



(11)

**EP 3 954 888 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**16.02.2022 Patentblatt 2022/07**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F02D 41/24 (2006.01)**      **F02D 41/20 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20190678.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F02D 41/247; F02D 41/2467; F02D 2041/2051;**  
**F02D 2041/2055; F02D 2200/063**

(22) Anmeldetag: **12.08.2020**

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

(71) Anmelder: **Sonplas GmbH**  
**94315 Straubing (DE)**

(72) Erfinder:  

- **SANTL, Martin**  
**94371 Rattenberg (DE)**
- **BIEDERER, Claus**  
**94360 Mitterfels (DE)**
- **ULLRICH, Simon**  
**94315 Straubing (DE)**

(74) Vertreter: **Wunderlich & Heim Patentanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Irmgardstraße 3**  
**81479 München (DE)**

### (54) VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINESEREIGNISSES UND PRÜFANLAGE ZUR PRÜFUNG EINES BAUTEILS

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Ereignisses mittels eines Referenzkurvenverlaufs und eines Messkurvenverlaufs, wobei der Referenzkurvenverlauf mit dem Messkurvenverlauf zu einem verknüpften Kurvenverlauf arithmetisch verknüpft wird und aus dem Ergebnis ein Ereignis durch Detektion eines lokalen Maximums ermittelt wird. Entsprechend der Erfindung werden mehrere Referenzkurvenverläufe aufgezeichnet, welche zu einem gemittelten Referenzkurven-

verlauf gemittelt werden. Der Messkurvenverlauf wird in Echtzeit abgetastet und digitalisiert, wobei die arithmetische Verknüpfung sofort nach jedem Abtasten und Digitalisieren des Messkurvenverlaufs für jeden einzelnen Abtastzeitpunkt vor Abschluss des gesamten Abtastens und Digitalisierens der Messkurve durchgeführt wird und das lokale Maximum des arithmetisch verknüpften Kurvenverlaufs vor Beenden des Abtastens und des Digitalisierens des Messkurvenverlaufs ermittelt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Prüfanlage zur Prüfung eines Bauteils.

Fig. 1

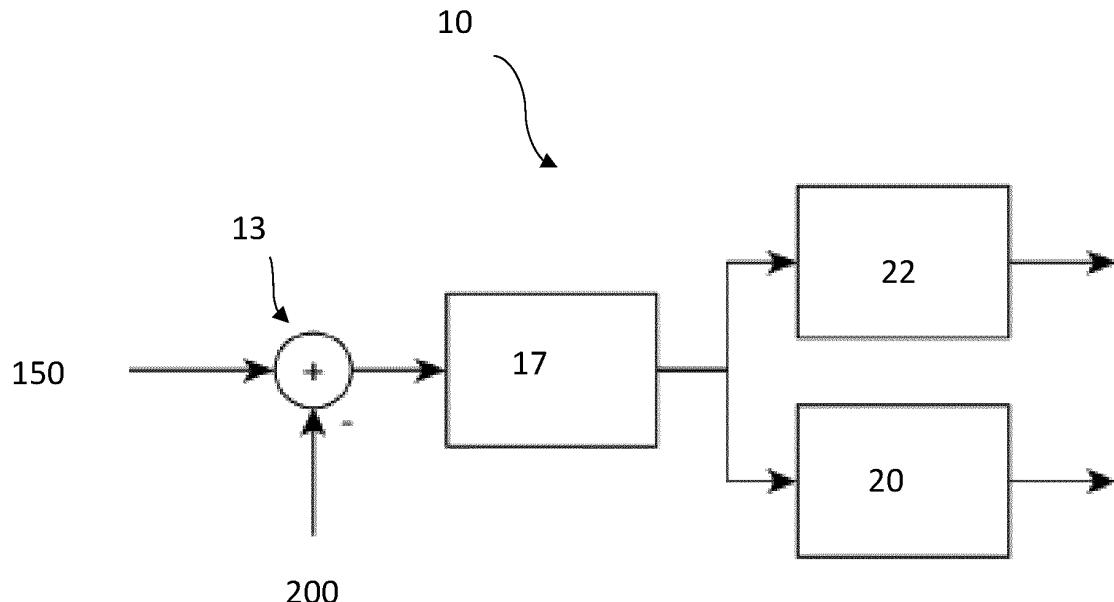
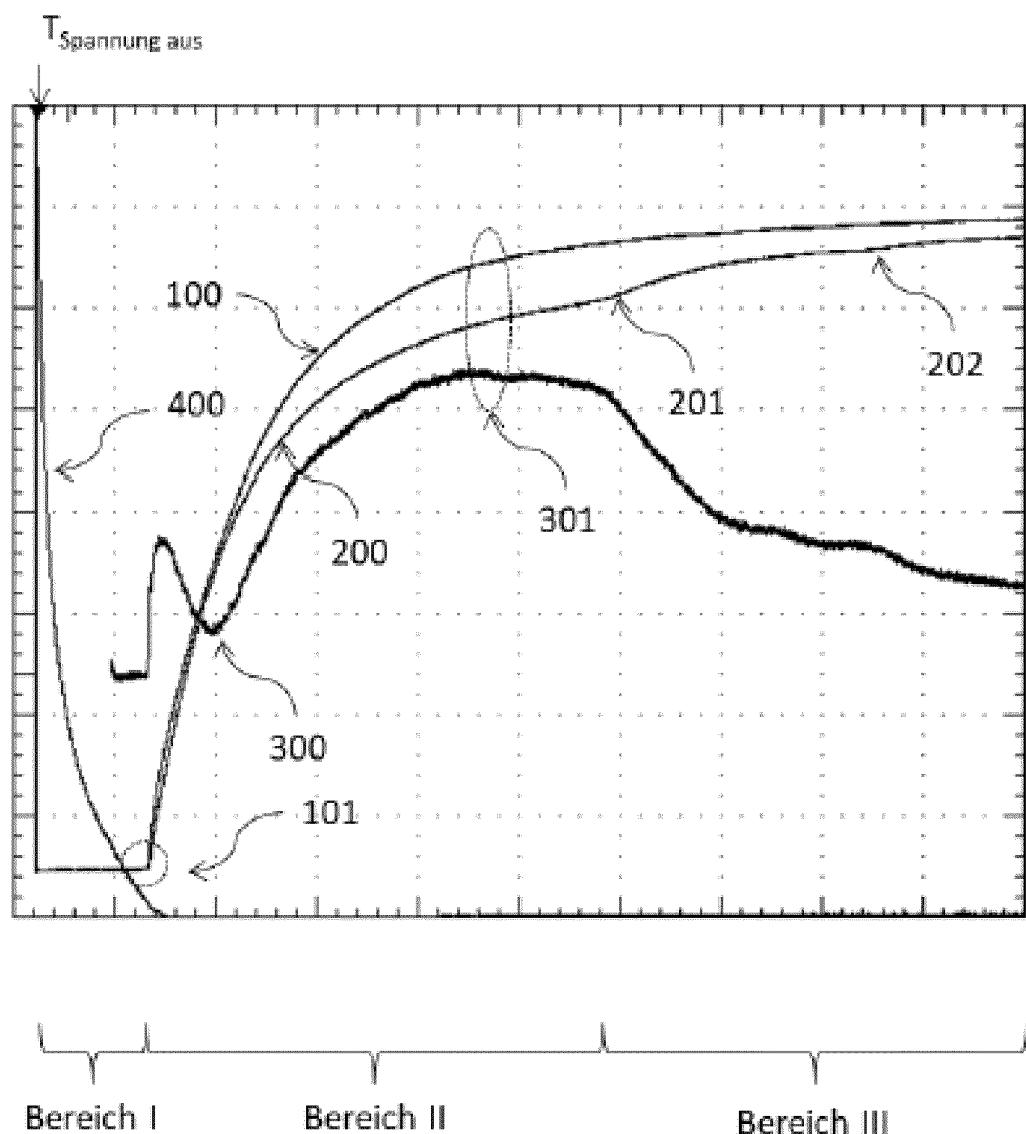


