

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. Januar 2006 (05.01.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/000427 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02D 41/14**,
G06N 3/04

(74) Anwalt: **MAXTON LANGMAACK & PARTNER**;
Postfach 51 08 06, 50944 Köln (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/006830

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juni 2005 (24.06.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 030 782.2 25. Juni 2004 (25.06.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **FEV MOTORENTECHNIK GMBH** [DE/DE];
Neuenhofstrasse 181, 52078 Aachen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BORRMANN, Eric**
[DE/DE]; Kleinmarschierstrasse 43, 52062 Aachen (DE).
SCHERNUS, Christof [DE/DE]; Berger Acker 31, 52385
Nideggen (DE).

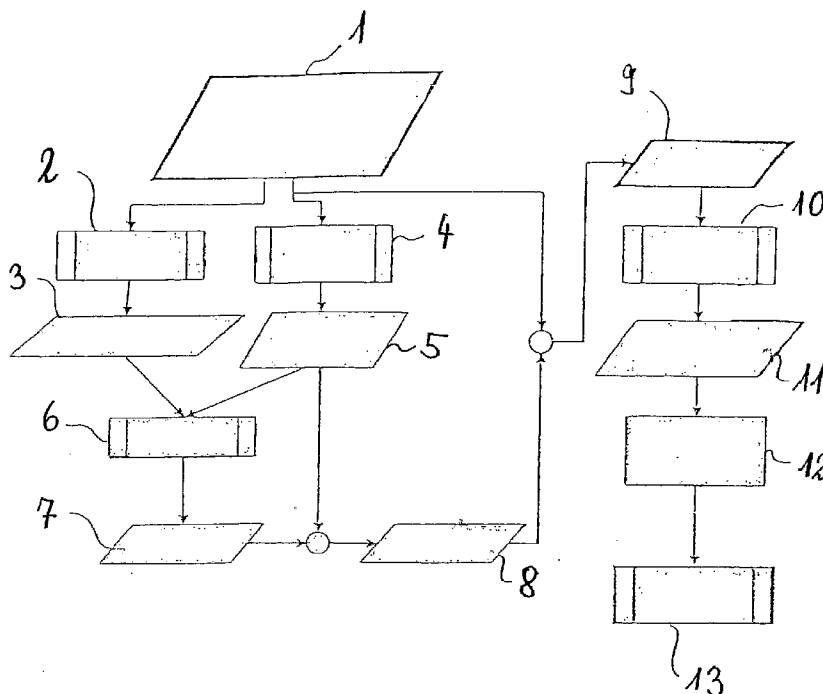
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MOTOR VEHICLE CONTROL DEVICE PROVIDED WITH A NEURONAL NETWORK

(54) Bezeichnung: FAHRZEUG-STEUERGERÄT MIT EINEM NEURONALEN NETZ



(57) Abstract: The invention relates to a motor vehicle control device provided with a neuronal network, wherein one or several backpropagation networks comprising one or several radial-basis functions are coupled. Said invention also relates to a method for using at least one vehicle-specific characteristic diagram, wherein a plurality of input data is processed by means of a neuronal network with the aid of one or several radial-basis functions coupled with one or several backpropagation networks.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/000427 A1



PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fahrzeug-Steuergerät mit einem neuronalen Netz, wobei ein oder mehrere Backpropagation-Netze mit einer oder mehreren Radial-Basis Funktionen gekoppelt sind. Weiterhin wird ein Verfahren zur Erstellung von zumindest einem fahrzeugspezifischen Kennfeld zur Verfügung gestellt, wobei eine Mehrzahl an Eingangsdaten mittels eines neuronalen Netzes über eine oder mehrere Radial-BasisFunktionen, die mit einem oder mehreren Backpropagation-Netzen gekoppelt sind, aufgearbeitet und zu einem Kennfeld verarbeitet werden.

Fahrzeug-Steuergerät mit einem neuronalen Netz

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fahrzeug-Steuergerät mit einem oder mehreren neuronalen Netzen sowie ein Verfahren zur Erstellung von zumindest einem fahrzeug-spezifischen Kennfeld.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, dass bei Fahrzeugen, insbesondere für Verbrennungskraftmaschinen, Parametermodelle zur Vorhersage von Betriebszuständen wie auch zur Regelung eingesetzt werden. So ist beispielsweise aus der WO 01/14704 A1 bekannt, ein Verfahren zur Validierung von Parametermodellen zugrunde liegender Größen vorzunehmen, wobei die Parametermodelle zur Ermittlung von Sollwerten für Betriebsparameter dienen sollen, die einen Betriebsmodus einer Verbrennungskraftmaschine charakterisieren. Aus der DE 100 10 681 A1 ist wiederum ein virtueller Drehmoment-sensor auf Basis neuronaler Netze zur Implementierung in Kraftfahrzeugsteuergeräten bekannt. Hierbei wird auf eine Nachbildung mit einem Berechnungsmodell im Fahrzeugsteuergerät abgestellt, welches verschiedenartige neuronale Netze bzw. Fuzzy-systeme aufweisen soll.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Fahrzeug-Steuergerät vorzusehen, mit dem eine bestmögliche Ausnutzung einer Rechenleistung des Steuergerätes ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird mit einem Fahrzeug-Steuergerät mit den Merkmalen des Anspruches 1 sowie mit einem Verfahren zur Erstellung von zumindest einem fahrzeugspezifischen Kennfeld mit den Merkmalen des Anspruches 18 gelöst. Weitere vorteilhafte Aufgaben und Weiterbildungen sind in den weiteren Ansprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß ist ein Fahrzeug-Steuergerät mit einem neuronalen Netz vorgesehen, wobei ein oder mehrere Backpropagation-Netze mit einer oder mehreren Radial-Basis-Funktionen gekoppelt sind. Vorzugsweise sind eine oder mehrere Radial-Basis-Funktionen als Netze aufgebaut, die den Backpropagation-Netz oder -Netzen vorgelagert sind. Auf diese Weise gelingt es, dass die jeweiligen Vorteile von Backpropagation-Netzen mit Radial-Basis-Funktions-Modellen verknüpft werden können, um darüber ein Fahrzeug-Steuergerät mit der in der Regel beschränkten Rechnerkapazität optimal aus-nutzen zu können.

