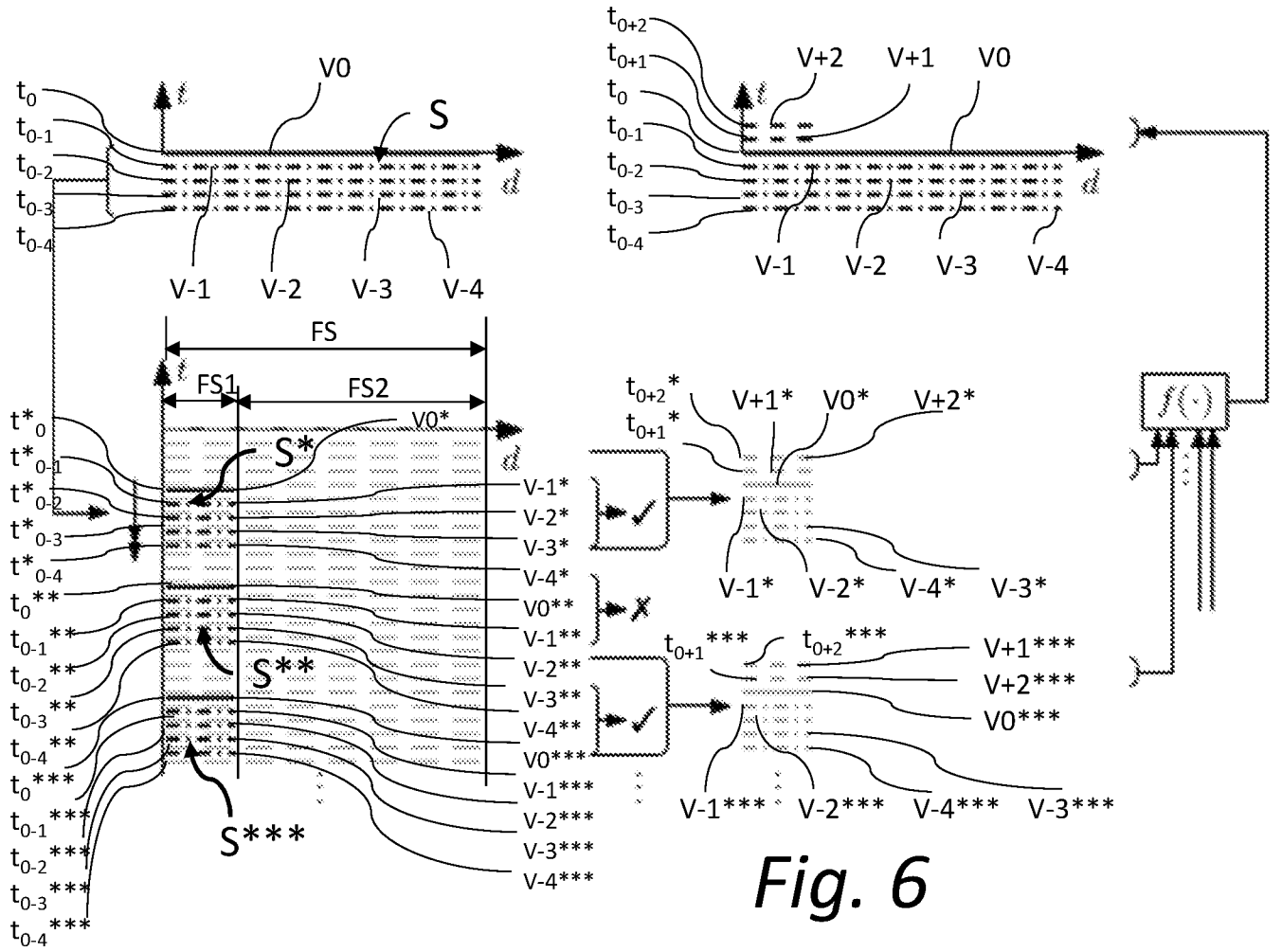


Fig. 6