Fig. 2



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Ereignisses mittels eines Referenzkurvenverlaufes und eines Messkurvenverlaufes, welche jeweils Werte gegen die Zeit darstellen, wobei der Referenzkurvenverlauf mit dem Messkurvenverlauf zu einem verknüpften Kurvenverlauf arithmetisch verknüpft wird und wobei das Ergebnis durch Detektion eines lokalen Maximums oder lokalen Minimums im verknüpften Kurvenverlauf ermittelt wird.

**[0002]** Ferner betrifft die Erfindung eine Prüfanlage zum Prüfen eines Bauteils, von dem Messwerte in einem Messkurvenverlauf abnehmbar sind.

**[0003]** Bei modernen Verbrennungsmotoren stellt das Einhalten strenger Emissionsgrenzwerte ein wesentliches Erfordernis dar. Dies wird über eine entsprechende Motorsteuerung realisiert, über die das gewünschte Verhältnis zwischen Luftmenge und Kraftstoffmenge eingestellt wird. Die Kraftstoffmenge wird über ein Einspritzventil, welches auch als Injektor bezeichnet wird, in einen Zylinder eines Motors eingespritzt. Hierbei wird unter anderem die einzuspritzende Kraftstoffmenge so bemessen, dass für eine Nachbehandlung der Abgase im Katalysator ein optimaler Wert für Lambda, das Verhältnis zwischen Luftmenge und Kraftstoffmenge, vorliegt. Hierfür ist es notwendig, die Einspritzmenge des Kraftstoffes exakt regeln zu können.

**[0004]** Einspritzventile weisen meist einen Spulenmotor auf, um das Ventil öffnen und schließen zu können. Einen konstanten Kraftstoffdruck vorausgesetzt, wird die Menge des eingespritzten Kraftstoffes im Wesentlichen über die Zeitspanne der Öffnung des Einspritzventils bestimmt. In durchschnittlichen Einspritzmengenbereichen liegt ein lineares Verhältnis zwischen Kraftstoffdruck und der Öffnungszeit vor. Verringert sich jedoch die Öffnungszeit sehr stark, so wird der lineare Bereich verlassen und Fertigungstoleranzen sowie der exakte Aufbau des Einspritzventils tragen einen größeren Teil für die Bemessung der eingespritzten Kraftstoffmenge bei. Weitere Effekte sind hierbei beispielsweise die Trägheit des Injektorsystems, der zeitliche Verlauf von Auf- und Abbau des Magnetfeldes der Spule des Injektors, welche die Ventilnadel des Einspritzventils betätigt.

**[0005]** Um dennoch ausreichend genaue Aussagen über die Öffnungszeit und damit die Kraftstoffmenge zu tätigen, ist es essentiell, den exakten Schließzeitpunkt eines Einspritzventils zu bestimmen. Verschiedene Verfahren sind hierzu beispielsweise aus DE 10 2009 032 521 B1 der EP 3 575 584 A1 bekannt.

**[0006]** Die theoretischen Grundlagen zum Bestimmen des Schließzeitpunktes werden nun unter Bezugnahme auf Fig. 2 näher erläutert. Hierbei wird auch auf die grundsätzliche Ansteuerung eines Einspritzventils eingegangen.

**[0007]** In Fig. 2 ist zum einen ein Spannungsverlauf einer Referenzkurve 100 dargestellt. Ferner ist der Spannungsverlauf einer Messkurve 200 gezeigt. Zusätzlich

ist die Differenz 300 zwischen der Referenzkurve 100 und der Messkurve 200 dargestellt, wobei diese in einem anderen Maßstab eingezeichnet ist. Abschließend ist noch der Stromverlauf 400 zur Messkurve 200 gezeigt. Hierbei ist der Spannungsverlauf der Referenzkurve 100 auf der Zeitachse nach rechts verschoben, so dass diese am Zenerpunkt 101, welcher später genauer erläutert wird beginnt.