Das Radial-Basis-Funktionen-Netz, im Folgenden RBF-Netz, wie auch das Backpropagation-Netz sind vorzugsweise als vorwärtsgerichtete Netzwerke ausgebildet. Insbesondere wird hierbei wie auch bei anderen Konstellationen einer Koppelung beider Netze ausgenutzt, dass ein RBF-Netz beispielsweise nur eine verdeckte Schicht aufweist, jedoch auch mehrere Schichten aufweisen kann, während das Backpropagation-Netz beispielsweise ebenfalls nur eine verdeckte Schicht besitzt, gemäß einer Weiterbildung jedoch auch mehrere verdeckte Schichten besitzen kann. Eine Ausgestaltung sieht vor, das RBF-Netz mehrschichtig vorzusehen, während das Backpropagation-Netz vorzugsweise nur mit einer verdeckten Schicht gebildet wird. Vorzugsweise kann eine Ausgangsschicht des Backpropagations-Netzes linear wie auch nicht-linear gewählt werden. Dieses ist insbesondere vom Bedarf abhängig. Weiterhin können beim Backpropagation-Netz Computerknoten von den Neuronen her betrachtet in einer verdeckten Schicht und in einer Ausgabeschicht von gleicher Art sein. Im RBF-Netz ist ein Aufbau der Neuronen in der verdeckten Schicht anders als in der Ausgabeschicht. Weiterhin ist eine verdeckte Schicht im RBF-Netz nicht linear, während die Ausgabeschicht linear ist. Beim Backpropagation-Netz sind vorzugsweise beide Schichten, verdeckte Schicht und Ausgabeschicht, nicht linear. Ein weiterer Vorteil der Kopplung beider Netze ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Aktivierungsfunktion. Während ein Argument der Aktivierungsfunktionen im RBF-Netz der euklidische Abstand zwischen einem Eingabevektor und einem jeweiligen Zentrum ist, kann beim Backpropagation-Netz eine Aktivierungsfunktion vom inneren Produkt des Eingabevektors und des Gewichtungsvektors des jeweiligen Neurons abhängen. Ein weiterer, besonders vorteilhafter Punkt bei der Kombination von Backpropagation-Netzen mit RBF-Netzen ergibt sich dadurch, dass das Backpropagation-Netz dann geeignet ist, in Regionen eines Eingaberaumes eine Approximation vornehmen zu können, in dem wenig oder überhaupt keine Trainingsdaten vorliegen. Das RBF-Netz dagegen weist eine kürzere Trainingszeit auf und reagiert insbesondere weniger empfindlich auf eine Eingabereihenfolge der Trainingsdaten. Dadurch, dass das RBF-Netz für jede beliebige Implementierung einer nicht-linearen Transformation eines Eingaberaumes genutzt werden kann, lassen sich die vom RBF-Netz ermittelten Daten ohne Weiteres in das Backpropagation-Netz übertragen.

Aufgrund der Koppelung von Backpropagation-Netz mit RBF-Netz ist insbesondere eine zeitkritische und echtspeicherkritische Anwendung bei der Berechnung von Kennfelddaten ermöglicht. Das derart aufgebaute neuronale Netz approximiert einen Funktionswert in Abhängigkeit von einem oder mehreren Eingangswerten. Im Bereich der Fahrzeugtechnik handelt es sich bei den approximierten Funktionswerten beispielsweise um eine System-

antwort, das heißt eine Reaktion eines technischen Prozesses des Fahrzeuges auf bestimmte Einflussgrößen. Im Bereich einer Verbrennungskraftmaschine kann dieses ein Luftmassenstrom als Reaktion auf einen Saugrohr-Druck, eine Motordrehzahl und/oder eine Drosselklappenstellung sein.

5

Ein günstiges Approximationsverhalten der Systemantwort durch das neuronale Netz wird erreicht, nachdem die Parameter des neuronalen Netzes für das System geeignet adaptiert worden sind. Dabei wird der Approximationsfehler des Netzes vorzugsweise mit einem nicht-linearen Optimierungsverfahren minimiert. Das Verfahren dieser Adaption soll
10 im Folgenden als Training bezeichnet werden. Für das Training des neuronalen Netzes wird eine größere Anzahl von Eingangs- und zugehörigen Ausgangswerten des zu betrachtenden Prozesses benötigt. Oftmals stehen jedoch eine ausreichende Anzahl derartiger Datensätze messtechnisch nicht mit vertretbarem Aufwand zur Verfügung. Durch die Koppelung eines oder mehrerer RBF-Netze mit einem oder mehreren Backpropagation-
15 Netzen wird jedoch ermöglicht, aus einer geringen Menge an Beobachtungswerten des zu untersuchenden Prozesses die Datenbasis für das Training des oder der neuronalen Netze zu ergänzen. Vorzugsweise wird dabei angenommen, dass die Daten aufgrund einer insgesamt glatten Systemantwort ermittelt werden können. In diesem Zusammenhang bedeutet das Wort "glatt", dass die Systemantwort zwischen Beobachtungspunkten wie
20 auch außerhalb der Beobachtungspunkte keine bis wenige Wendestellen aufweist. Auf diese Weise kann sich der Vorteil eines RBF-Netzes, auf der Basis weniger Trainingsdaten glatte Systemantworten approximieren zu können, mit dem Vorteil des Backpropagation-Netzes verbinden, eine hohe Approximationsgüte zu schaffen.

25 Bevorzugt ist, wenn das RBF-Netz direkt mit dem Backpropagation-Netz gekoppelt ist. Dabei ist kein weiteres, insbesondere Daten veränderndes Element zwischen den beiden Netzen angeordnet. Die Schnelligkeit des RBF-Netzes erlaubt das sofortige Einfließen von im RBF-Netz ermittelten Daten in das angekoppelte Backpropagation-Netz zur Approximierung mittels des neuronalen Netzes. Hierbei können auch ein oder mehrere
30 Rückkoppelungen zwischen beispielsweise dem RBF-Netz und dem Backpropagation-Netz wie auch zwischen dem neuronalen Netz und dem RBF-Netz vorgesehen sein.

Gemäß einer Ausgestaltung ist das neuronale Netz derart aufgebaut, dass bereits verfügbare Ein- und Ausgangsdaten als Lerndaten für das Training des Backpropagation-Netzes
35 zwischen den bekannten Werten sowie begrenzt auch außerhalb von diesen durch virtuelle Lerndaten ergänzt wird. Die virtuelle Lerndaten werden über ein oder mehrere RBF-

Netze ermittelt und dem Backpropagation-Netz übergeben. Auf diese Weise können dem Backpropagation-Netz allein über das RBF-Netz geschaffene Daten übergeben werden. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die vom RBF-Netz übergebenen Daten an das Backpropagation-Netz ergänzt werden durch die Originaldaten, die
5 dem Backpropagation-Netz ebenfalls übergeben werden.

Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass durch eine Ergänzung durch virtuelle Lerndaten eine deutlich reduzierte Anzahl von Messdaten für ein Training der Backpropagation-Netze benötigt wird. Das Verfahren nutzt insbesondere die Fähigkeit von RBF-Netzen zur
10 Approximation glatter Systemantworten, umgeht dabei aber deren hohe Anforderungen an Rechenleistung und Speicherplatz des Echtzeitsystems durch den Einsatz der Backpropagation-Netze.

Anhand eines Beispiels einer Sinus-Funktion im Wertebereich 0 bis 2π wird im Folgenden
15 ein Einsparpotential einer Rechenleistung für eine zweistufige gekoppelte Anwendung von RBF-Netz und Backpropagation-Netz angegeben. Für ein erfolgreiches Training eines Backpropagation-Netzes mit drei Neuronen in einer verdeckten Schicht werden mindestens zwölf Abtastungen der Sinus-Funktion zuzüglich weiterer Validierungsdaten benötigt. Nach einer Regel, dass 50 % der verfügbaren Daten für das Training verwendet werden
20 können, während der Rest für die Validierung verbleiben soll, bedeutet dieses einen Bedarf von 24 Wertepaaren. Damit erreicht das Backpropagation-Netz in diesem Anwendungsfall eine hervorragende Genauigkeit. Ein RBF-Netz erreicht mit sieben Abtastungen als Trainingsdaten ausreichende, mit zehn Abtastungen gute Genauigkeit, wobei wieder jeweils die Validierungsdaten hinzuzurechnen sind. Ein derartiges RBF-Netz kann nun
25 benutzt werden, um zu den sieben bzw. zehn Basiswerten im Trainingsdatensatz Zwischenwerte in beliebiger Anzahl hinzuzufügen. Dieser erweiterte Trainingsdatensatz wird anschließend für die Adaption der Parameter des Backpropagation-Netzes verwendet. Abhängig von der Anzahl der Zwischenwerte und der Approximationsgüte des RBF-Netzes kann die Genauigkeit eines auf diese Weise trainierten Backpropagation-Netzes
30 vergleichbar sein zu der eines Netzes, das mit einer wesentlich höheren Anzahl von reinen Messdaten trainiert worden ist.

Durch die Koppelung von RBF-Netzen mit Backpropagation-Netzen kann ein Umfang experimenteller Untersuchungen reduziert werden. Aufgrund der geringeren Anzahl not-
35 wendiger experimentell ermittelter Datensätze lassen sich Versuchseinsparungen wie auch Testeinsparungen ergeben. Darüber hinaus besteht ebenfalls die Möglichkeit, dass

auf Basis schon vorhandener Messdaten zusätzliche Trainingsdaten generiert werden. Auf diese Weise kann die Approximationsgüte eines in einem Regelungsalgorithmus verwendeten Backpropagation-Netzes verbessert werden. Insbesondere kann das neuronale Netz für Echtzeitsysteme wie auch für Simulationen eingesetzt werden. Auch besteht die Möglichkeit, mit einem derartigen neuronalen Netz fahrzeugspezifische Kennfelder zu generieren, diese auf einem Datenträger zu speichern und beispielsweise bei einer Simulation zu nutzen oder in ein Fahrzeug-Steuergerät aufzuspielen. Auch kann ein derartiges Verfahren auf einem Datenträger gespeichert und in ein Fahrzeug-Steuergerät überspielt werden. Insbesondere besteht die Möglichkeit des Einsatzes in Echtzeitsystemen und/oder auch in Diagnosesystemen.

Bevorzugte Anwendungen des oben beschriebenen Verfahrens bzw. Fahrzeug-Steuergerätes sind beispielsweise:

- 15 a) Der Einsatz in einem Motorsteuergerät. Hierbei können Eingangs- wie auch als Ausgangssignale des Steuergerätes über ein oder mehrere neuronale Netze miteinander gekoppelt sein. Derartige Signale sind beispielsweise eine Motordrehzahl, eine Kurbelwellenposition, ein Drosselklappenwinkel, eine Fahrpedalposition, ein Luftmassenstrom, ein Saugrohrdruck, ein Restsauerstoff im Abgas (Lambda-Wert),
20 eine Motortemperatur, eine Öltemperatur, ein Luftdruck, eine Lufttemperatur, eine Klopfneigung, eine Abgasrückführung, eine Ansaugluftaufladung, eine Tankentlüftung, ein Zündzeitpunkt, eine Einspritzmenge, ein Einspritzzeitpunkt, Ventilöffnungs- wie auch -schließzeiten, und andere mögliche Eingangs- wie Ausgangssignale. Diese Aufzählung ist nur beispielhaft ohne abschließend zu sein. Neben diesen Stell-,
25 Steuer- und Regelgrößen können auch weitere Parameter dargestellt und adaptiert werden. Modellbasiert können dieses auch Systemeigenschaften wie Reibleistung, Wärmeverluste, Kraftstoffqualität und -verdampfungseigenschaften, Brennraumdichtigkeit oder anderes sein. Diese wie auch andere Werte können nicht nur im Motorsteuergerät, sondern auch über andere Steuergeräte ermittelt bzw. geregelt
30 werden. Vorzugsweise ist das Motorsteuergerät mit einem oder mehreren Steuergeräten in Verbindung und weist einen Datenaustausch auf. Der Datenaustausch erfolgt aber vorzugsweise analog oder digital, beispielsweise über einen CAN-Bus, und/oder über eine MOST-Verbindung.
- 35 b) Der Einsatz in einem fahrzeugspezifischen Steuergerät. Gemäß einer ersten Ausgestaltung weist ein Steuergerät für zumindest einen Ventiltrieb ein oben beschrie-

