



BUNDESPATENTGERICHT

17 W (pat) 38/19

(Aktenzeichen)

Verkündet am
29. März 2022

...

BESCHLUSS

In der Beschwerdesache

betreffend die Patentanmeldung 10 2016 104 236.6

...

hat der 17. Senat (Technischer Beschwerdesenat) des Bundespatentgerichts auf die mündliche Verhandlung vom 29. März 2022 unter Mitwirkung des Vorsitzenden Richters Dipl.-Phys. Dr. Morawek, des Richters Dipl.-Phys. Dr. Forkel, der Richterin Akintche und des Richters Dipl.-Phys. Dr. Städele

beschlossen:

Die Beschwerde wird zurückgewiesen.

Gründe

I.

Die vorliegende Patentanmeldung wurde am 9. März 2016 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht. Sie trägt die Bezeichnung

„Verfahren zur Erstellung eines Modells eines technischen Systems“.

Die Anmeldung wurde durch Beschluss der Prüfungsstelle für Klasse G06F des Deutschen Patent- und Markenamtes vom 26. April 2019 aus Gründen des Bescheids vom 12. Oktober 2018 zurückgewiesen. Im genannten Bescheid führte die Prüfungsstelle aus, dass der Gegenstand des (damaligen) Patentanspruches 1 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruhe.

Gegen diesen Beschluss ist die Beschwerde der Anmelderin gerichtet. Sie ist zur mündlichen Verhandlung – wie angekündigt – nicht erschienen.

Die Anmelderin hat mit Eingabe vom 21. März 2022 sinngemäß beantragt,

den angefochtenen Beschluss aufzuheben und das nachgesuchte Patent mit folgenden Unterlagen zu erteilen:

gemäß **Hauptantrag** mit

Patentansprüchen 1 bis 6 vom Anmeldetag;

Beschreibungsseiten 1 bis 14 und

4 Blatt Zeichnungen mit Figuren 1 bis 4 jeweils vom Anmeldetag;

gemäß **Hilfsantrag** mit

Patentansprüchen 1 bis 5 vom 23. Mai 2019;

im Übrigen wie Hauptantrag.

Im Prüfungsverfahren vor dem Deutschen Patent- und Markenamt wurde auf die Druckschriften

D1: DE 10 2011 081 345 A1,

D2: WO 2014/187828 A1

und

D3: US 2005/0201524 A1

hingewiesen.

Vom Senat wurden zwischenzeitlich die Druckschriften

**D4: Nils Tietze: Model-based Calibration of Engine Control Units Using Gaussian Process Regression, Doctoral Thesis, 2015 [recherchiert am 15.11.2021]. Im Internet:
https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/4572/1/20150506_Dissertation_Tietze.pdf,**

**D5: Diego Didona; Paolo Romano: Using Analytical Models to Bootstrap Machine Learning Performance Predictors, 2015 IEEE 21st International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS), 14-17 Dec. 2015, Date Added to IEEE Xplore: 18 January 2016 [recherchiert am 15.11.2021]. Im Internet:
https://www.researchgate.net/profile/Diego-Didona/publication/283087011_Using_Analytical_Models_to_Bootstrap_Machine_Learning_Performance_Predictors/links/562a1dfe08ae04c2aeb153fe/Using-Analytical-Models-to-Bootstrap-Machine-Learning-Performance-Predictors.pdf**

und

D6: Benjamin Berger; Florian Rauscher; Boris Lohmann: Analysing Gaussian Processes for Stationary Black-Box Combustion Engine Modelling, Proceedings of the 18th World Congress, The International Federation of Automatic Control, Milano (Italy) August 28-September 2, 2011, IFAC Proceedings Volumes, Volume 44, Issue 1, January 2011, Pages 10633-10640 [recherchiert am 15.11.2021]. Im Internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016453218>

eingeführt.

Der geltende Patentanspruch 1 gemäß **Hauptantrag**, hier mit einer möglichen Gliederung versehen, lautet (mit redaktioneller Änderung):

- M1** Verfahren
- M2** zur Erstellung eines Modells eines technischen Systems, wobei
- M3** - Messpunkte durch Einstellung von Eingangsgrößen und Messung von Ausgangsgrößen am technischen System bestimmt werden, wobei
- M4** - Simulationspunkte durch Einstellung von Eingangsgrößen und Simulation von Ausgangsgrößen mittels eines physikalisch basierten Modells des technischen Systems bestimmt werden, wobei
- M5** - die Bildung eines ersten datenbasierten Modells einschließlich einer Unsicherheit dieses Modells anhand der Messpunkte erfolgt sowie die Bildung eines zweiten datenbasierten Modells einschließlich einer Unsicherheit dieses Modells anhand der Simulationspunkte erfolgt, wobei