**[0008]** Hierbei ist der Messkurvenverlauf 200 der Spannungsverlauf eines Spulenmotors eines Einspritzventils mit bewegtem Anker wobei die Bestromung des Spulenankers mindestens so weit ist, dass dieser seine Ruhelage verlassen hat.

**[0009]** Zum Zeitpunkt  $T_{\text{spannung aus}}$  wird die Bestromung der Spule beendet, wodurch der Anker sich zurück in seine Ruhelage bewegt. Es ist anzumerken, dass sowohl der Spannungsverlauf der Referenzkurve 100 als auch der Spannungsverlauf der Vergleichskurve 200 vom Negativen in Richtung 0 verlaufen, wobei der 0-Bereich in Fig. 2 nach oben verschoben dargestellt ist.

**[0010]** Das der Erfindung zugrundeliegende Detektionsverfahren beruht auf folgenden physikalischen Effekten, die beim Abschalten der Bestromung eines Einspritzventils auftreten. Hierbei wird nun sowohl der Verlauf der Messkurve 200 als auch der entsprechende Stromverlauf 400 betrachtet.

**[0011]** Im Bereich I auf Fig. 2 führt das Abschalten des Stroms zum Zeitpunkt  $T_{\text{Spannung aus}}$  an der Spule des Einspritzventils zu einer Selbstinduktion. Hierbei ist die induzierte Spannung durch die sogenannte Rekuperationsspannung begrenzt. Die Rekuperationsspannung stammt konstruktionsbedingt aus der Ansteuerung des Einspritzventils und dem notwendigen Verstärken der Boardspannung eines KFZs von 12 V. Solange die induzierte Spannung die Rekuperationsspannung übersteigt, entsteht ein Stromfluss in der Spule, der vom Stromverlauf 400 angezeigt ist. Zeitgleich wird das Magnetfeld in Spule abgebaut.

**[0012]** Während des Abklingens des Spulenstroms kommt es naturgemäß zu einer Verminderung der Magnetkraft. Sobald die Federvorspannung und/oder die hydraulische Kraft aufgrund des Drucks des einzuspritzenden Kraftstoffes größer wird als die abnehmende Magnetkraft, entsteht eine Kraft, welche den Anker zusammen mit der Ventilnadel zurück in den Sitz beschleunigt.

**[0013]** Sobald die induzierte Spannung die Rekuperationsspannung nicht mehr übersteigt, fließt kein Strom mehr durch die Spule. Dies ist im Bereich II in Fig. 2 dargestellt. Der Beginn wird als Zenerpunkt 101 bezeichnet. Dies bedeutet, dass in der Spule auch kein Magnetfeld mehr angeregt wird. Durch die im System vorhandenen Widerstände klingen nun auch die beim Magnetfeldabbau entstehenden Wirbelströme, welche in der Spule vorhanden sind, ab. Die Abnahme der Wirbelströme führt zu einer Feldänderung in der Spule, wodurch wiederum eine Induktion einer Spannung stattfindet. Dies führt dazu, dass der Spannungswert beginnend vom Wert der Rekuperationsspannung auf 0 Volt an-

steigt.

**[0014]** Beim Schließen des Einspritzventils erreicht der Magnetanker und damit auch die Ventilnadel ihre maximale Geschwindigkeit unmittelbar vor dem Aufschlag der Ventilnadel in den Ventilsitz. Aufgrund der Bewegung des Magnetankers wird eine Spannungsinduktion in der Spule ausgelöst. Die hierbei auftretende maximale Induktionsspannung kennzeichnet die maximale Geschwindigkeit des Magnetankers. Anders ausgedrückt schließt zu diesem Zeitpunkt die Ventilnadel.

**[0015]** Durch die hohe Geschwindigkeit erfolgt typischerweise ein Prellvorgang beim Schließen der Ventilnadel, wodurch diese mindestens einmal, oft mehrmals aus der Schließposition ausgelenkt wird. In Fig. 2 treten diese Prellvorgänge im den Bereichen 201 und 202 auf. Aufgrund der Federspannung und des anliegenden Kraftstoffdrucks wird die Ventilnadel jedoch wieder in den Ventilsitz gedrückt. Die Folgen des Prellvorgangs sind im Bereich III angedeutet.

**[0016]** Der Spannungsverlauf der Messkurve 200 besteht also aus einer Überlagerung Induktionseffekte durch die abklingenden Wirbelströme sowie der Bewegung des Magentankers, wobei nur der Induktionseffekt durch das Bewegen der Magentankers in seine Ruhelage position zum Ermitteln des Schießzeitpunktes relevant ist.

**[0017]** Daher wird zum Ermitteln des Schießzeitpunktes zusätzlich der Spannungsverlauf der Referenzkurve 100 herangezogen. Bei diesem handelt es sich um einen Spannungsverlauf, welcher idealerweise mit der gleichen Spule wie die Messkurve 200 ermittelt wurde. Im Unterschied zum Messkurvenverlauf wurde jedoch die maximale Bestromung so gewählt, bei noch keine Bewegung des Ankers stattfindet. Das heißt, dass dieser die Ruhelage noch nicht verlässt. Demnach treten hier nur Induktionseffekte durch die abklingenden Wirbelströme auf.

**[0018]** So kann der Schießzeitpunkt 301, an dem das Ventil zum ersten Mal geschlossen ist, nun durch eine Analyse der Differenz zwischen der Referenzkurve 100 und der Messkurve 200 ermittelt werden. Hier zeigt die entsprechende Differenzkurve 300 die Differenz zwischen den induzierten Spannungen mit und ohne bewegtem Anker. Je höher diese induzierte Spannung ist, desto größer ist die Bewegungsgeschwindigkeit des Ankers, da die Induktionseffekte durch die abklingenden Wirbelströme, die in beiden Spannungsverläufen vorhanden sind, durch die Subtraktion in der Differenzkurve 300 nicht mehr vorhanden sind. Die höchste Geschwindigkeit des Ankers tritt in dem hier vorhandenen federbelasteten System unmittelbar vor dem Erreichen der Ruhelage, beziehungsweise vor dem Erreichen einer den Aufprall dämpfenden Einrichtung auf. Hier entsteht auch die höchste induzierte Spannung. Anders ausgedrückt wird dieser Bereich durch das lokale Maximum der Differenzkurve 300 gekennzeichnet. So kann der Schießzeitpunkt bestimmt werden.