- benes neuronales Netz auf. Gemäß einer zweiten Ausgestaltung weist ein Steuergerät, das auf eine Kraftstoffeinspritzung wirkt, ein derartiges neuronales Netz auf. Gemäß einer dritten Ausgestaltung weist ein Steuergerät ein derartiges neuronales Netz auf, welches auf ein Abgasverhalten eines Fahrzeuges wirkt. Gemäß einer
- 5 vierten Ausgestaltung weist ein Steuergerät, das auf eine Sicherheitseinrichtung wirkt, ein derartiges oben beschriebenes neuronales Netz auf. Vorzugsweise wird mit dem Steuergerät die Sicherheitseinrichtung gesteuert, geregelt und/oder ausgelöst. Beispielsweise kann das Steuergerät eine Fahrzeuglage steuern. Dieses ist beispielsweise mittels eines ESP-Systems möglich. Weitere Sicherheitseinrichtungen
- 10 können sein: Airbags, Lichtsteuerung, Bremsen, Reifenkontrolle, Ölversorgung, Abstandsregelungen zu anderen Fahrzeugen, Gierverhalten des Fahrzeugs, ABS-Systeme, Notsysteme, insbesondere Notlaufsysteme für Motoren, Brandschutzsysteme, Kühlsysteme oder Ähnliches.
- 15 c) Der Einsatz in einem Simulator und/oder Testgerät. Hierbei kann es sich um ein stationäres oder mobiles Gerät handeln. Eine Simulation erfolgt beispielsweise mit einem über Eingangsversuche gewonnenen, spezielle Fahrbereiche, Belastungen und/oder Anforderungsprofile charakterisierenden Datensatz. Durch die Bearbeitung des Datensatzes zuerst mit dem RBF-Netz erhöht sich die Datenmenge, vorzugs-
- 20 weise zumindest um den Faktor 3. Mit diesen Daten erzeugt das Backpropagation-Netz anschließend das Kennfeld. Dieses kann nachfolgend getestet und an dabei gemessenen Größen bewertet und verbessert werden.
- Vorzugsweise wird ein Fahrzeug-Steuergerät mit dem oben beschriebenen neuronalen
- 25 Netz zur Regelung von einem oder mehreren ein Fahrzeug betreffenden Parametern bzw. Einrichtungen genutzt. Auch kann das Fahrzeug-Steuergerät zur Steuerung hierfür eingesetzt werden.
- Das einsetzbare neuronale Netz kann insbesondere mit anderen neuronalen Netzen bzw.
- 30 Fuzzy-Modellen zusätzlich gekoppelt sein. Mögliche Kopplungen können beispielsweise mit neuronalen Modellstrukturen eingegangen werden, wie sie aus der DE 100 10 681 A1 hervorgehen. Im Rahmen dieser Offenbarung wird daher diesbezüglich voll umfänglich auf diese Druckschrift verwiesen.
- 35 Insbesondere bei der Verwendung des oben beschriebenen neuronalen Netzes ist es vorteilhaft, wenn beispielsweise mit bis zu zehn Neuronen bezüglich des RBF-Netzes

gearbeitet wird. Exakte, das heißt interpolierende, RBF können jedoch auch erheblich mehr als zehn Neuronen benötigen, wenn jeder Messpunkt durch ein Neuron besetzt wird. Der numerische Aufwand der Berechnung liegt dann eventuell über dem von Backpropagation-Netzen. Approximierende RBF-Netze können dagegen mit weniger Neu-
5 ronen ausgelegt werden und stellen gemäß einer Weiterbildung eine Alternative zu approximierenden Backpropagation-Netzen dar. Insbesondere besteht auch die Möglichkeit, dass im Rahmen einer Versuchsplanung ein Versuchsraum vorgesehen wird, der teilkorrelierte Daten und/oder nicht-orthogonale Räume vorsieht. Insbesondere ermöglicht das oben beschriebene neuronale Netz das Vorsehen von multilinearen Interpolaritäten, die
10 eventuell nicht stetig differenzierbar in den Messpunkten sind. Gemäß einer Weiterbildung ist eine adaptive Komponentengestaltung durch Nutzung des neuronalen Netzes vorgesehen.

Gemäß einer weiteren Ausbildung ist vorgesehen, dass ein Multilayer-Perceptrance-Netz mit Backpropagation-Learning (MLP) vorgesehen ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass ein Backpropagation-through-time-Netz (BPtT) genutzt wird.
15 Neben dem Einsatz eines ein- oder mehrschichtigen Feed-forward-Netzes können auch ein oder mehrere rekursive neuronale Netze mit oder ohne Eigenrückkopplung ebenfalls vorgesehen werden. Insbesondere kann das neuronale Netz auch eine Gitternetz-Struktur aufweisen bei der eine ein-, zwei- oder mehr-dimensionale Anordnung von Neuronen mit
20 einer dazugehörigen Menge von Knoten die Eingangssignale zu dieser Anordnung weiterreichen. Dieses kann insbesondere in Form von Self-Organizing Maps (SOM) erfolgen.

Gemäß eines weiteren Gedanken der Erfindung können anstelle von einer Backpropagation-Funktion und RBF auch andere approximierende bzw. interpolierende Verfahren eingesetzt werden, wie z.B. LOLIMOT, SOM, gegebenenfalls Spline-Interpolation. Letztere
25 findet insbesondere dann Verwendung, wenn ein Eingangsraum eine begrenzte Multidimensionalität aufweist, so dass eine Rechenzeit in etwa vergleichbar ist zu der bei einem approximierenden neuronalen Netz.

Die vorliegende Erfindung betrifft somit ein Fahrzeug-Steuergerät mit einem neuronalen Netz, wobei ein oder mehrere Backpropagation-Netze mit einer oder mehreren Radial-Basis-Funktionen gekoppelt sind. Weiterhin wird ein Verfahren zur Erstellung von mindestens einem fahrzeugspezifischen Kennfeld zur Verfügung gestellt, wobei eine Mehrzahl von Eingangsdaten mittels eines neuronalen Netzes über eine oder mehrere Radial-
30 Basis-Funktionen, die mit einem oder mehreren Backpropagation-Netzen gekoppelt sind, aufgearbeitet und zu einem Kennfeld verarbeitet werden.
35

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in der nachfolgenden Zeichnung näher erläutert. Die dort dargestellten Ausführungen sind jedoch nicht beschränkend auszulegen. Vielmehr sind die beschriebenen Merkmale allein oder in Zusammenstellung mit den oben beschriebenen Merkmalen zu weiteren Ausgestaltungen verknüpfbar. Es zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel eines neuronalen Netzes,

Fig. 2 eine Parallelschaltung von Steuergeräten mit neuronalen Netzen, und

Fig. 3 eine Anwendung des neuronalen Netzes.