- M6** - das zweite datenbasierte Modell dadurch weitergebildet wird, dass anhand dieses Modells die Eingangsgrößen für eine weitere Simulation von Ausgangsgrößen ausgewählt werden, welche eine maximale Unsicherheit dieses Modells verursachen sowie weiterhin eine Simulation von Ausgangsgrößen anhand dieser ausgewählten Eingangsgrößen erfolgt und der so bereitstehende weitere Simulationspunkt zusätzlich zu den schon bereitstehenden Simulationspunkten einer erneuten Bildung des zweiten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, wobei
- M7** - das erste datenbasierte Modell dadurch weitergebildet wird, dass anhand dieses Modells die Eingangsgrößen für eine weitere Messung von Ausgangsgrößen ausgewählt werden, welche eine maximale Unsicherheit dieses Modells verursachen sowie weiterhin eine Messung von Ausgangsgrößen anhand dieser ausgewählten Eingangsgrößen erfolgt und der so bereitstehende weitere Messpunkt zusätzlich zu den schon bereitstehenden Messpunkten einer erneuten Bildung des ersten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird
- M8** sowie weiterhin der weitere Simulationspunkt dieser erneuten Bildung eines ersten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, welcher auch der erneuten Bildung eines zweiten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, sofern dieser ein Gültigkeitskriterium erfüllt, wobei
- M9** - die Weiterbildung des zweiten datenbasierten Modells wiederholt erfolgt, wobei
- sich mit jeder Wiederholung die Anzahl von Simulationspunkten erhöht, wobei

- M10** - die Weiterbildung des ersten datenbasierten Modells wiederholt erfolgt, wobei
- sich mit jeder Wiederholung die Anzahl von Messpunkten erhöht, und sich mit jeder Wiederholung, bei Erfüllung des Gültigkeitskriterium[**s**] außerdem die Anzahl von Simulationspunkten erhöht, wobei
- M11** - die Weiterbildung des ersten und des zweiten datenbasierten Modells solange wiederholt wird, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist, wobei
- M12** - das erste datenbasierte Modell dem zu erstellenden Modell des technischen Systems entspricht.

Der mit einer denkbaren Gliederung versehene Patentanspruch 1 gemäß **Hilfsantrag** lautet (Änderungen gegenüber Hauptantrag markiert, mit redaktioneller Änderung):

- M1** Verfahren
- M2** zur Erstellung eines Modells eines technischen Systems, wobei
- M2a** das Modell des technischen Systems für eine Kalibrierung der Steuerung/Regelung des technischen Systems zur Verfügung steht, wobei
- M3'** - Messpunkte durch EinstellungVariation von Eingangsgrößen und Messung von Ausgangsgrößen am technischen System bestimmt werden, wobei

- M4'** - Simulationspunkte durch EinstellungVariation von Eingangsgrößen und Simulation von Ausgangsgrößen mittels eines physikalisch basierten Modells des technischen Systems bestimmt werden, wobei
- M5'** - die Bildung eines ersten datenbasierten Modells einschließlich einer Unsicherheit dieses Modells anhand der Messpunkte mittels einer Regressionsanalyse erfolgt sowie die Bildung eines zweiten datenbasierten Modells einschließlich einer Unsicherheit dieses Modells anhand der Simulationspunkte mittels einer Regressionsanalyse erfolgt, wobei
- M6'** - das zweite datenbasierte Modell dadurch weitergebildet wird, dass anhand dieses Modells die Eingangsgrößen für eine weitere Simulation von Ausgangsgrößen ausgewählt werden, welche eine maximale Unsicherheit dieses Modells verursachen sowie weiterhin eine Simulation von Ausgangsgrößen anhand dieser ausgewählten Eingangsgrößen erfolgt und der so bereitstehende weitere Simulationspunkt zusätzlich zu den schon bereitstehenden Simulationspunkten einer erneuten Bildung des zweiten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, so dass dieses Modell danach strebt, seine eigene Zuverlässigkeit zu maximieren, wobei
- M7'** - das erste datenbasierte Modell dadurch weitergebildet wird, dass anhand dieses Modells die Eingangsgrößen für eine weitere Messung von Ausgangsgrößen ausgewählt werden, welche eine maximale Unsicherheit dieses Modells verursachen sowie weiterhin eine Messung von Ausgangsgrößen anhand dieser ausgewählten Eingangsgrößen erfolgt und der so bereitstehende weitere Messpunkt zusätzlich zu den schon bereitstehenden Messpunkten

einer erneuten Bildung des ersten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, so dass dieses Modell danach strebt, seine eigene Zuverlässigkeit zu maximieren,

M8´ sowie weiterhin der weitere Simulationspunkt dieser erneuten Bildung eines ersten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, welcher auch der erneuten Bildung eines zweiten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, sofern dieser ein Gültigkeitskriterium erfüllt, so dass eine Entscheidung getroffen werden kann, ob ein Simulationspunkt zur Verbesserung der Genauigkeit für die Fortbildung des ersten datenbasierten Modells herangezogen werden soll, wobei

M9´ - die Weiterbildung des zweiten datenbasierten Modells wiederholt erfolgt, wobei
~~— sich mit jeder Wiederholung die Anzahl von Simulationspunkten erhöht, wobei~~

M10´ - die Weiterbildung des ersten datenbasierten Modells wiederholt erfolgt, wobei
~~— sich mit jeder Wiederholung die Anzahl von Messpunkten erhöht, und sich mit jeder Wiederholung, bei Erfüllung des Gültigkeitskriterium[s] außerdem die Anzahl von Simulationspunkten erhöht, wobei~~
- sich dadurch eine höhere Zuverlässigkeit des ersten datenbasierten Modells ergibt, dass dieses Modell auf einer breiteren Basis errichtet wird, sowohl aufbauend auf Kombinationen von Eingangs- und Ausgangsgrößen des technischen Systems, die durch Messungen als auch durch Simulationen mittels eines physikalischen Modells gewonnen werden,

- M11** -die Weiterbildung des ersten und des zweiten datenbasierten Modells solange wiederholt wird, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist, wobei
- M12** - das erste datenbasierte Modell dem zu erstellenden Modell des technischen Systems entspricht.