**[0019]** Die aus dem bekannten Stand der Technik be-

schriebenen Verfahren ermöglichen eine derartige Auswertung. Sie ist jedoch kompliziert beziehungsweise benötigen einen hohen Hardwareaufwand.

**[0020]** Der Erfindung liegt daher die **Aufgabe** zugrunde, ein Verfahren und eine Prüfanlage anzugeben, welche einfach und effizient den Schießzeitpunkt ermitteln können.

**[0021]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie 10 einer Prüfanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst.

**[0022]** Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, in der Beschreibung sowie 15 in den Figuren und deren Erläuterungen angegeben.

**[0023]** Entsprechend der Erfindung ist vorgesehen, dass einer oder mehrere Referenzkurvenverläufe aufgezeichnet werden, dass bei der Aufzeichnung von mehreren Referenzkurvenverläufen die Referenzkurvenverläufe zu einem gemittelten Referenzkurvenverlauf gemit-

20 tel werden und der gemittelte Referenzkurvenverlauf zur arithmetischen Verknüpfung mit dem Messkurvenverlauf verwendet wird. Hierbei wird der Messkurvenverlauf in Echtzeit abgetastet und digitalisiert. Die arithmetische Verknüpfung des einen Referenzkurvenverlaufes oder

25 des gemittelten Referenzkurvenverlaufs und des Messkurvenverlaufs erfolgt, insbesondere sofort, nach dem Abtasten und Digitalisieren des Messkurvenverlaufs für jeden einzelnen Abtastzeitpunkt vor Abschluss des gesamten Abtastens und Digitalisieren des Messkurvenverlaufes.

30 Anschließend wird das lokale Maximum oder lokale Minimum des verknüpften Kurvenverlaufs zum erstmöglichen Zeitpunkt vor Beenden des gesamten Abtastens und Digitalisierens des Messkurvenverlaufes ermittelt.

**[0024]** Der Erfindung liegt der Grundgedanke zugrunde, auf die aufwändige komplette Aufzeichnung des Messkurvenverlaufs vor seiner Auswertung zu verzichten und die Auswertung und Analyse bereits für vorhandene Teilbereiche, im Idealfall für jeden Wert einzeln,

40 durchzuführen. Daher wird entsprechend der Erfindung vorgeschlagen, dass der Messkurvenverlauf vorher abgetastet und digitalisiert wird. Anschließend wird die arithmetische Verknüpfung des einen oder des gemittelten Referenzkurvenverlaufes mit dem jeweiligen Abtast-

45 wert des Messkurvenverlaufes sofort durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass einzelne Werte des verknüpften Kurvenverlaufs sofort nach der Digitalisierung des Messkurvenverlaufs vorliegen und entsprechend ausgewertet werden können. Zum einen liegt das entsprechende Er-

50 gebnis, also die Detektion des lokalen Maximums oder lokalen Minimums somit früher vor, zum anderen muss wenig Speicherplatz hierfür vorgesehen werden. So kann das gesamte Verfahren effizienter durchgeführt werden.

**[0025]** Grundsätzlich ist es nicht zwingend notwendig, dass mehrere Referenzkurvenverläufe aufgezeichnet werden und die arithmetische Verknüpfung mit dem Messkurvenverlauf basierend auf einem gemittelten Re-

ferenzkurvenverlauf durchgeführt wird. Die Verwendung eines mittelten Referenzkurvenverlaufes, also die Mitteilung mehrerer Referenzkurvenverläufe verbessert jedoch die Genauigkeit beim Bestimmen des Ereignisses.

**[0026]** Im Rahmen der Erfindung, bedeutet ein Aufzeichnen von mehreren Referenzkundenverläufen nicht zwingend, dass diese auch komplett abgespeichert werden müssen. Hierunter kann im Wesentlichen auch lediglich verstanden werden, dass diese aufgenommen und weiterverarbeitet werden, sodass es beispielsweise für einen gemittelten Referenzkundenverlauf nicht notwendig ist zuerst alle Referenzkundenverläufe abzuspeichern und dann auszuwerten, wie später noch näher erläutert.

**[0027]** So ist es mit dem erfundungsgemäßen Verfahren möglich ein Ereignis in Echtzeit, also vor dem Zeitpunkt zu ermitteln, zu dem der gesamte Verlauf der Messkurve bekannt ist. Das Ereignis liegt also zum frühestmöglichen Zeitpunkt unter berücksichtig der notwendigen Berechnungszeit beziehungsweise Aufbereitungszeit der Werte vor.

**[0028]** Bevorzugt ist es, wenn der eine oder die Referenzkurvenverläufe abgetastet und digitalisiert werden und der eine oder der gemittelte Referenzkurvenverlauf in digitaler Form weiterverarbeitet wird. Anders ausgedrückt liegen auch die Referenzkurvenverläufe beziehungsweise der gemittelte Referenzkurvenverlauf in digitaler Form vor. Somit ist es relativ einfach möglich, einzelne Abtastwerte des gemittelten Referenzkurvenverlaufs mit einzelnen Abtastwerten des Messkurvenverlaufes arithmetisch zu verknüpfen, beispielsweise diese voneinander zu subtrahieren. Dies kann für jeden Wert einzeln bereits durchgeführt werden, bevor der gesamte Verlauf vorliegt.

**[0029]** Hierdurch wird eine einzelne Speicherung der Werte des Messkurvenverlaufes überflüssig und es muss im Zweifelsfall nur der verknüpfte Kurvenverlauf gespeichert werden.

**[0030]** Sofern entsprechend der Erfindung vorgeschlagen wird, ein lokales Maximum beziehungsweise ein lokales Minimum bereits vor dem kompletten Ende der Aufzeichnung des Messkurvenverlaufes zu ermitteln, kann dies insbesondere durch eine digitale Verarbeitung des verknüpften Kurvenverlaufes erfolgen.