Fig. 1 zeigt ein Beispiel eines Aufbaus eines neuronalen Netzes, wie es vorzugsweise in einem Kraftfahrzeug-Steuergerät integriert vorliegt. Ursprungsdaten 1 werden vorzugsweise angegeben, können aber auch generiert werden. Diese können über Sensoren dem Steuergerät zugeführt werden. Ursprungsdaten 1 weisen insbesondere einen Datensatz bestehend aus mehreren Messungen einer oder mehrerer Ausgangsgrößen eines Systems und der zugehörigen Eingangsgrößen auf. Dieses Systemverhalten soll später durch ein neuronales Backpropagation-Netz approximiert werden. In einem vordefinierten Prozess 2 wird zunächst anhand dieser Ursprungsdaten ein RBF-Netz trainiert. Die Parameter des RBF-Modells liegen anschließend als Datensatz 3 vor. Zugleich wird in einem parallel zu dem RBF-Training ablaufenden Prozess 4 der durch die Ursprungsdaten 1 beschriebene Eingangsraum auf ausreichende Abdeckung hinsichtlich der zur Anregung des später zu trainierenden Backpropagation Netzes geprüft, und zusätzliche virtuelle Eingangsdaten 5 werden bestimmt.

Diese virtuellen Eingangsdaten 5 werden unter Anwendung des Datensatzes 3 der RBF-Netzparameter im Prozess 6 benutzt, um einen virtuellen Systemausgang bzw. eine virtuelle Systemantwort 7 zu erzeugen. Diese virtuelle Systemantwort 7 zusammen mit den virtuellen Eingangsdaten 5 ergeben das virtuelle Systemverhalten 8. Das virtuelle Systemverhalten 8 kombiniert mit den Ursprungsdaten 1 wiederum ergeben erweiterte Trainingsdaten 9. Die erweiterten Trainingsdaten 9 werden zum Training des Backpropagation-Netzes 10 genutzt. Daraus ergibt sich ein Backpropagation-Netz-Modell 11 zur Berechnung der Systemantwort auf eine beliebige Kombination von Eingangsgrößen. Mit diesem Backpropagation-Netz-Modell 11 kann eine Steuergeräte-Implementierung 12

- erfolgen. Über die Steuergeräte-Implementierung 12 erfolgt beispielsweise eine modellbasierte Regelung 13, z.B. einer Verbrennungskraftmaschine. Auf diese wie auch auf andere Art und Weise ist somit ein RBF-Netz einem Backpropagation-Netz vorgeschaltet. Dadurch kann insbesondere ein multidimensionales Aufsuchen und Interpolieren von
- 5 Kennfeldpunkten durch eine kontinuierliche mathematische Approximation, d.h. durch den Ausgang eines MLP ersetzt werden. Die für das Training des MLP erforderliche ausreichende Anregung kann durch Ergänzen des Ausgangs- und Eingangsraumes mittels der virtuellen Eingabedaten und virtuellen Systemantwort erreicht werden.
- 10 Fig. 2 zeigt eine Ausgestaltung, bei der mehrere Steuergeräte 14, 15, 16 parallel zueinander über ein Bussystem 7 verschaltet sind. Diese Verschaltung erlaubt, dass ein neuronales Netz nicht nur auf ein Steuergerät 4, sondern auf eine Mehrzahl von Steuergeräten 14, 15, 16 zurückgreifen und Rechenoperationen parallel ausführen kann. Auf diese Weise kann eine echtzeitbasierte Regelung unter Ausnutzung der vorhandenen Rechenkapazitäten eines Fahrzeuges verbessert werden. Hierbei können gleiche oder unterschiedliche, jedoch mit gleichartigen Komponenten ausgestattete neuronale Netze miteinander gekoppelt sein.
- 15 Fig. 3 zeigt in schematischer Ansicht einen möglichen Einsatz eines Verfahrens zur Erstellung von zumindest einem fahrzeugspezifischen Kennfeld bzw. einen Einsatz eines Fahrzeug-Steuergerätes mit einem neuronalen Netz, wie auch einen Einsatz eines Datenträgers mit einem Programm zur Erstellung einer Simulation für ein Fahrzeug oder zum Aufspielen in ein Fahrzeug-Steuergerät. Das schematisch angedeutete Fahrzeug kann dabei für ein bewegbares Fahrzeug stehen, dass eingesetzt wird. Es kann aber auch für einen stationären Prüfstand stehen, insbesondere einen stationären Prüfstand oder Diagnosestand. In einem Fahrzeug 18 sind ein Motorsteuergerät 19, ein eine Fahrzeuglage überwachendes Steuergerät 20 und ein einen Fahrzeugabstand überwachendes Steuergerät 21 dargestellt. Mit dem den Abstand überwachenden Steuergerät 21 wird beispielsweise ein seitlicher Abstand zu benachbarten Fahrzeugen überwacht. Auch kann ein
- 20 rückwärtiger oder vorwärtsgerichteter Abstand zu Fahrzeugen oder anderen Gegenständen darüber überwacht werden. Mit dem die Fahrzeuglage überwachenden Steuergerät 20 wird beispielsweise ein Antriebsstrang und/oder eine Gierwirkung und/oder ein Drehverhalten von Rädern 22 mitüberwacht und insbesondere geregelt. Das Motorsteuergerät 19 überwacht und regelt insbesondere eine Verbrennungskraftmaschine wie aber auch
- 25 beispielsweise zugehörige Aggregate und Abgaskomponenten wie Filter oder Katalysator. Die Steuergeräte 20, 21, 22 sind vorzugsweise miteinander vernetzt und weisen jeweils
- 30
- 35

zumindest ein neuronales Netz zumindest zur Überwachung, insbesondere aber zur Steuerung und/oder Regelung von Komponenten am Fahrzeug auf. Die für die jeweiligen Komponenten notwendigen Datensätze können beispielsweise mittels Versuch aufgenommen und über einen Computer 23 generiert zu Kennfeldern aufgearbeitet sein. Diese

5 Kennfelder können beispielsweise auf einem Datenträger 24 hinterlegt werden. Der Datenträger 24 kann beispielsweise eine CD-Rom, eine DVD, eine Diskette, eine Festplatte oder ein anders geartetes Speichermedium sein, wie beispielsweise ein Speicher-Chip. Der Datenträger 24 wird vorzugsweise mit einem weiteren schematisch dargestellten Fahrzeug-Steuergerät 25 in Verbindung gebracht, wobei die auf dem Datenträger vorhan-

10 denen Daten wie auch ein oder mehrere Programme auf das Fahrzeug-Steuergerät 25 aufgespielt werden können. Auf diese Weise können neuartige neuronale Netze beispielsweise zur verbesserten Echtzeitberechnung insbesondere zur Regelung von Fahrzeugkomponenten auch schon vorhandenen Fahrzeug-Steuergeräten nachträglich eingebracht werden. Dieses geht natürlich auch durch Auswechseln eines entsprechenden

15 Chipsatzes, der im Fahrzeug-Steuergerät untergebracht ist. Umgekehrt besteht wiederum ebenfalls die Möglichkeit, dass mit dem Fahrzeug 18 Testläufe durchgeführt werden, wobei über entsprechende Datenträger aufgenommene Daten über die Fahrzeug-Steuergeräte 19, 20, 21 gesammelt werden. Diese real gewonnenen Daten können über den Datenträger 24 gespeichert und über den Computer 23 weiter ausgewertet und mit

20 zusätzlich virtuell gewonnenen Daten erweitert werden. Dieses kann insbesondere nach dem in Fig. 1 dargestellten Verfahren ausgeführt werden.