Zu den übrigen Patentansprüchen und den weiteren Einzelheiten wird auf die Akte verwiesen.

II.

Die Beschwerde wurde rechtzeitig eingelegt und ist auch sonst zulässig. Sie hat jedoch keinen Erfolg, da der Gegenstand des jeweiligen Patentanspruchs 1 gemäß Haupt- und Hilfsantrag nicht auf erfinderischer Tätigkeit beruht (§ 1 Abs. 1 in Verbindung mit 4 Satz 1 PatG).

1. Der Gegenstand der Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Erstellung eines Modells eines technischen Systems (Offenlegungsschrift, Abs. [0001]).

Ausweislich der Anmeldung handle es sich bei dem technischen System insbesondere um eine Brennkraftmaschine, bei der Ausgangsgrößen, wie beispielsweise Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch, von Eingangsgrößen, wie beispielsweise Drehzahl, Drehmoment und Kraftstoffdruck, abhängig seien. Bei einer Brennkraftmaschine bewirkten folglich bestimmte Stellgrößen von Aktoren (Eingangsgrößen) wiederum bestimmte Prozessgrößen (Ausgangsgrößen). Die Prozessgrößen seien mittels Sensoren messbar. Allerdings sei es schwierig, die Stellgrößen von Aktoren einer Brennkraftmaschine zu ermitteln, welche bestimmte Ausgangsgrößen bewirken, insbesondere wenn mehrere Aktoren eingesetzt würden. Mit anderen Worten: zum Auffinden

derjenigen Stellgrößen, die bestimmten Ausgangsgrößen bewirken, wie beispielsweise geringe Schadstoffemissionen oder einen geringen Kraftstoffverbrauch, sei eine Variation von Stellgrößen und Messung von Ausgangsgrößen sehr aufwendig (Offenlegungsschrift, Abs. [0002]).

Die Anmeldung geht aus von einem Stand der Technik, wie er in der Druckschrift WO2014187828A1 beschrieben ist. Dort sei eine Methode zur Ermittlung eines Modells für eine Ausgangsgröße eines technischen Systems offenbart, wobei die Ausgangsgröße in nichtlinearer Weise von Eingangsgrößen abhängig sei. Als Modell werde eine Modellstruktur mit Modellparametern vorgegeben, und die Modellparameter würden mittels eines iterativen Verfahrens anhand von gemessenen Ausgangsgrößen optimiert. Anhand dieses datenbasierten Modells könne dann der Einfluss einer Variation von Stellgrößen auf Ausgangsgrößen simuliert werden und es könnten die Stellgrößen bzw. Stellgrößenkombinationen bestimmt werden, welche ein gewünschtes Verhalten des technischen Systems hervorrufen (Offenlegungsschrift, Abs. [0002]).

Weiterhin nennt die Anmeldung die Druckschrift DE102011081345A1. Diese lehre, zur Entwicklung eines technischen Systems ein physikalisches Modell heranzuziehen. Mittels eines solchen physikalisch basierten Modells werde das Verhalten des technischen Systems auf Grundlage von bekannten physikalischen Zusammenhängen mathematisch beschrieben. Damit dieses physikalische Modell das reale Verhalten des technischen Systems bestmöglich beschreibe, sei es einerseits erforderlich, das physikalische Modell unter Berücksichtigung der bekannten Modellparameter zu entwickeln, und andererseits, nicht bekannte Modellparameter anhand von Versuchen zu bestimmen. Die Bestimmung der nicht bekannten Modellparameter erfolge gemäß der Druckschrift DE102011081345A1 mittels eines datenbasierten Modells, d. h. das reale technische System werde vermessen und auf Basis der gemessenen Werte werde ein datenbasiertes Modell trainiert. Daneben werde ein physikalisches Modell erstellt und es erfolge eine erste Bestimmung der Modellparameter anhand der technischen Daten des

technischen Systems. Mittels des datenbasierten Modells würden im weiteren Verlauf die Parameter des physikalischen Modells optimiert. Ferner sei aus dem genannten Stand der Technik bekannt, eine Angabe über die Unsicherheit des datenbasierten Modells bei der Bestimmung der nicht bekannten Parameter des physikalischen Modells zu berücksichtigen, so dass Qualität und Robustheit der Bestimmung dieser Parameter verbessert würden (Offenlegungsschrift, Abs. [0003]). Mittels der aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren sei es jedenfalls möglich, den Versuchsaufwand bei der Entwicklung eines technischen Systems zu reduzieren (Offenlegungsschrift, Abs. [0004]).

Als **Aufgabe** wird in der Anmeldung genannt, den Versuchsaufwand bei der Entwicklung eines technischen Systems noch weiter zu reduzieren und die Genauigkeit der dabei verwendeten Modelle noch weiter zu steigern (Offenlegungsschrift, Abs. [0005]).

Als **Fachmann**, der mit der Aufgabe betraut wird, ein Verfahren zur Erstellung eines Modells eines technischen Systems zu verbessern, ist ein Ingenieur der Fachrichtung Elektrotechnik anzusehen, der mehrjährige Berufserfahrung im Bereich der Steuerungs- und Regelungstechnik hat und der insbesondere über fundierte Kenntnisse in der numerischen Mathematik und den Algorithmen des maschinellen Lernens verfügt.