**[0031]** Das Mitteln der Referenzkurvenverläufe kann beliebig erfolgen. Eine Möglichkeit ist es, zum Mitteln der Referenzkurvenverläufe jeden abgetasteten und digitalisierten Wert für einen Abtastzeitpunkt, insbesondere unmittelbar nach dem Abtasten und Digitalisieren, mit einem zuvor berechneten Mittelwert für diesen Abtastzeitpunkt zu verrechnen. Anders ausgedrückt wird für jeden Abtastzeitpunkt der Referenzkurvenverläufe ein arithmetischer Mittelwert entsprechend der Formel ermittelt.

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

5

wobei  $\bar{v}$  der Mittelwert zu einem bestimmten Abtastzeitpunkt,  $n$  die Anzahl der Referenzkurven und  $i$  die entsprechende Referenzkurve bezeichnet.

**[0032]** So ist es beispielsweise möglich zum Bestimmen des Mittelwertes zu einem bestimmten Abtastzeitpunkt, die Abtastwerte aller Referenzkurven zu dem bestimmten Abtastzeitpunkt jeweils nach dem Abtasten aufzuaddieren und nach der letzten Referenzkurve durch die Anzahl der Referenzkurven zu dividieren.

**[0033]** Eine andere Möglichkeit ist es, hierbei miteinfließen zu lassen, wie viele Referenzkurvenverläufe bereits ausgewertet wurden und so einen genaueren Mittelwert zu errechnen.

20

$$\bar{v}_n = \begin{cases} \frac{(n-1)\bar{v}_{n-1} + v_n}{n}; n > 1 \\ v_1; \text{ sonst} \end{cases}$$

**[0034]** Unabhängig von der exakten Ausführung ergibt sich jedoch der Vorteil, dass es entsprechend dieser Ausführungsform nicht notwendig ist, zuerst alle Referenzkurvenverläufe aufzuzeichnen und anschließend zu mitteln, sondern dies praktisch in Echtzeit, also parallel, erfolgen kann, wodurch wiederum Speicherplatz reduziert werden kann.

**[0035]** Aus dem einen oder dem gemittelten Referenzkurvenverlauf kann ein Referenzpunkt, insbesondere eine Referenzzeitpunkt, mittels eines Wertes oder einer Charakteristik des Referenzkurvenverlaufs bestimmt werden. Dieser Referenzzeitpunkt eignet sich insbesondere zu Synchronisation des gemittelten Referenzkurvenverlaufs mit dem Messkurvenverlauf. Bei einer Schließzeitmessung eines Einspritzventils kann es sich beispielsweise um den sogenannten Zenerpunkt handeln, welcher den Beginn des Spannungsanstiegs definiert.

**[0036]** Grundsätzlich kann der eine oder der gemittelte Referenzkurvenverlauf in beliebiger Weise arithmetisch mit dem Messkurvenverlauf verknüpft werden. Für eine Schließzeitpunktbestimmung ist es sogar ausreichend, wenn der Messkurvenverlauf lediglich von dem einen oder dem gemittelten Referenzkurvenverlauf subtrahiert wird. Dies hat die Folge, dass der so ermittelte verknüpfte Kurvenverlauf einen positiven Wert hat.

**[0037]** Bevorzugt ist es, wenn der verknüpfte Kurvenverlauf vor der Detektion des Ereignisses gefiltert wird. Hierfür kann beispielsweise ein Tiefpassfilter, zum Beispiel in Form eines gleitenden Mittelwertfilters verwendet werden. Der Filter dient hierbei zur Eliminierung von Störungen aus dem Nutzsignal, welche die Detektion des Ergebnisses verfälschen könnten.

**[0038]** Zu dem aufgefundenen Ergebnis können die

Werte, das heißt die Amplitude, des entsprechenden Punktes und/oder auch der Zeitpunkt des entsprechenden Wertes bestimmt werden. Anschließend kann basierend auf diesem Zeitpunkt beziehungsweise auf dem Wert eine Fehlererkennung durchgeführt werden, so dass Rückschlüsse über die Qualität des Einspritzventils geschlossen werden können. Grundsätzlich kann jedoch auch eine Fehlererkennung basierend auf dem gesamten verknüpften Kurvenverlauf durchgeführt werden.

**[0039]** So kann durch eine geeignete Wahl der Zenerspannung und der Verzögerungszeit, ab welcher der Vergleich mit der Zenerspannung beginnt, Fehlmessungen wie bei einem Kurzschluss am Injektor erkannt werden. In diesem Fall wird keine oder nur sehr wenig Energie im Magnetfeld gespeichert. Dementsprechend schnell steigt die Injektorspannung in Richtung 0 Volt an, so dass kein Schnittpunkt mit der Zenerspannung nach Ablauf der Verzögerungszeit gefunden wird.

**[0040]** Ein weiterer Fehlerfall, der erkannt werden kann ist, wenn das Maximum der Differenzkurve mit dem Ende der Aufzeichnungsdauer zusammenfällt.

**[0041]** Auch kann eine zu geringe Amplitude des Maximums auf ein zu geringen Versorgungsdruck hinweisen, der zum Beispiel durch Leckagen verursacht wird oder durch einen schwergängigen Anker.

**[0042]** Das hier beschriebene Verfahren kann für verschiedene Überprüfungen verwendet werden. Besonders gut ist es für die Ermittlung des Schließzeitpunktes geeignet, wobei ein Schließmechanismus eines Einspritzventils untersucht wird und sowohl der Referenzkurvenverlauf als auch der Messkurvenverlauf einen Spannungsverlauf an der Spule des Schließmechanismus ist. Hierbei wird die Spule zum Erzeugen des Referenzkurvenverlaufs derart bestromt, dass sich der Anker gerade nicht bewegt.