Gemäß einem weiteren Gedanken der Erfindung ergeben sich weitere Anwendungsmöglichkeiten überall dort, wo auf Grundlage weniger Varianten ein geschlossener Zusammenhang durch ein glattes "flaches" mathematisches Backpropagation-, insbesondere

25 MLP-basiertes Modell dargestellt werden soll. Dabei kann das Verfahren der Kopplung von RBF und MLP gegebenenfalls auch losgelöst von der Implementierung in einem Steuergerät gesehen werden.

30 Beispiele hierfür sind in der Luftfahrtindustrie eine Steuerung und Regelung von Strahlantrieben, Fluglage und Klimatisierung, in der Verkehrstechnik eine Steuerung von Ampeln, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Überholverbieten, Dauerlichtzeichen zur Optimierung des Verkehrsflusses, in der Haus- und Klimatechnik beispielsweise eine adaptive Regelung von Hausheizungen, Brennern, solarthermischen Anlagen, in der metallverarbeitenden Industrie beispielsweise eine Überwachung von Qualitätsmerkmalen im Produktions-

35 prozess, z.B. Regelung von Schweißstrom und -vorschub in der schweißtechnischen

- Verbindungstechnik und von Werkstoffeigenschaften von Legierungen, in der chemischen Industrie beispielsweise eine Optimierung von Rezepturen und eine Regelung von Mischungsabläufen und thermischen Zustandsgrößen in Reaktoren sowie von Materialflüssen bei veränderlichen Fließeigenschaften und in der Landwirtschaft beispielsweise eine
- 5 Optimierung des Anbauergebnisses wie auch eine Regelung von Klimatisierung, Bewässerung und Düngung in Zuchtanlagen und Gewächshäusern.

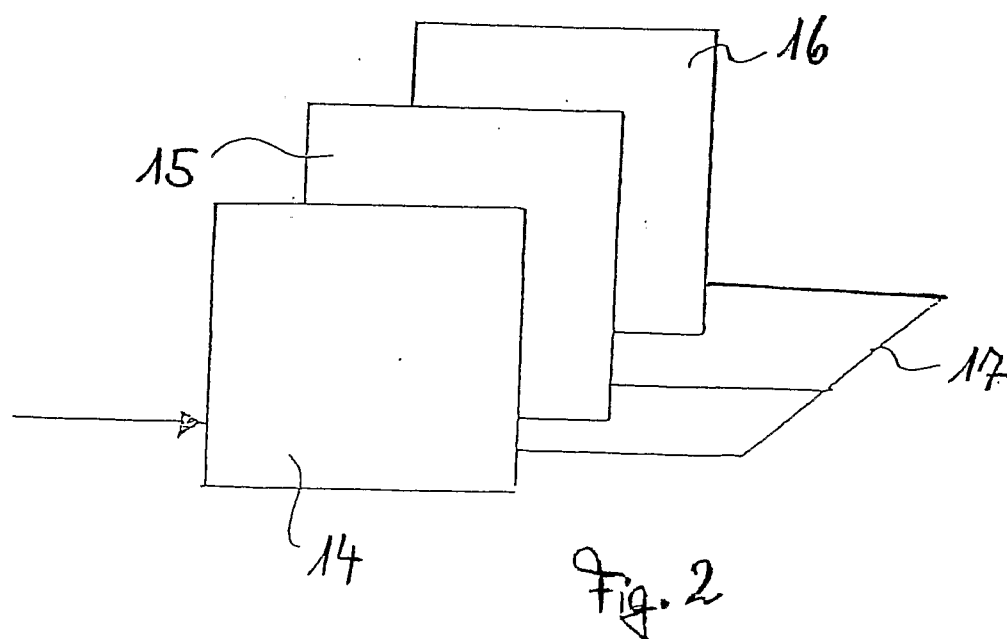
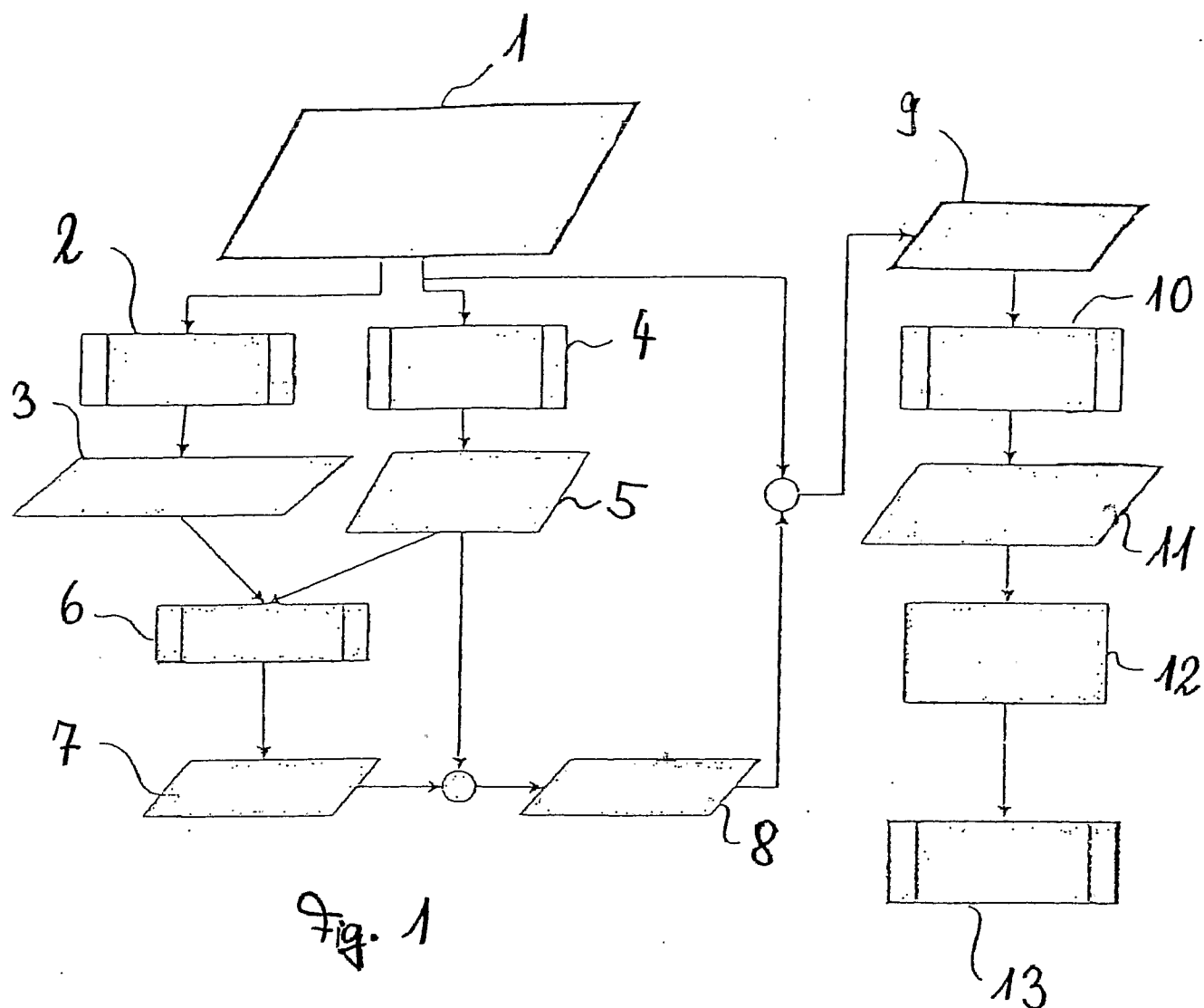
Patentansprüche