2. Zu Haupt- und Hilfsantrag

Sowohl dem Haupt- wie auch dem Hilfsantrag kann nicht stattgegeben werden, weil der Gegenstand ihres jeweiligen Patentanspruchs 1 nicht patentfähig ist.

2.1 Zur Lehre des Patentanspruchs 1

Zur Lösung der oben genannten Aufgabe schlägt der Patentanspruch 1 gemäß **Hilfsantrag**, der inhaltlich sämtliche Merkmale des ursprünglichen Patentanspruchs 1 (**Hauptantrag**) umfasst, ein Verfahren zur Erstellung eines

Modells eines technischen Systems vor (Merkmale **M1**, **M2**). Hintergrund ist die Reduzierung des Versuchsaufwands bei der Entwicklung eines technischen Systems sowie die Steigerung der Genauigkeit der dabei verwendeten Modelle (Offenlegungsschrift, Abs. [0005]). Ein technisches System ist z. B. eine Brennkraftmaschine. Ein solches System ist durch Eingangs- und Ausgangsgrößen beschreibbar (Offenlegungsschrift, Abs. [0002]). Das Modell des technischen Systems wird insbesondere für Anwendungen im Rahmen der Entwicklung bzw. Kalibrierung der Steuerung bzw. Regelung des technischen Systems benötigt (Merkmal **M2a**).

Gemäß dem beanspruchten Verfahren werden zwei Modelle, nämlich ein erstes Datenmodell und ein zweites Datenmodell sowie die dazugehörigen Unsicherheiten gebildet. Die Bildung des ersten datenbasierten Modells einschließlich einer Unsicherheit dieses Modells erfolgt anhand von Messpunkten. Die Bildung des zweiten datenbasierten Modells einschließlich einer Unsicherheit dieses Modells erfolgt anhand von Simulationspunkten (Merkmal **M5**). Die Bildung des ersten und zweiten datenbasierten Modells einschließlich der Unsicherheit dieser Modelle erfolgt jeweils mittels einer Regressionsanalyse (Merkmal **M5'**), so dass auf diese Weise eine Angabe der Unsicherheit des betreffenden Modells zur Verfügung steht (Offenlegungsschrift, Abs. [0015]). Eine Angabe der Unsicherheit des jeweiligen Modells entspricht einem Fehlerbereich (Offenlegungsschrift, Abs. [0017]; Fig. 2).

Einerseits werden Messpunkte durch Einstellung bzw. Variation von Eingangsgrößen und Messung von Ausgangsgrößen am technischen System bestimmt und andererseits Simulationspunkte durch Einstellung bzw. Variation von Eingangsgrößen und Simulation von Ausgangsgrößen mittels eines physikalisch basierten Modells des technischen Systems bestimmt (Merkmale **M3**, **M3'**, **M4**, **M4'**).

Im Verlauf des Verfahrens nach Patentanspruch 1 werden die beiden datenbasierten Modelle weitergebildet. So wird das zweite datenbasierte Modell dadurch weitergebildet, dass anhand dieses Modells die Eingangsgrößen für eine weitere Simulation von Ausgangsgrößen ausgewählt werden, welche eine maximale Unsicherheit dieses Modells verursachen. Daraufhin erfolgt eine Simulation von Ausgangsgrößen anhand dieser ausgewählten Eingangsgrößen und der so bereitstehende weitere Simulationspunkt wird zusätzlich zu den schon bereitstehenden Simulationspunkten einer erneuten Bildung des zweiten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt (Merkmal **M6**). Auf diese Weise wird erreicht, die Zuverlässigkeit des zweiten datenbasierten Modells zu erhöhen (Merkmal **M6**).

Das erste datenbasierte Modell wird dadurch weitergebildet, dass anhand dieses Modells die Eingangsgrößen für eine weitere Messung von Ausgangsgrößen ausgewählt werden, welche eine maximale Unsicherheit dieses Modells verursachen. Daraufhin erfolgt eine Messung von Ausgangsgrößen anhand dieser ausgewählten Eingangsgrößen. Der so bereitstehende weitere Messpunkt wird dann zusätzlich zu den schon bereitstehenden Messpunkten einer erneuten Bildung des ersten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt (Merkmal **M7**), so dass auch die Zuverlässigkeit des ersten datenbasierten Modells gesteigert wird (Merkmal **M7**).

Zusätzlich wird auch der weitere Simulationspunkt dieser erneuten Bildung eines ersten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt, welcher auch der erneuten Bildung des zweiten datenbasierten Modells zu Grunde gelegt wird, sofern dieser ein Gültigkeitskriterium erfüllt (Merkmal **M8**). Anhand des Gültigkeitskriteriums kann entschieden werden, ob ein Simulationspunkt zur Verbesserung der Genauigkeit für die Fortbildung des ersten datenbasierten Modells herangezogen wird (Merkmal **M8**).

Gemäß dem Verfahren nach Patentanspruch 1 erfolgt die Weiterbildung des zweiten datenbasierten Modells wiederholt (Merkmal **M9**), so dass sich mit jeder Wiederholung die Anzahl von Simulationspunkten erhöht (Merkmal **M9**).