**[0043]** Ferner betrifft die Erfindung eine Prüfanlage zum Prüfen eines Bauteiles, von dem Messwerte in einem Messkurvenverlauf abnehmbar sind, wobei die Prüfanlage ausgestaltet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Hierbei kann das zu untersuchende Bauteil einen Schließmechanismus eines Einspritzventils und der Messkurvenverlauf der Spannungsverlauf einer Spule des Schließmechanismus sein. Allgemeinert kann die Erfindung auf einen bewegten Anker in einem Magnetfeld angewendet werden, wobei sich mittels der Analyse der Geschwindigkeit des Ankers über die induzierte Spannung markante Punkte ermitteln lassen.

**[0044]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines schematischen Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht des Aufbaus einer erfindungsgemäßen Prüfanlage, sowie

Fig. 2 eine Skizze zum Ablauf der verschiedenen Spannungskurven.

**[0045]** Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 ein exemplarischer Aufbau einer Prüfanlage 10 zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

**[0046]** Die Prüfanlage 10 weist zwei Eingänge auf. An einem davon kann eine einzelne oder eine gemittelte Referenzkurve 150 angelegt werden. An dem anderen wird eine aktuelle Messkurve 200 angelegt. Die einzelne oder die gemittelte Referenzkurve 150 liegt bereits in digitaler Form vor. Die Messkurve 200 wird bei oder vor der Eingabe einer Analog/Digitalwandlung zugeführt und die Werte der Messwertkurve 200 werden digital und einzeln weiterverarbeitet. Die einzelnen Werte werden in einem Subtrahierer 13 von dem jeweiligen entsprechenden Wert der einzelnen oder der gemittelten Referenzkurve 150 subtrahiert.

**[0047]** Über einem fakultativ zwischengeschalteten Puffer, welcher hier nicht dargestellt ist, wird das Ergebnis der Subtraktion an den Filter 17 zugeführt. Bei dem Filter 17 kann es sich allgemein um einen Tiefpassfilter handeln, der als gleitender Mittelwertfilter ausgeführt sein kann. Da ein linearer Zusammenhang zwischen der gemittelten Referenzkurve 150 und der jeweiligen Messkurve 200 besteht, ist es ausreichend, lediglich die Differenz zu filtern. Das separate Filtern der Einzelkurven ist demnach nicht erforderlich.

**[0048]** Anschließend an den Filter 17 kann beispielsweise mittels einer Schließwertermittlung 22 der entsprechende Schließwert ermittelt werden, in dem ein lokales Maximum in der verknüpften Referenzkurve ermittelt wird. Hierbei kann sowohl die Amplitude als auch der zugehörige Zeitpunkt selbst bestimmt werden. Ebenfalls ist parallel möglich, eine Fehlerdetektion in einer entsprechenden Einrichtung 20 durchzuführen. Teile oder auch die gesamte Prüfanlage 10 können als Recheneinheit beispielsweise durch einen FPGA oder einen Mikrocontroller realisiert werden. Auch die Analog/Digitalwandlung kann von der Recheneinheit ausgeführt werden. Dasselbe gilt auch für das Mitteln der Referenzkurven.

**[0049]** Die Prüfanlage 10 welche das erfindungsgemäße Verfahren ausführt, kann über verschiedenen Parameter konfiguriert werden, von denen im Folgenden einige exemplarisch aufgeführt sind.

**[0050]** So kann die Anzahl der zu ermittelnden Referenzkurven vorbestimmt werden. Es ist auch möglich die Anzahl der auszuwertenden Schließzeitkurven festzulegen, um Fehlmessungen vernachlässigen zu können. Da der Schließzeitpunkt jeder Schließzeitkurve in Echtzeit ermittelt und sofort gespeichert wird, ist die Anzahl der Schließzeitpunkt nur durch den Speicher des verwendeten Auswertesystems limitiert beziehungsweise durch den Speicher der übergeordneten Steuerung, sofern die ermittelten Schließzeitpunkte in Echtzeit übertragen werden.

**[0051]** Auch kann die Verzögerungszeit für Beginn der Schließzeitauswertung eingestellt werden, da alles was vor Überschreiten der negativen Zenerspannung passiert ist für die Bestimmung des Schließzeitpunktes nicht

von Interesse ist.

**[0052]** Ebenso kann die Auswertedauer nach Beginn der Analyse der Messkurve eingestellt werden, sodass die maximale Differenz zwischen Messkurve und Referenzkurve sicher detektiert werden kann und somit der Schließzeitpunkt bestimmt werden kann.

**[0053]** Auch der Wert der Zenerspannung kann vorgegeben werden. Die negative Zenerspannung kann sowohl in der gemittelten Referenzkurve als auch in der Messkurve in Echtzeit ermittelt werden. Das Erstmalige überschreiten der Spannung kann als lokaler zeitlicher Nullpunkt der gemittelten Referenzkuve gesehen werden. Das erstmalige Überschreiten der Zenerspannung der Messkurve kann als Startzeit zum Ermitteln der verknüpften Kurve verwendet werden.

**[0054]** Ferner ist es möglich den verwendeten Filter 17 mittels entsprechender Parameter weiter zu definieren.

**[0055]** Auch ist es entsprechend der Erfindung möglich mehrere lokale Maxima und/oder Minima im verknüpften Kurvenverlauf zu ermitteln. Dies kann auch in unterschiedlichen Zeitbereichen erfolgen.