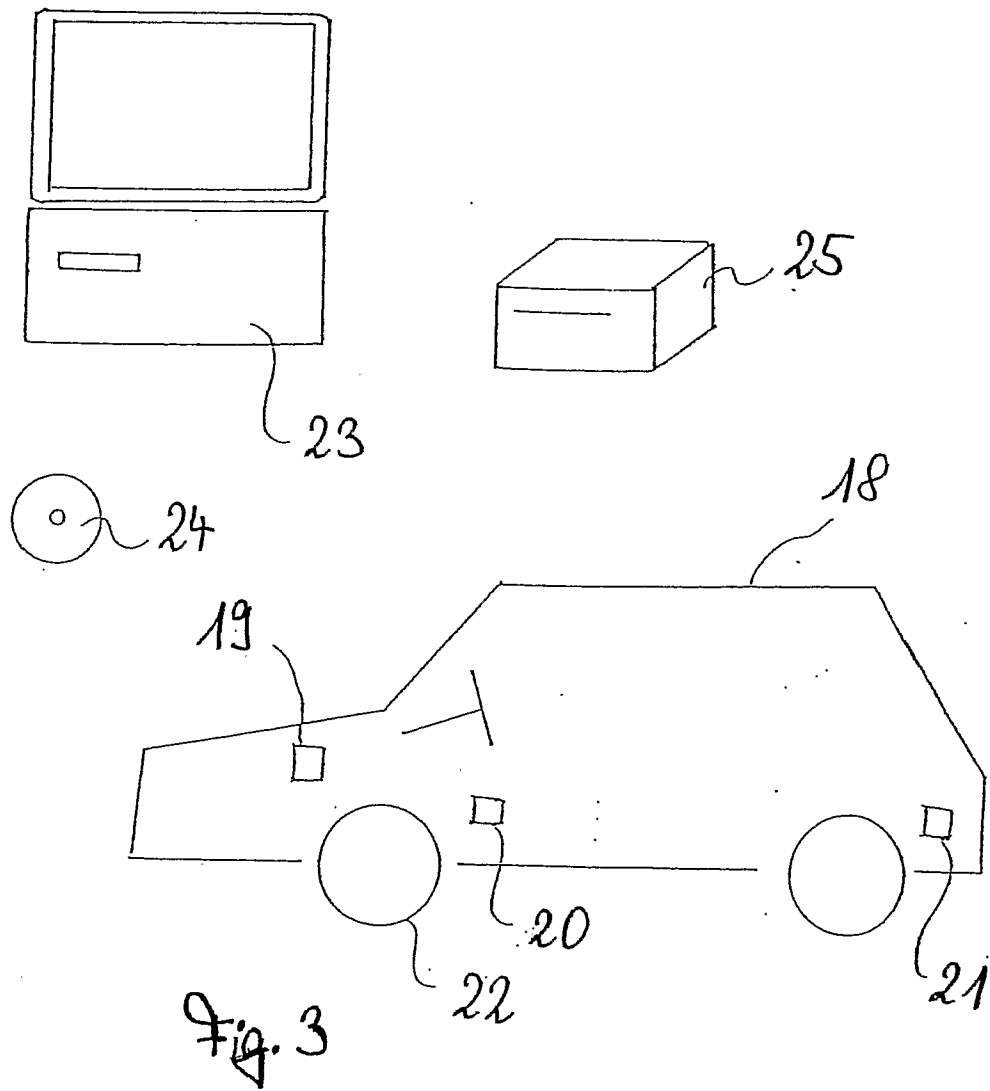
1. Fahrzeug-Steuergerät mit einem neuronalen Netz, wobei ein oder mehrere Backpropagation-Netze mit einer oder mehreren Radial-Basis-Funktionen gekoppelt sind.
5
2. Fahrzeug-Steuergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das neuronale Netz die Radial-Basis-Funktion zum Training des Backpropagation-Netzes aufweist.
10
3. Fahrzeug-Steuergerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Radial-Basis-Funktion direkt mit dem Backpropagation-Netz gekoppelt ist.
4. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Backpropagation-Netz zum Training einen Zugang von Daten ausschließlich von der Radial-Basis-Funktion aufweist.
15
5. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Backpropagation-Netz zum Training einen Zugang von Daten von der Radial-Basis-Funktion und von Eingangsdaten der Radial-Basis-Funktion aufweist.
20
6. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das neuronale Netz in einem Echtzeit-System nutzbar ist.
25
7. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vorgesehen sind:
- zumindest bereits verfügbare Ein- und Ausgangsdaten, die als Lern-
daten für ein Training zumindest eines Backpropagation-Netzes ein-
30 setzbar sind,
- virtuell über zumindest ein RBF-Netz ermittelte Daten, die zwischen den Lerndaten und vorzugsweise außerhalb von den Lerndaten liegen,
- eine direkte Kopplung zwischen Backpropagation-Netz und RBF-Netz
35 mit einer Übergabe zumindest der ermittelten virtuellen Daten vom zumindest einen RBF-Netz an zumindest ein Backpropagation-Netz.

8. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät ein Applikationssteuergerät, insbesondere ein Motorsteuergerät ist.
- 5
9. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät zumindest auf einen Ventiltrieb wirkt.
10. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät auf eine Kraftstoffeinspritzung wirkt.
- 10
11. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät auf ein Abgasverhalten wirkt.
- 15
12. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät eine Sicherheitseinrichtung steuert.
13. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät eine Fahrzeuglage steuert.
- 20
14. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Steuergeräte miteinander zum Datenaustausch und zur Berechnung von Kennfelddaten für das Fahrzeug verbunden sind.
- 25
15. Fahrzeug-Steuergerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Steuergeräte parallel geschaltet sind.
16. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es Bestandteil eines stationären Prüfstandes ist.
- 30
17. Fahrzeug-Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es Bestandteil eines stationären Motorprüfstandes ist.
18. Verfahren zur Erstellung von zumindest einem fahrzeugspezifischen Kennfeld, wobei eine Mehrzahl an Eingangsdaten mittels eines neuronalen Netzes über ein oder mehrere Radial-Basis-Funktionen, die mit einem oder mehreren Backpropa-
- 35

gation-Netzen gekoppelt sind, aufgearbeitet und zu einem Kennfeld verarbeitet werden.

- 5 19. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Radial-Basis-Funktion Daten aufbearbeitet und zum Training an das Backpropagation-Netz weiterreicht.
- 10 20. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Simulation von Bedingungen für ein Fahrzeug durch Berechnung mittels des neuronalen Netzes erfolgt.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass es in einem Steuergerät vollzogen wird.
- 15 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Diagnose von einem Zustand von zumindest einem Teil eines Fahrzeugs verwendet wird.
- 20 23. Datenträger mit einem Programm zur Erstellung einer Simulation für ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruches 14 oder zum Aufspielen in ein Fahrzeug-Steuergerät, insbesondere mit den Merkmalen des Anspruches 1.
- 25 24. Anwendung eines neuronalen Netzes mit den Merkmalen des Anspruches 14 zur Simulation von Daten für ein Fahrzeug oder zum Training von Daten für ein Fahrzeug-Steuergerät mit den Merkmalen des Anspruches 1.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/006830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/14 G06N3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D G06N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MARTINI E. ET AL.: "Effiziente Motorapplikation mit lokal linearen neuronalen Netzen" MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, vol. 2003, no. 5, 1 May 2003 (2003-05-01), XP002344855 paragraphs '0005!, '0006!	1-24
X	YUHUA LI ET AL.: "Applying MLP and RBF classifiers in embedded condition monitoring and fault diagnosis systems" TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL 23, vol. 5(2001), 2001, pages 315-343, XP008052262 page 340 - page 341 ----- -/--	1,18, 22-24

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 September 2005

Date of mailing of the international search report

26/09/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/006830

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LOWE D ET AL: "Validation of neural networks in automotive engine calibration" ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS, FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON (CONF. PUBL. NO. 440) CAMBRIDGE, UK 7-9 JULY 1997, LONDON, UK, IEE, UK, 7 July 1997 (1997-07-07), pages 221-226, XP006507589 ISBN: 0-85296-690-3 page 226	1,18,21,23,24
A	HOLZMANN H ET AL: "Representation of 3-D mappings for automotive control applications using neural networks and fuzzy logic" CONTROL APPLICATIONS, 1997., PROCEEDINGS OF THE 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARTFORD, CT, USA 5-7 OCT. 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 5 October 1997 (1997-10-05), pages 229-234, XP010250906 ISBN: 0-7803-3876-6 the whole document	1-24
A	EP 1 363 005 A (CATERPILLAR INC) 19 November 2003 (2003-11-19) paragraphs '0018! - '0023!	2-5,7,19
A	DE 198 32 967 C1 (SIEMENS AG) 20 April 2000 (2000-04-20) figure 1 page 4, line 44 - page 5, line 22	2-7,19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/006830

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1363005	A	19-11-2003	JP	2003328837 A	19-11-2003
			US	2003217021 A1	20-11-2003
DE 19832967	C1	20-04-2000	NONE		

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/14 G06N3/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02D G06N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	MARTINI E. ET AL.: "Effiziente Motorapplikation mit lokal linearen neuronalen Netzen" MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, Bd. 2003, Nr. 5, 1. Mai 2003 (2003-05-01), XP002344855 Absätze '0005!, '0006! -----	1-24
X	YUHUA LI ET AL.: "Applying MLP and RBF classifiers in embedded condition monitoring and fault diagnosis systems" TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL 23, Bd. 5(2001), 2001, Seiten 315-343, XP008052262 Seite 340 - Seite 341 ----- -/--	1,18, 22-24

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. September 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/09/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	LOWE D ET AL: "Validation of neural networks in automotive engine calibration" ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS, FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON (CONF. PUBL. NO. 440) CAMBRIDGE, UK 7-9 JULY 1997, LONDON, UK, IEE, UK, 7. Juli 1997 (1997-07-07), Seiten 221-226, XP006507589 ISBN: 0-85296-690-3 Seite 226	1,18,21, 23,24
A	HOLZMANN H ET AL: "Representation of 3-D mappings for automotive control applications using neural networks and fuzzy logic" CONTROL APPLICATIONS, 1997., PROCEEDINGS OF THE 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARTFORD, CT, USA 5-7 OCT. 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 5. Oktober 1997 (1997-10-05), Seiten 229-234, XP010250906 ISBN: 0-7803-3876-6 das ganze Dokument	1-24
A	EP 1 363 005 A (CATERPILLAR INC) 19. November 2003 (2003-11-19) Absätze '0018! - '0023!	2-5,7,19
A	DE 198 32 967 C1 (SIEMENS AG) 20. April 2000 (2000-04-20) Abbildung 1 Seite 4, Zeile 44 - Seite 5, Zeile 22	2-7,19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/006830

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1363005	A	19-11-2003	JP	2003328837 A		19-11-2003
			US	2003217021 A1		20-11-2003
DE 19832967	C1	20-04-2000	KEINE			