Die Weiterbildung des ersten datenbasierten Modells erfolgt ebenfalls wiederholt, so dass sich mit jeder Wiederholung die Anzahl von Messpunkten erhöht und sich mit jeder Wiederholung – bei Erfüllung des Gültigkeitskriteriums – außerdem die Anzahl von Simulationspunkten erhöht (Merkmal **M10**). Laut Merkmal **M10** ergibt sich eine höhere Zuverlässigkeit des ersten datenbasierten Modells dadurch, dass die zu Grunde liegenden Kombinationen von Eingangs- und Ausgangsgrößen des technischen Systems sowohl aus Messungen als auch Simulationen mittels eines physikalischen Modells gewonnen werden.

Die Weiterbildung des ersten und zweiten datenbasierten Modells wird solange wiederholt, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist (Merkmal **M11**).

Als Resultat steht das erste datenbasierte Modell als Modell des technischen Systems für Anwendungen im Rahmen der Entwicklung bzw. Kalibrierung der Steuerung bzw. Regelung des technischen Systems zur Verfügung (Merkmal **M12**).

2.2 Die mit dem jeweiligen Patentanspruch 1 gemäß Haupt- und Hilfsantrag beanspruchte Lehre ist so deutlich und vollständig offenbart, dass ein Fachmann sie ausführen kann.

2.3 Der Gegenstand des jeweiligen Patentanspruchs 1 gemäß Haupt- und Hilfsantrag beruht jedoch nicht auf erfinderischer Tätigkeit.

2.3.1 Zur Beurteilung der jeweils beanspruchten Lehren sind die Druckschriften **D4** und **D5** von besonderer Bedeutung.

So führt die Druckschrift **D4**, die als nächstliegender Stand der Technik anzusehen ist, den Fachmann zu einem Verfahren, das dazu dient, ein Modell eines technischen Systems zu erstellen. Das erzeugte Modell steht für eine Kalibrierung der Steuerung bzw. Kalibrierung des technischen Systems zur Verfügung. Das bekannte Verfahren beruht im Wesentlichen auf einer Lokalen Gaußprozess-Regression (LPGR). Der in der **D4** vorgestellte Modellierungsansatz ermöglicht eine flexible und iterative Modellbildung, um robuste und valide dynamische Modelle zu erzeugen. Er kann insbesondere für die Kalibrierung von Motorsteuergeräten eingesetzt werden (Seite VII, unten, siehe „The adapted LGPR approach is employed for the ECU calibration of dynamical automotive systems, which is critical regarding system excitation. ...“ – Merkmale **M1**, **M2**, **M2a**).

Unter Abschnitt 4.1 (Seite 109, „Close-PI Effect“) der **D4** werden für die Kalibrierung eines Dieselmotors die wichtigen Eingangsgrößen genannt, die den Lärm des Dieselmotors („noise of a diesel engine“) beeinflussen. Diese sind die Luftmenge („air mass“), der Ladedruck („boost pressure“), die Voreinspritzung („pilot injection“), der Kraftstoffdruck („rail pressure“), der Steuerungsanlauf („start of control“) und die Verzögerung zwischen Vor- und Haupteinspritzung („delay between pilot injection and main injection“). Insbesondere führt die Verzögerung zwischen Vor- und Haupteinspritzung zu einem starken nicht-linearen Effekt für den Lärm des Dieselmotors, welcher lokal auftritt, wenn die Verzögerung zwischen Vor- und Haupteinspritzung gering ist (Seite 109, zweiter Absatz). Die Figuren 4.6, 4.8 und 4.9 (Seiten 110 bis 113) zeigen die aufgenommenen Messpunkte für die Eingangsgröße „Verzögerung zwischen Vor- und Haupteinspritzung“ und die Ausgangsgröße „Lärm des Dieselmotors“. Die Modellierung des Motors erfolgt mittels verschiedener Regressionsmethoden (GPR, LGPR), deren Resultate miteinander verglichen werden (Seite 113, erster Absatz u. a.). Der Fachmann wird erkennen, dass die Messungen inklusive Modellierung genauso gut für eine Mehrzahl von Ein- und Ausgangsgrößen ausgeführt werden können, deren Werte variiert werden (Merkmale **M3**, **M3'**).

Weiterhin lehrt die **D4**, anhand der aufgenommenen Messpunkte ein datenbasiertes (erstes) Datenmodell zu erstellen (Seite 113, erster Absatz, siehe „Thus the motivation of using LGPR for this regression problem is being able to separate the local effect in order to generate a local model and combine it with the global one.“). Dies geschieht mittels der Lokalen Gaußprozess-Regression, die nicht nur eine Erwartungswertfunktion sondern auch eine Varianzfunktion bereitstellt (Seite 98, Gl. (3.34); Seite 99, Gl. (3.37)). Letztere gibt bekanntlich ein Maß für die Unsicherheit der modellierten Funktion an einem Abfragepunkt. Damit geht ein Teil des Merkmals **M5** bzw. **M5'** aus der **D4** hervor.

Ferner wird anhand der Figuren 4.2 bis 4.4 der **D4** klar, dass der Modellierungsansatz und die grafische Benutzeroberfläche der zugehörigen Modellierungssoftware es erlauben, die Varianz der Gaußprozess-Modellierung anzuschauen und diejenigen Punkte zu bestimmen, die eine hohe Varianz besitzen und damit eine schlechte Prognose darstellen (Seite 108, unten). Dass der Benutzer aber gerade diese Punkte auswählt, um dort neue Messpunkte zu setzen, geht aus der **D4** nicht unmittelbar hervor. Merkmal **M7** bzw. **M7'** ist somit allenfalls teilweise in der **D4** offenbart.