**[0056]** Somit ist es mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Prüfanlage möglich, den Schließzeitpunkt eines Einspritzventils einfach und effizient zu ermitteln.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Ereignisses mittels eines Referenzkurvenverlaufes (100) und eines Messkurvenverlaufes (200), welche jeweils Werte gegen die Zeit darstellen, wobei der Referenzkurvenverlauf (100) mit dem Messkurvenverlauf (200) zu einem verknüpften Kurvenverlauf (300) arithmetisch verknüpft werden, und wobei das Ereignis durch Detektion eines lokalen Maximums (301) oder lokalen Minimums im verknüpften Kurvenverlauf (300) ermittelt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein oder mehrere Referenzkurvenverläufe (100) aufgezeichnet werden,  
**dass** bei der Aufzeichnung von mehreren Referenzkurvenverläufen (100), die Referenzkurvenverläufe (100) zu einem gemittelten Referenzkurvenverlauf gemittelte werden und der gemittelte Referenzkurvenverlauf zur arithmetischen Verknüpfung mit dem Messkurvenverlauf (200) verwendet wird,  
**dass** der Messkurvenverlauf (200) in Echtzeit abgetastet und digitalisiert wird,  
**dass** die arithmetische Verknüpfung des einen Referenzkurvenverlaufes (100) oder des gemittelten Referenzkurvenverlaufes und des Messkurvenverlaufes (200) nach dem Abtasten und Digitalisieren des Messkurvenverlaufes (200) für jeden einzelnen Abtastzeitpunkt zum erstmöglichen Zeitpunkt vor Abschluss des gesamten Abtastens und Digitalisierens des Messkurvenverlauf (200) durchgeführt wird, und  
**dass** das lokale Maximum (301) oder lokale Minimum des verknüpften Kurvenverlauf (300) vor Beenden des Abtastens und des Digitalisierens des Messkurvenverlaufes (200) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der eine oder die mehreren Referenzkurvenverläufe (100) abgetastet und digitalisiert werden und der eine Referenzkurvenverlauf oder der gemittelte Referenzkurvenverlauf in digitaler Form weiterverarbeitet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zum Mitteln der Referenzkurvenverläufe (100) jeder abgetastete und digitalisierte Wert für einen Abtastzeitpunkt, insbesondere unmittelbar nach dem Abtasten und Digitalisieren, mit einem zuvor berechneten Mittelwert für diesen Abtastzeitpunkt verrechnet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** aus dem einen oder dem gemittelten Referenzkurvenverlauf ein Referenzzeitpunkt (101) mittels eines Wertes oder einer Charakteristik des gemittelten Referenzkurvenverlaufes bestimmt wird.
5. Verfahren nach Ansprache 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Referenzzeitpunkt (101) zur Synchronisation des gemittelten Referenzkurvenverlaufes (200) mit dem Messkurvenverlauf verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die arithmetische Verknüpfung des einen oder des gemittelten Referenzkurvenverlaufes und des Messkurvenverlaufes (200) durch Subtrahieren des Messkurvenverlaufes (200) von dem einen oder dem gemittelten Referenzkurvenverlauf durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der verknüpfte Kurvenverlauf (300) vor der Detektion des Ereignisses gefiltert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zu dem Ereignis der Wert und/oder der Zeitpunkt bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mittels des verknüpften Kurvenverlaufs (300)

eine Fehlererkennung durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein Schließmechanismus eines Einspritzven- 5  
tils untersucht wird und  
**dass** der Referenzkurvenverlauf (100) und der  
Messkurvenverlauf (200) ein Spannungsverlauf ei-  
ner Spule des Schließmechanismus ist.

10

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Ereignis der Schließzeitpunkt eines Ein-  
spritzventils ist.

15

12. Prüfanlage zum Prüfen eines Bauteiles, von dem  
Messwerte in einem Messkurvenverlauf (200) ab-  
nehmbar sind,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Prüfanlage ausgestaltet ist, ein Verfahren 20  
nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen.

13. Prüfanlage nach Anspruch 12 ,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Bauteil ein Schließmechanismus eines 25  
Einspritzventils und der Messkurvenverlauf(200)ein  
Spannungsverlauf einer Spule des Schließmecha-  
nismus ist.

14. Prüfanlage nach Anspruch 12 oder 13 ,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Bauteil einen bewegten Anker in einem  
Magnetfeld aufweist und der Messkurvenverlauf  
(200) ein Spannungsverlauf einer Spule ist.