Mittels der Lokalen Gaußprozess-Modellierung kann z. B. der oben genannte Dieselmotor iterativ vermessen werden, während die relevanten Zustandsraumregionen Schritt für Schritt (messtechnisch) erfasst werden und dadurch das Modell kontinuierlich verbessert wird (Seite VII, unten bis Seite VIII, oben, siehe „Using LGPR, it is possible to measure the system iteratively while exploring the relevant state-space regions and improving the quality of the model step by step ...“ - teilweise Merkmale **M10** bzw. **M10'**).

Dass diese Weiterbildung des Gaußprozess-Modells für den Dieselmotor nicht unendlich lange wiederholt werden kann, und somit ein Abbruchkriterium eingeführt werden muss, stellt aus Sicht des Fachmannes eine Selbstverständlichkeit dar (teilweise Merkmal **M11**). Ferner ist klar, dass bei

Erfüllung eines solchen Abbruchkriteriums ein datenbasiertes Modell zur Verfügung steht, dass sich dem realen Verhalten des Dieselmotors gut annähert, diesem also „entspricht“ (Merkmal **M12**).

Weiterhin beschreibt auch die Druckschrift **D5** ein Verfahren zur Erstellung eines Modells eines technischen Systems. Das bekannte Verfahren beruht auf der „Bootstrapping“-Technik, mit der eine Gray-Box-Modellierung durchgeführt wird (Abstract; Fig. 1). Mit dem erstellten Modell wird die Performanz eines Computersystems - also eines technischen Systems - beim elastischen Computing in einer Cloud-Umgebung nachgebildet (Abstract; Seite 3, rechte Spalte, Punkt iii), siehe „the ML is trained on the updated ST and outputs a new application performance model.“ – Merkmale **M1**, **M2**).

Mit Hilfe eines analytischen Modells werden aus diversen Eingangsgrößen x (vgl. Seite 3, linke Spalte, fünfter Absatz, siehe „... the AM is queried to compute a prediction of the performance ...“; Seite 5, linke Spalte, sechster Absatz, siehe „This study is, thus, an example of a modeling/learning problem defined over a large dimensional space (spanning 7 dimensions in our case) and characterized by a complex performance function.“) Vorhersagewerte $am.query(x)$ für die Performanz als Ausgangsgröße bestimmt (Merkmale **M4**, **M4'**), die als simulierte Trainingsdaten ST für eine Black-Box-Modellierung dienen (Seite 3, linke Spalte, Punkt iii)). Im weiteren Verlauf werden die simulierten Trainingsdaten mit Stichproben aus Messpunkten angereichert, die aus Messungen am laufenden System stammen (Seite 3, linke Spalte, letzter Absatz bis Seite 3, rechte Spalte, Punkt iii), siehe „collection of real samples“, „update of the training set“ und „black box model update“). Auch die Merkmale **M3** und **M3'** sind damit in der Lehre der **D5** verwirklicht.

Außerdem wird entsprechend der „Bootstrapping“-Technik ein datenbasiertes Modell (im Folgenden „erstes datenbasiertes Modell“ genannt) anhand von Messpunkten gebildet (Seite 3, rechte Spalte, Punkt iii), siehe „black box model

update (Line 9): the ML is trained on the updated ST and outputs a new application performance model.“). Darüber hinaus sieht das Verfahren der **D5** die Bildung eines weiteren datenbasierten Modells (im Folgenden „zweites datenbasiertes Modell“ genannt) vor, das sich aus den Simulationspunkten $\langle x, am.query(x) \rangle$ des analytischen Modells mittels eines maschinellen Lernschritts ergibt (Seite 3, linke Spalte, Punkt iii), siehe „black box model construction (Line 5): the ML is trained on ST and produces a statistical model of the application’s performance; ...“). Beide Modelle können mittels einer Regressionsanalyse erstellt werden, was sich unmittelbar der **D5** auf Seite 3, linke Spalte entnehmen lässt (siehe Punkt iii): „... note that the ML can be based on alternative algorithms, e. g., Decision Trees (DT), Artificial Neural Networks (ANN) and Support Vector Machines (SVM)...“). Der Fachmann liest an dieser Textstelle mit, dass neben den genannten Algorithmen zur Regressionsanalyse selbstverständlich auch auf einen Gaußprozess zurückgegriffen werden kann, zumal die „Bootstrapping“-Technik ausweislich der **D5** mit beliebigen Algorithmen des maschinellen Lernens implementiert werden kann (Seite 6, linke Spalte, vorletzter Absatz, siehe „... the Bootstrapping technique can be implemented with any black box learner.“). Dem Fachmann ist geläufig, dass ein Gaußprozess zu den Mess- und Simulationspunkten immer auch eine Funktion für die Varianzen bzw. Unsicherheiten an Abfragepunkten bereitstellt. Die Merkmale **M5** und **M5'** sind damit aus der **D5** ableitbar.

In der Lehre der **D5** werden unter Anwendung der Funktionen „MERGE“, „RNN“, „RNR“ und „RNR2“, die Gültigkeitskriterien formulieren, Simulationspunkte dem ersten datenbasierten Modell zu Grunde gelegt. Anhand dieser Kriterien wird entschieden, ob Simulationspunkte, die schon bei der wiederholten Bildung des zweiten datenbasierten Modells herangezogen worden sind, Bestandteil eines Trainingsdatensatzes bleiben und so für eine Fortbildung des ersten datenbasierten Modells herangezogen werden sollen (Seite 4, rechte Spalte, erster Absatz, siehe „incremental refinement“; Seite 4, rechte Spalte, Mitte bis

Seite 5, linke Spalte, siehe Punkte 1) bis 4)). Merkmal **M8** bzw. **M8'** geht somit aus der **D5** hervor.

Die **D5** zeigt, dass sowohl das erste als auch zweite datenbasierte Modell wiederholt weitergebildet werden (Seite 3, siehe „Bootstrapping main loop“ und „Initialization phase“), wobei sich für das zweite datenbasierte Modell mit jeder Wiederholung die Anzahl der Simulationspunkte erhöht (Seite 3, rechte Spalte, Abschnitt A, zweiter Absatz; Seite 4, linke Spalte, zweiter Absatz – Merkmale **M9**, **M9'**). Die Bildung des ersten datenbasierten Modells stützt sich auf Messpunkte aus dem laufenden System und auf Simulationen mittels des analytischen bzw. physikalischen Modells für das technische System, wobei sich mit jeder Wiederholung die Anzahl an Messpunkten erhöht (Seite 4, rechte Spalte, erster Absatz, siehe „This function is responsible for incorporating real samples coming from the running application into the initial synthetic training set ...“ – teilweise Merkmale **M10**, **M10'**).

In der **D5** wird das zweite datenbasierte Modell unter Zugrundelegung von Simulationspunkten aus dem analytischen Modell iterativ so lange weitergebildet, bis es das analytische Modell hinreichend gut approximiert bzw. eine brauchbare Menge an Trainingsdaten zur Verfügung steht, so dass das zweite datenbasierte Modell als zuverlässig angenommen werden kann (Seite 3, rechte Spalte, dritter Absatz, siehe „Then, proceeding iteratively, it aims to find a value x such that training ml over a synthetic training set of size x produces a black box model which well approximates am.“). Ein Abbruchkriterium für die Bildung des zweiten datenbasierten Modells findet sich z. B. in Seite 4, linke Spalte, zweiter Absatz, Punkt iv). Dementsprechend wird das erste datenbasierte Modell unter Zugrundelegung von Messpunkten aus Stichproben ständig weitergebildet, um ungenaue Vorhersagewerte aus dem analytischen Modell zu korrigieren (Seite 4, rechte Spalte, erster Absatz, siehe „... thus allowing the black box model to gradually correct inaccurate performance predictions by the white box model.“). Dass auch die Weiterbildung des ersten datenbasierten Modells über ein

Abbruchkriterium verfügt (z. B. die maximale Anzahl von Online-Messungen), ist selbstverständlich (Merkmal **M11**).

Wird dieses Abbruchkriterium erfüllt, stellt das erste datenbasierte Modell eine gute Näherung für das gewünschte Modell des betrachteten technischen Systems dar (Seite 4, rechte Spalte, erster Absatz, siehe „... it allows for the incremental refinement of the initial performance model.“ - Merkmal **M12**).

2.3.2 Die Würdigung dieses Materials aus dem Stand der Technik ergibt, dass der mit dem jeweiligen Patentanspruch 1 gemäß **Haupt-** und **Hilfsantrag** beanspruchte Gegenstand für den Fachmann nahegelegen hat.

Da der zuständige Fachmann stets bestrebt ist, den Kalibrierprozess von Motorsteuergeräten zu beschleunigen (vgl. **D4**, siehe Abstract), hatte er Veranlassung, sich überall dort kundig zu machen, wo effektive Modellierungsmethoden zum Einsatz kommen. Hierbei konnte er auf Druckschrift **D5** stoßen, die die Anwendung der „Bootstrapping“-Technik auf ein technisches System lehrt. Für ihn lag es auf der Hand, die Lehre der **D5** auf den aus der **D4** bekannten Modellierungsansatz derart anzuwenden, dass neben dem dort beschriebenen Gaußprozess für das Motorsteuergerät ein analytisches Modell bzw. Simulationsmodell nach dem Vorbild der **D5** entsprechend der „Bootstrapping“-Technik implementiert wird, um Simulationspunkte in die Bildung eines mit Messpunkten angereicherten datenbasierten Modells mit einzubeziehen, damit mit vertretbarem Aufwand ein möglichst genaues datenbasiertes Modell erstellt werden kann (vgl. **D5**, Seite 8, rechte Spalte, Abschnitt E, siehe „...if properly tuned, this technique can yield considerable gains in terms of accuracy with respect to AM and ML employed singularly ...“).

Von einer solchen kombinierten Lehre unterscheidet sich die jeweilige Lehre nach dem Patentanspruch 1 gemäß Haupt- und Hilfsantrag nur noch dadurch, dass bei der aus dem Stand der Technik abgeleiteten Lösung keine Auswahl von

Eingangsgrößen für eine Messung bzw. Simulation von Ausgangsgrößen iSd Merkmale **M7** und **M7'** bzw. **M6** und **M6'** stattfindet und dadurch, dass das anspruchsgemäße erste datenbasierte Modell sukzessive mit immer mehr Simulationspunkten angereichert wird bzw. dieses auf einer immer breiteren Basis errichtet wird (restlicher Teil der Merkmale **M10**, **M10'**).