35

40

45

50

55

Fig. 1

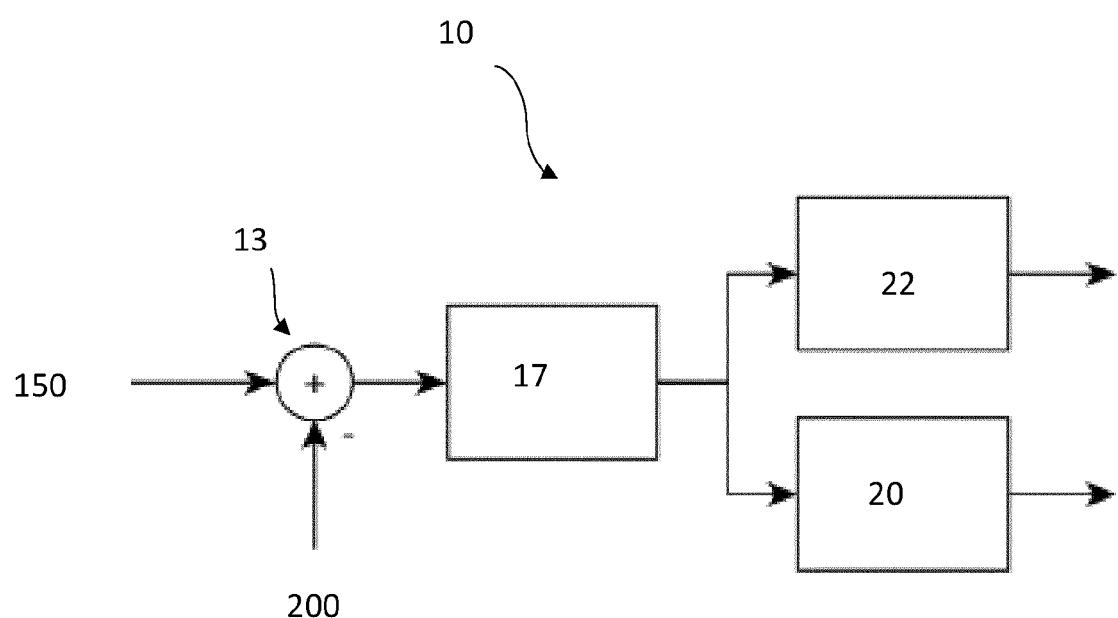
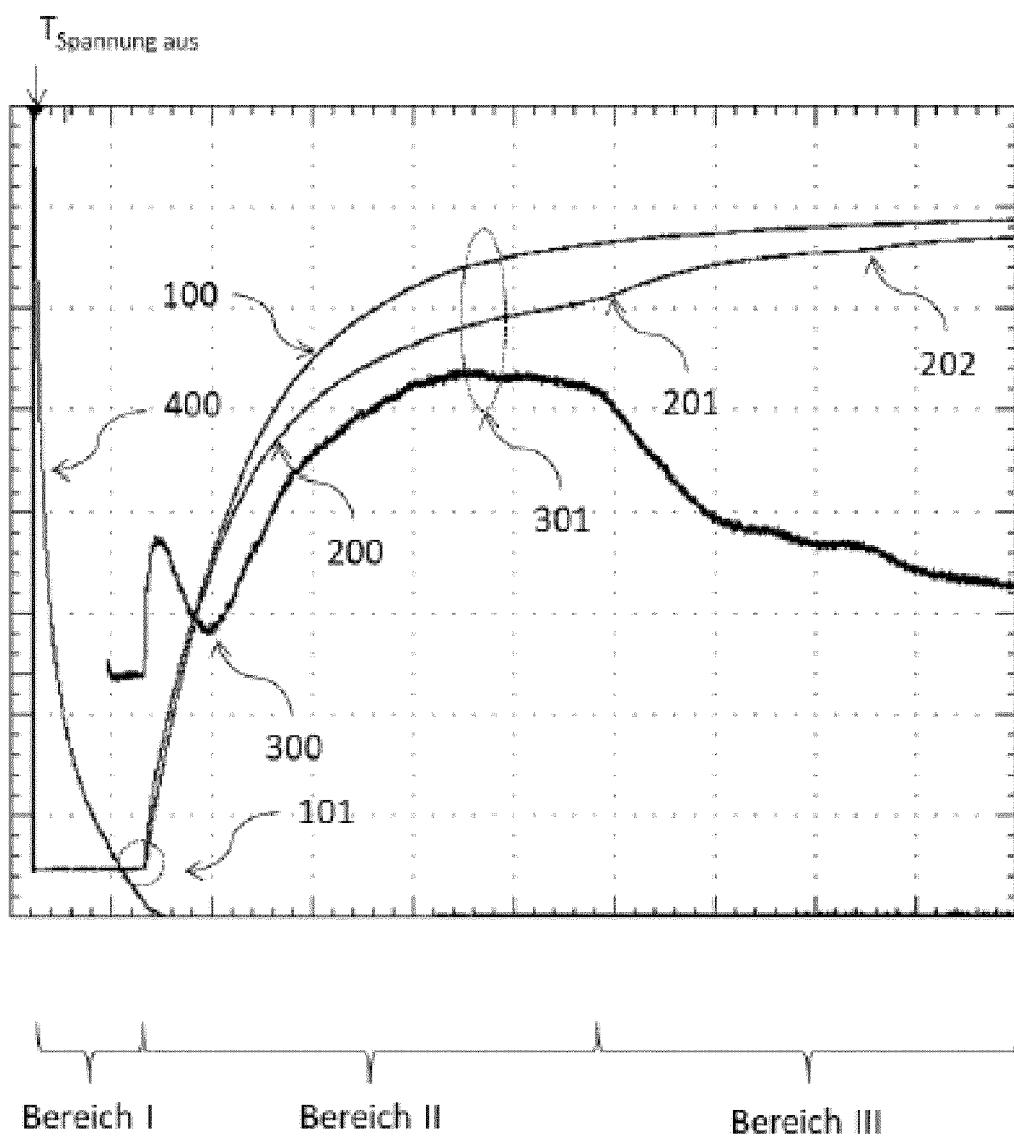


Fig. 2





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 20 19 0678

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	DE 10 2010 022109 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 29. September 2011 (2011-09-29) * Absätze [0025] - [0027], [0030] - [0037], [0040] - [0047]; Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-7 *	1-14	INV. F02D41/24  ADD. F02D41/20
15 X	-----		
20 A	DE 10 2009 044969 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31. März 2011 (2011-03-31) * Absätze [0029] - [0032]; Ansprüche 1-10; Abbildung 8 *	1-8, 10-14 9	
25 Y	-----		
30 Y	DE 10 2010 041320 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 29. März 2012 (2012-03-29) * Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-5 *	1,9,12	
35 A	US 2018/128200 A1 (HU YIRAN [US] ET AL) 10. Mai 2018 (2018-05-10) * Absatz [0031]; Anspruch 1; Abbildung 2 *	1,9,12	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
40	-----		F02D
45	-----		
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 15. Januar 2021	Prüfer Boye, Michael
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		

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

EP 20 19 0678

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

15-01-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102010022109 B3	29-09-2011	DE 102010022109 B3 KR 20130111249 A US 2013073188 A1 WO 2011151128 A1	29-09-2011 10-10-2013 21-03-2013 08-12-2011
20	DE 102009044969 A1	31-03-2011	KEINE	
25	DE 102010041320 A1	29-03-2012	DE 102010041320 A1 WO 2012038543 A1	29-03-2012 29-03-2012
30	US 2018128200 A1	10-05-2018	CN 108071503 A DE 102017126111 A1 US 2018128200 A1	25-05-2018 17-05-2018 10-05-2018
35	DE 102016224326 A1	08-06-2017	CN 106917692 A DE 102016224326 A1 KR 20170067062 A US 2017175666 A1	04-07-2017 08-06-2017 15-06-2017 22-06-2017
40	WO 2014044837 A1	27-03-2014	CN 104641088 A DE 102012217121 A1 KR 20150082226 A US 2015226148 A1 WO 2014044837 A1	20-05-2015 27-03-2014 15-07-2015 13-08-2015 27-03-2014
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102009032521 B1 [0005]
- EP 3575584 A1 [0005]