Es liegt jedoch im Bereich des Wissens des Fachmanns, dass bei der Erstellung eines datenbasierten Modells im Rahmen einer automatischen Online-Optimierung Messpunkte gerade an denjenigen Stellen gesetzt werden, wo sich die Unsicherheit der Ausgangsgrößen als besonders hoch erweist. Dieser Umstand ist aus der Black-Box-Modellierung an Verbrennungsmotoren mittels Gaußprozessen hinreichend bekannt und findet sich z. B. in der **D6** (Seite 10634, linke Spalte, Punkt (6) – restlicher Teil von Merkmal **M7**, **M7'**). Ein analoges Vorgehen bei der Erstellung des datenbasierten Modells aus dem analytischen Modell der **D5** vorzusehen, d. h. Simulationspunkte an Stellen äußerst hoher Unsicherheit zu setzen, drängt sich aus statistischen Erwägungen heraus geradezu auf (Merkmal **M6**, **M6'**).

Weiterhin ist das verbliebene Unterschiedsmerkmal, d. h. der restliche Teil von Merkmal **M10** bzw. **M10'** kein technisches.

Beim System gemäß Druckschrift **D5** sind bereits alle erforderlichen Informationen (Daten, Datenstrukturen) und Anwendungen (z. B. *collectSamples()*, *updateKB(ST, D)* oder *ml.train(ST)*) vorhanden, und ihre Verwendung gemäß der „Bootstrapping“-Technik ist beschrieben. Hiervon ausgehend betrifft das Unterschiedsmerkmal lediglich noch die Frage, ob die Bestimmung einer passenden Größe des synthetischen Trainingsdatensatzes *ST* komplett vor der Verarbeitung der Messpunkte zu einem Gray-Box-Modell stattfinden soll (wie in der **D5**, wo die Initialisierungsphase vollständig vor der Updatephase durchlaufen wird) oder ob die Erstellung eines Gray-Box-Modells für jeden Wert *currSize* des synthetischen Trainingsdatensatzes *ST* erfolgen soll (mit einer entsprechend dem

Wert *currSize* iterativ anwachsenden Anzahl von Simulationspunkten). Diese Frage richtet sich aber nicht an den Entwicklungsingenieur. Sie betrifft vielmehr die reine Programmierung und hier insbesondere eine Umsortierung von Rechenoperationen unabhängig von technischen Zusammenhängen, die dem technischen Entwickler im Rahmen einer Spezifikation von einem Systemdesigner vorgegeben wird.

Dass eine solche Umsortierung von Rechenoperationen auf technischen Überlegungen beruht, wurde von der Anmelderin schriftsätzlich auch nicht vorgetragen. Weil das verbliebene Unterscheidungsmerkmal somit zu einer technischen Problemlösung nichts beiträgt, ist es bei der Prüfung auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit nicht zu berücksichtigen (*vgl. T0717/04 v. 28.02.07 – Space game; BGH GRUR 2011, 125 – Wiedergabe topografischer Informationen; BGH GRUR 2013, 275 - Routenplanung*) (restlicher Teil der Merkmale **M10, M10**).

2.3.3 Nach allem ist der Gegenstand des jeweiligen Patentanspruchs 1 gemäß Haupt- und Hilfsantrag durch den den Druckschriften **D4** und **D5** entnehmbaren Stand der Technik nahegelegt und somit nicht patentfähig.

2.4 Mit dem jeweiligen Patentanspruch 1 gemäß Haupt- und Hilfsantrag fallen auch die jeweiligen übrigen Patentansprüche, da über einen Antrag nur einheitlich entschieden werden kann (*BGH GRUR 1997, 120 – Elektrisches Speicherheizgerät*).

Rechtsmittelbelehrung

Gegen diesen Beschluss steht den am Beschwerdeverfahren Beteiligten das Rechtsmittel der Rechtsbeschwerde zu. Da der Senat die Rechtsbeschwerde nicht zugelassen hat, ist sie nur statthaft, wenn gerügt wird, dass

das beschließende Gericht nicht vorschriftsmäßig besetzt war,

1. bei dem Beschluss ein Richter mitgewirkt hat, der von der Ausübung des Richteramtes kraft Gesetzes ausgeschlossen oder wegen Besorgnis der Befangenheit mit Erfolg abgelehnt war,
2. einem Beteiligten das rechtliche Gehör versagt war,
3. ein Beteiligter im Verfahren nicht nach Vorschrift des Gesetzes vertreten war, sofern er nicht der Führung des Verfahrens ausdrücklich oder stillschweigend zugestimmt hat,
4. der Beschluss aufgrund einer mündlichen Verhandlung ergangen ist, bei der die Vorschriften über die Öffentlichkeit des Verfahrens verletzt worden sind, oder
5. der Beschluss nicht mit Gründen versehen ist.

Die Rechtsbeschwerde ist innerhalb eines Monats nach Zustellung des Beschlusses beim Bundesgerichtshof in Karlsruhe, durch eine beim Bundesgerichtshof zugelassene Rechtsanwältin oder durch einen beim Bundesgerichtshof zugelassenen Rechtsanwalt einzulegen.

Dr. Morawek

Dr. Forkel

Akintche

Dr. Städele

Fi